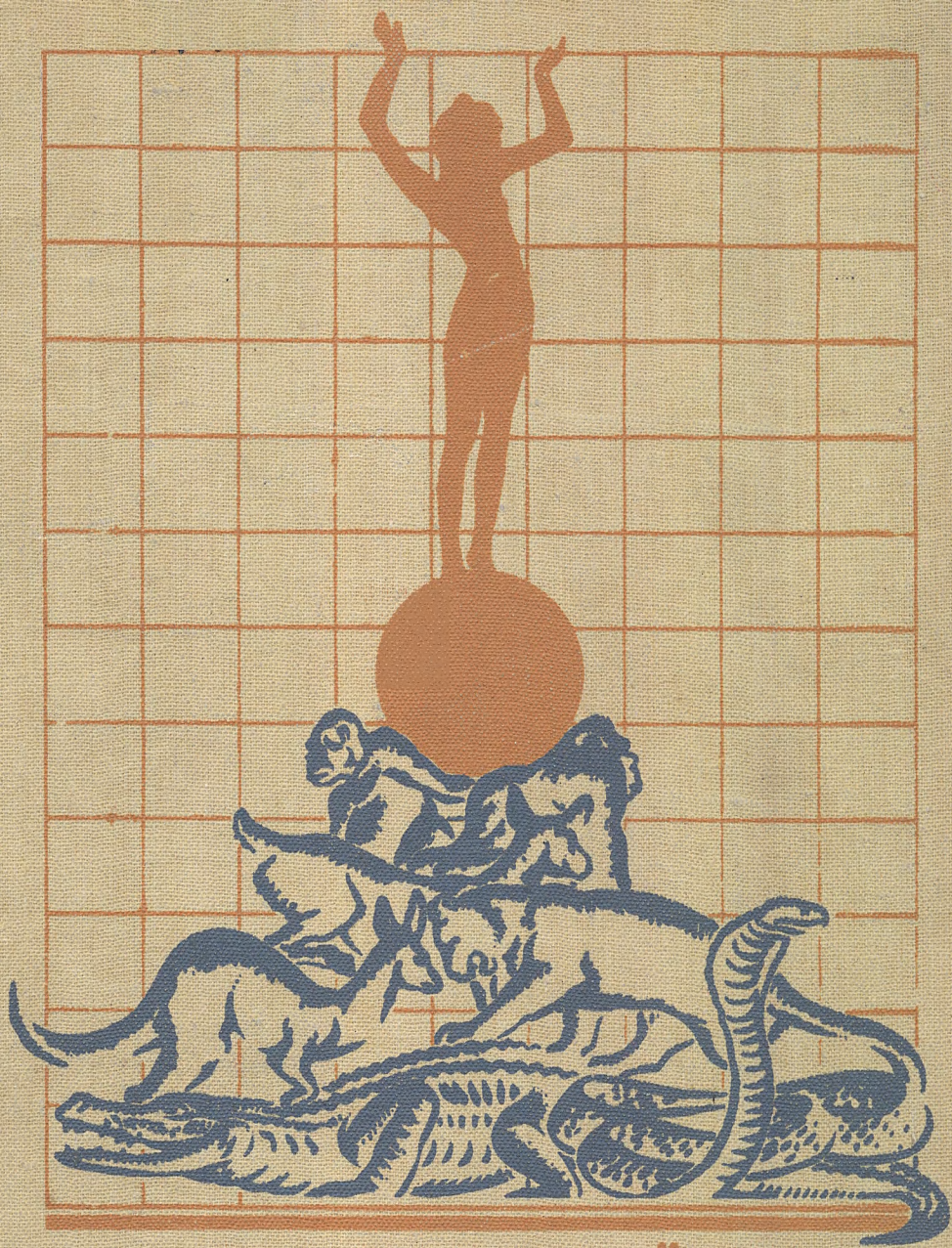


О ЛОВКОСТИ И ЕЕ РАЗВИТИИ



Н.А. БЕРНШТЕЙН

О ЛОВКОСТИ
И ЕЕ РАЗВИТИИ

**ЧТО ТАКОЕ
ЛОВКОСТЬ?**

**ОБ УПРАВЛЕНИИ
ДВИЖЕНИЯМИ**

**О ПРОИСХОЖДЕНИИ
ДВИЖЕНИЙ**

**О ПОСТРОЕНИИ
ДВИЖЕНИЙ**

**УРОВНИ ПОСТРОЕНИЯ
ДВИЖЕНИЙ**

**ОБ УПРАЖНЕНИИ
И НАВЫКЕ**

**ЛОВКОСТЬ
И ЕЕ СВОЙСТВА**





О ЛОВКОСТИ И ЕЕ РАЗВИТИИ



Н. Т. Булыгин

Н.А. БЕРНШТЕЙН

О ЛОВКОСТИ И ЕЕ РАЗВИТИИ

Публикация подготовлена профессором И. М. Фейгенбергом



МОСКВА
«ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТ»
1991

ББК 28.903
Б51

Бернштейн Н. А.

Б51 О ловкости и ее развитии. — М.: Физкультура и спорт, 1991. — 288 с. с ил. —

ISBN 5—278—00339—1

Автор этой книги Николай Александрович Бернштейн (1896—1966 гг.) — выдающийся ученый, член-корреспондент Академии медицинских наук СССР, лауреат Государственной премии СССР, создатель нового направления в науке — физиологии активности, первооткрыватель ряда ее законов.

Книга создавалась в конце 1940-х годов. Но свет не увидела: ее автора обвинили в космополитизме, вульгаризаторстве, сочинении лженаучных теорий и книгу к производству не допустили. И вот теперь работа эта впервые попадает в руки читателей. Хотя со времени ее написания минуло более четырех десятков лет, она современна и во многом по-прежнему оригинальна.

Б $\frac{4202000000-020}{009(01)-91}$ 15—91

ББК 28.903

ISBN 5—278—00339—1

Научно-популярное издание

Николай Александрович Бернштейн

О ЛОВКОСТИ И ЕЕ РАЗВИТИИ

Заведующий редакцией *Р. В. Орлов*. Редактор *В. С. Каюров*. Художник *А. В. Ама-спюр*. Художественный редактор *А. Г. Сауков*. Технический редактор *С. С. Басипо-ва*. Корректор *З. Г. Самылкина*. ИБ № 2786. Сдано в набор 14.09.90. Подписано к печати 5.04.91. Формат 60×90/16. Бумага кн.-журн. № 2. Гарнитура литературная. Offsetная печать. Усл. п. л. 18,0. Усл. кр.-отт. 18,56. Уч.-изд. л. 19,19. Тираж 50 000 экз. Издат. № 8462. Заказ 1237. Цена 5 руб. Ордена «Знак Почета» издательство «Физкультура и спорт» Государственного комитета СССР по печати. 101421, Москва, Каляевская ул., 27.

Государственная ассоциация предприятий, объединений и организаций полиграфической промышленности «АСПОЛ».

Ярославский полиграфкомбинат, 150049, Ярославль, ул. Свободы, 97. .

ОБ ЭТОЙ КНИГЕ, ЕЕ АВТОРЕ И ТЕХ ВРЕМЕНАХ

История знает немало примеров, когда художники не понятые и не принятые современниками, впоследствии причислялись к великим. В науке подобное — большая редкость. Лишь иногда крупные открытия не получали признания при жизни их авторов. Так произошло, например, с работами Грегора Иоганна Менделя — основоположника учения о наследственности, генетики (1822—1884). Зато известны случаи, когда ученого, уже добившегося признания, вдруг подвергали преследованию: дискредитировали его открытия, изымали из библиотек созданные им книги, выгоняли с работы, навешивали политические ярлыки. Правда, такого рода дикости случались нечасто: после эпохи инквизиции подобное бывало, пожалуй, лишь в сталинские времена в нашей стране да в гитлеровской Германии.

Так произошло с Николаем Александровичем Бернштейном (1896—1966). Видный ученый, член-корреспондент Академии медицинских наук СССР, он в 1947 г. был удостоен высшей государственной премии, называвшейся тогда Сталинской, а в 1949 г. объявлен космополитом, вульгаризатором и сочинителем лженаучных теорий.

Вчитаемся в рецензии того времени. Впечатление — идет война. Вот тяжелая артиллерия — газета «Правда», 21 августа 1950 г., статья П. Жукова и А. Кожина: «...Бернштейн расшаркивается перед многими буржуазными учеными. Называя имя реакционера Шеррингтона* и других иностранных физиологов... Бернштейн нагло клеветает на Павлова... «Открытия» Бернштейна — образец голой биологизации и механицизма... Путаные антипавловские поучения Бернштейна наносят прямой вред делу физической культуры».

Вот орудия среднего калибра — журнал «Теория и практика физической культуры», № 5, 1949 г., статья «На порочных позициях» профессора А. Н. Крестовникова: «Н. А. Бернштейн нарушил принцип партийности и историзма... вульгаризировал и извратил... проявил низкопоклонство перед зарубежными учеными... умалил значение И. П. Павлова... льет воду на мельницу зарубежных физиологов...

* Шеррингтон Ч. С. (1859—1952) — английский физиолог, основатель научной школы, иностранный член-корреспондент АН СССР. Автор фундаментальных открытий в области нейрофизиологии. Нобелевская премия 1932 г. (из «Советского энциклопедического словаря», 1980).

Его работы... механистичны и идеалистичны... характеризуют антипатриотическую сущность взглядов Н. А. Бернштейна».

В те годы такие обвинения звучали действительно страшно. А ведь велся еще беглый повседневный огонь: в 1949 и 1950 гг. почти в каждом номере «Теории и практики» — выступления против Н. А. Бернштейна. И все в том же стиле: «Лженаучная теория» (статья С. Г. Страшкевича с подзаголовком «К критике “теории” Н. А. Бернштейна», 1950, № 6), «Идеалистические измышления» (редакционная статья, 1950, № 12), «Антипатриотические выступления» (тоже редакционная, 1949, № 4) и т. д., и т. п. Открылся удобный путь стать кандидатом и даже доктором наук — ругать Н. А. Бернштейна. И надо признать — незамеченным этот путь не остался.

Молодежи сейчас трудно понять происходившее. Почему? Зачем? Откуда такая злость? Кому так мешал ученый?

Отчасти, конечно, срабатывала реакция на фамилию. Определенное ее звучание служило для искоренителей космополитизма значимым нацеливающим обстоятельством. В ряду средств «борьбы с космополитизмом» заметное место занимало раскрытие псевдонимов: важным считалось объявить, что какой-нибудь Иванов при рождении был Вайнштейном или Гинзбургом. Ну а Бернштейну как бы уже полагалось быть космополитом.

Нет, главное все-таки не в фамилии. Вышел из ранжира, непохож на остальных — вот в чем суть. Для ученого оригинальность мышления — альфа и омега таланта. Но в то время все должны были думать одинаково. Во всем. В науке — тоже. Вольнодумство — воспользуемся словом из прошлого века — пресекалось в зародыше. Науку ставили на место ей уготованное — быть служанкой убогой понятой идеологии.

Ущерб нанесен огромный. Разрушать легко, трудно создавать. После ухода Н. А. Бернштейна из ЦНИИФКа его новый директор ходил с молотком и собственноручно разбивал таблички на дверях: «Лаборатория биомеханики», «Профессор Н. А. Бернштейн». Разрушилась связь поколений — учиться стало не у кого. На первый план вышли борцы с космополитами. Их поддерживали сверху. Когда вдруг выяснилось, что идейный вождь борцов с антипавловцами, космополитами, «вульгаризаторами теории физического воспитания» и Н. А. Бернштейном (а заодно с А. Д. Новиковым, А. А. Тер-Ованесяном и др.) кандидат наук П. И. Жуков не имеет высшего образования, его тихо перевели с заведования одной кафедрой (теории физического воспитания) на заведование другой (педагогике), дали возможность сдать экзамены за институт и получить диплом. Из науки ушла интеллигентность (а следовательно, интеллект тоже). Чтобы не «лить воду на мельницу зарубежных физиологов», нашли простой выход — не знать, что происходит в мировой науке. Поэтому читать зарубежную литературу считалось предосудительным.

Неверно думать, что все это прошло бесследно. Мы, видимо, единственная страна в мире, где громадная доля людей с учеными степенями не владеет по-настоящему иностранными языками, не приучена читать мировую литературу и не знает ее. Это все следы того времени.

Когда 40 лет спустя после изгнания Н. А. Бернштейна из ЦНИИФКа я пришел в него (теперь ВНИИФК) директором, последствия того давнего истребления науки чувствовались еще явственно.

Николай Александрович Бернштейн начал свои исследования в начале 20-х годов с изучения трудовых движений. Уже в то время он значительно усовершенствовал классический метод регистрации движений — циклограмметрический. В 1926 г. вышла из печати его первая книга «Общая биомеханика». Вклад ученого в изучение биомеханики, в частности таких основных способов передвижения человека, как ходьба и бег, велик. Но главное не в этом. Главное в том, что для Н. А. Бернштейна — первого в мировой науке — изучение движений стало способом познания закономерностей работы мозга. Если до Бернштейна изучали движения человека для того, чтобы их описать, то Николай Александрович стал изучать их, чтобы понять, как происходит управление ими. Его точка зрения о том, что ученый, желающий понять, как работает мозг, едва ли найдет более благодарный объект для исследования, чем управление движениями, находит все больше и больше последователей. На этом пути им были открыты такие фундаментальные явления в управлении, как сенсорные коррекции, более известные теперь в кибернетике как «обратные связи» (они описаны Бернштейном еще в 1928 г., то есть почти за 20 лет до того, как это сделал создатель кибернетики Н. Винер), принцип иерархического, уровневого управления и многое другое.

В 1947 г. Бернштейн получил Сталинскую премию, а через два года был объявлен космополитом, биологизатором, механицистом и наглым клеветником. Он был вынужден уйти из ЦНИИФКа и в 1953 г. вышел на пенсию. После этого на вопросы мало знавших его людей о месте работы он отвечал: «Я нигде не служу, а работаю дома и в библиотеке». Действительно, в эти годы им написан ряд блестящих статей, оформленных затем в книгу «Очерки по физиологии движений и физиологии активности». Николай Александрович успел подписать ее в печать, но вышла книга в свет уже после его смерти.

Признание пришло к Н. А. Бернштейну в нашей стране (как бы вернулось) лишь в последние годы его жизни, а международное — уже после того, как он умер.

К 20-летию со дня смерти Николая Александровича за рубежом вышел сборник «Переоцененный Бернштейн» (Human Motor Action: Bernstein reassessed, North Holland, 1985). Построен он своеобразно: дается перепечатка какой-либо работы Н. А. Бернштейна и после этого одна-две статьи крупнейших современных ученых, в которых обсуждается, что изменилось по данному вопросу с тех пор, как Н. А. Бернштейна не стало, в чем проявилось влияние его трудов. Редко, кто в науке оставляет след, протянувшийся на столь долгие годы.

Свои научные работы Н. А. Бернштейн писал для специалистов — не стремясь облегчить их понимание. Читать их трудно. Они создавались ученым для ученых. Но предлагаемая читателю книга написана для широкой аудитории. И здесь Н. А. Бернштейн высветился для нас еще одной гранью своего таланта — великолепным мастерством попу-

ляризатора, владением труднейшим искусством рассказывать просто о сложном.

Тема книги «О ловкости и ее развитии» выбрана не случайно. Это популярное изложение основ подхода ученого к решению проблемы физиологии движений. Ценность книги и в том, что по сути раскрытых в ней вопросов она современна и во многом по-прежнему оригинальна.

Книга написана более 40 лет назад. Была набрана в типографии. Верстку Николай Александрович откорректировал, внес в нее последние уточнения, исправления, поправочные тексты.

В этот момент и обрушились на ученого борцы с космополитизмом. Нечего и говорить, что издание книги прекратили, набор ссыпали, гранки, верстки уничтожили, убытки списали. Работа большого ученого и популяризатора исчезла.

Но, к счастью, на этот раз изречение «рукописи не горят» оправдалось. Один из вариантов «вредоносного» текста «О ловкости и ее развитии» нашел и сохранил доктор медицинских наук профессор И. М. Фейгенберг. Он выполнил нелегкую работу по восстановлению рукописи и представил ее в издательство «Физкультура и спорт», в то самое, которое в те времена готовило книгу к выпуску.

Но рукопись еще не книга. Ведь издание, рождавшееся 40 лет назад, было интересно иллюстрировано, содержало тексты, вставленные автором в корректуру перед самым подписанием ее в печать.

Как восстановить все это? Требовалась верстка, та, что последней находилась в руках Николая Александровича. Но где ее взять? Это сейчас такая корректура — ценнейшая вещь. А в то 40-летней давности время думать о ее сохранении представлялось делом ненужным да и небезопасным.

Ходили, верно, слухи, будто бы верстка книги «О ловкости и ее развитии» все же где-то существует. Но где, у кого? И правда ли это? Правда. Верстку нашли (она хранилась у одного из бывших работников издательства «Физкультура и спорт»). И не какую-нибудь, а как раз ту, в которую внес свои последние поправки автор.

Теперь возникла хорошая возможность воспроизвести работу такой, какой видел ее Н. А. Бернштейн. И издательство постаралось возможность эту использовать. Настоящее издание максимально приближено к книге, ожидавшей увидеть свет в конце 40-х годов. Тот же формат, та же верстка, манера оформления, те же иллюстрации, подрисовочные подписи и тот же текст со всеми последними авторскими уточнениями.

Что же, поблагодарим профессора И. М. Фейгенберга и других товарищей, принявших участие в восстановлении и подготовке к печати труда Николая Александровича Бернштейна, за их большую и важную работу, воздадим должное нынешнему издательству «Физкультура и спорт», уделившему много внимания выпуску книги, и поздравим себя с возможностью читать, изучать, держать в руках произведение, восставшее, можно сказать, из пепла.

Профессор В. М. Зациорский

НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ БЕРНШТЕЙН

Автор этой книги Николай Александрович Бернштейн (1896—1966) — выдающийся советский и мировой ученый, создатель нового направления в науке, которое он скромно назвал «физиологией активности» (скромно — потому что это направление охватывает не только физиологию, но и психологию и биологию активности), первооткрыватель ряда ее законов. Авторитетные ученые относят его научные труды к тому же классу, что труды Сеченова, Ухтомского, Павлова.

Основные монографии Бернштейна «О построении движений» и «Очерки по физиологии движений и физиологии активности» переиздаются в серии «Классики науки» (издательство «Наука»), продолжают выпускаться за рубежом в переводе на английский и немецкий языки.

В основе всего научного творчества Н. А. Бернштейна лежит его новое понимание жизнедеятельности организма. Организм рассматривается им не как пассивная реактивная система, отвечающая на внешние стимулы и приспособляющаяся к условиям среды (так считали мыслители периода «классического» механицизма в физиологии), а как созданная в процессе эволюции активная целеустремленная система. Действия этого организма направлены каждый раз на удовлетворение своих потребностей, на достижение определенной цели, которую Н. А. Бернштейн образно назвал «моделью потребного будущего». Иначе говоря, процесс жизни есть не «уравновешивание с окружающей средой», а преодоление этой среды. Он направлен не на сохранение статуса, а на движение в сторону родовой программы развития и самообеспечения. Таким образом, живой организм — это противящаяся энтропии, негэнтропийная система.

Такое понимание жизненных процессов является проявлением принципа материалистической телеологии, принципа целесообразности (сообразности цели!) характера действий живого организма. При таком понимании жизнедеятельности организма требовалась новая методика изучения его движений. Если в классической механистической физиологии движения изучались в лабораторных условиях, то Н. А. Бернштейн считал необходимым изучать их в естественных (практических) условиях. Им была создана методика, позволившая получать на свето-

чувствительной пленке полную и ясную картину (в виде ряда кривых) того, как и с какой скоростью передвигаются те точки тела движущегося человека, перемещение которых в трехмерном пространстве имеет наиболее важное значение при том или другом двигательном акте. Разработаны были и методы анализа получаемых кривых, вычисления по ним сил, действующих на движущуюся часть тела. Свою методику Н. А. Бернштейн назвал кимоциклографией и циклограмметрией.

Огромное, далеко идущее значение разработанной Бернштейном методики исследования движений сразу же понял и очень высоко оценил А. А. Ухтомский. В статье «К пятнадцатилетию советской физиологии» он писал: «Приходит время, когда наука может заговорить о «микроскопии времени», как выражается где-то Н. А. Бернштейн... И здесь будет новый поворот в естествознании, последствий которого переоценить мы пока и не можем, подобно тому как современники Левенгука и Мальпига не могли предвидеть, что принесет их потомкам микроскоп» (Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова, т. XVI, в. 1, 1933, с. 47).

Для выполнения того или другого движения мозг не только посылает определенную «команду» к мышцам, но и получает от периферийных органов чувств сигналы о достигнутых результатах и на их основании дает новые, корректирующие «команды». Таким образом, происходит процесс построения движений, в котором между мозгом и периферийной нервной системой существует не только прямая, но и обратная связь.

Дальнейшие исследования привели Н. А. Бернштейна к гипотезе, что для построения движений различной сложности «команды» отдаются на иерархически различных уровнях нервной системы. При автоматизации движений эта функция передается на более низкий уровень.

Многочисленные наблюдения и эксперименты полностью подтвердили эту гипотезу.

Уже из приведенного выше ясно, какое большое значение имеют результаты исследований Н. А. Бернштейна — не только теоретическое, но и для практиков: для спортивного тренера и спортсмена, для музыкального педагога и музыканта-исполнителя, для балетмейстера и артиста балета, для режиссера и актера, для всех тех профессий, для которых важно точное по результатам движение, особенно если оно совершается в необычных условиях (например, для пилота — в условиях непривычно больших и меняющихся ускорений, для космонавта — в условиях невесомости).

Результаты исследований Бернштейна важны и для врача, занимающегося формированием двигательных функций у больного, у которого они нарушены поражением нервной системы или двигательного аппарата (в частности, при протезировании).

Важны результаты работ Бернштейна и инженеру, который конструирует движущиеся механизмы и управление их движением и может при этом использовать знания о некоторых формах управления сложными движениями, которые «изобрела» природа и которые были изучены Бернштейном.

На самых первых порах изучения движений Бернштейн обнаружил, что при повторении одного и того же движения, например удара молотком по зубилу, рабочая точка молотка каждый раз очень точно попадает по зубилу, но путь руки с молотком к месту удара при каждом ударе в чем-то различен. И повторение движения не делает этот путь одинаковым. «Повторением без повторения» назвал это явление Н. А. Бернштейн. Значит, при каждом новом ударе нервной системе не приходится точно повторять одни и те же «приказы» мышцам. Каждое новое движение совершается в несколько отличных условиях. Поэтому для достижения того же результата нужны иные «команды» мышцам. Тренировка движения состоит не в стандартизации «команд», не в научении «командам», а в научении каждый раз быстро отыскивать «команду», которая в условиях именно этого движения приведет к нужному двигательному результату. Нет однозначного соответствия между результатом движения и «командами», посылаемыми мозгом к мышцам. Есть однозначное соответствие между результатом движения и «образом потребного будущего», закодированном в нервной системе.

Вместе с тем основные научные труды Н. А. Бернштейна, в том числе две его основополагающие монографии* как по объему приводимых сведений (в них необходимо было привести подробные данные о многочисленных наблюдениях и экспериментах, сопоставить свою методику и свои результаты исследований с методикой и результатами других авторов), так и по характеру изложения были обращены прежде всего к работникам науки: физиологам, психологам, биологам, медикам и т. д. — или к читателям, имеющим основательную подготовку в соответствующих отраслях науки. Для массового читателя пользоваться этими трудами было трудно.

А Бернштейн хотел довести свои идеи, результаты своих исследований и до широкого круга читателей, в частности до тех, для кого они представляли не только чисто познавательный, но и профессиональный интерес. Вот почему он охотно принял предложение Центрального научно-исследовательского института физической культуры написать научно-популярную книгу, которой дал название «О ловкости и ее развитии». Он увлеченно

* «О построении движения», М., 1947, «Очерки по физиологии движений и физиологии активности», М., 1966. Обе эти монографии вошли в книгу Н. А. Бернштейна «Физиология движений активности», М., 1990 (в серии «Классики науки»)

работал над ней (это видно из ряда его записей), рукопись была не только одобрена институтом и принята к изданию, но даже запущена в производство... Но именно на это время пришелся разгул лысенковщины, борьбы с вейсманизмом-морганизмом, с космополитизмом и тому подобных явлений. И в результате издание не осуществилось. Только теперь, почти через полвека после того, как работа лежала на столе автора, она ляжет на стол читателя. Но несмотря на это, книга сохраняет свое значение и в наши дни.

Самый многочисленный круг читателей, для которых эта книга представляет профессиональный интерес, — это работники спорта и спортсмены. Поэтому книга выходит в издательстве «Физкультура и спорт». Но, как уже говорилось выше, она предназначена и для многих других читательских групп.

Профессор И. М. Фейгенберг

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга написана по предложению дирекции Центрального научно-исследовательского института физической культуры. Предложение имело двоякую цель: дать возможно более четкое определение и анализ сложного психофизического качества ловкости и общедоступно изложить современные воззрения на природу координации движений, двигательного навыка, тренировки и т. д., имеющие первостепенное практическое значение как для деятелей физического воспитания, так и для всех участников физкультурного движения, долженствующего быть в нашей стране культурным движением во всех смыслах этого слова. Таким образом, книга эта должна была быть научно-популярной.

Необходимость в научно-популярной литературе в нашем Союзе очень велика. Было бы в корне неправильно отрицать ее значение на том основании, что Советский Союз не нуждается в полужайках и что нельзя оспаривать за его гражданами ни права, ни способности к овладению специальной литературой, без какой-либо снисходительности или высокомерия, будто бы неизбежно связанных с популяризацией науки. Этот взгляд совершенно ошибочен.

Те времена, когда каждый деятель науки мог быть в разной мере ориентированным во всех отраслях естествознания, миновали давно и безвозвратно. Уже двести лет назад для подобного универсализма потребовался такой всеобъемлющий гений, как гений Ломоносова. И он, в сущности, был последним в мире представителем типа универсального натуралиста. За те два столетия, которые отделяют нас от него, объем и содержание естествознания выросли так безмерно, что научные работники затрачивают теперь всю свою жизнь на овладение материалом одной своей основной узкой специальности, и мало кто из них в состоянии выделить у себя достаточно времени даже для того, чтобы, не отставая от времени, следить за бурным потоком текущей научной литературы по этой специальности. О других отраслях той же науки, а тем более о других отраслях естествознания ему нередко некогда даже подумать.

Этот заливающий поток нового фактического материала по всем ветвям естественной науки и прямо связанная с его ростом все большая дифференциация научных и научно-прикладных профессий все сильнее и сильнее угрожают превратить их представителей в узких специалистов, лишенных какого бы то ни было кругозора, слепых ко всему, кроме той тесной тропинки, по которой их направила жизнь. А это

сужение поля зрения опасно отнюдь не только потому, что лишает людей всей неотразимой прелести широкого общего образования, но главное потому, что приучает из-за деревьев не видеть леса даже в своей специальности, выхолащивает творческую мысль, обедняет работу в отношении свежих идей и большой перспективы. Уже Джонатан Свифт, тоже двести лет назад, сумел пророчески предвидеть таких узких «гелертеров» с шорами на глазах, слепых зарепортировавшихся чудаков, и жестоко высмеял их в изображенной им академии наук острова Лагадо.

Вот для преодоления этой-то опасности и необходима научно-популярная литература. Да охраняет ее все музы от снисходительного высокомерия к читателю, от горациевского «*Odi profánum vulgus et arceo!**». Она видит в читателе не профана, не вульгарную чернь, а собрата, которого нужно ознакомить с главными основами и последним словом смежной науки, до чего он никак не мог бы добраться, если бы ему пришлось штудировать эти вопросы по горам первоисточников и специальной литературы. Она стремится обеспечить ему тот широкий кругозор, который необходим как для научно-теоретического, так и для практического творчества в любой области, стремится не принизить себя до какого-то воображаемого и неуважаемого профана, а поднять собрата-читателя иной специальности на высоту птичьего полета, откуда можно обозревать весь мир.

Современный деятель — все равно как теоретики, так и практики — должен знать все о своем основном и основное обо всем.

Та часть общей теории словесности, ведению которой подлежит научно-популярная литература, еще совершенно не разработана. В ней в полную меру царит хаос, неясность и ощупывающая эмпирика. Между тем, пытаясь сделать свой вклад в этого рода литературу и подходя к этому заданию со всей ответственной серьезностью, какой оно заслуживает, необходимо в первую очередь отдать себе отчет в том, как взяться за дело.

Насколько в состоянии судить об этом автор, в современной научно-популярной литературе намечаются три различных стиля.

Хорошими типовыми представителями одного из них могут служить широко распространенные и общеизвестные томы издания т-ва «Просвещение»: «Мироздание» Мейера, «История земли» Неймайра, «Человек» Ранке и т. п. Книги этого типа ровно ничем не отличаются по изложению от любых учебных или научных руководств, кроме только постоянного памятования об уровне подготовленности читателя, для которого они предназначены. Они ничем не пытаются завлечь или заинтересовать читателя, кроме того интереса, который может представлять для него сама тема и содержание излагаемого предмета, ведут изложение сухо, деловито, в рамках плана, диктуемого в большей мере догматикой темы, нежели ее дидактикой.

Второй тип, или стиль, научно-популярного изложения можно было бы назвать фламарионовским. Для широкоизвестных популярных

* Ненавижу темную чернь и гоню проч. — *Прим. ред.*

опусов Фламмариона по астрономии и космографии характерны основным образом две черты. Во-первых, это постоянное заигрывание с читателем, а еще более — с читательницей книги, которую автор, согласно представлениям буржуазного общества XIX века, трактует как в высшей степени кисейную, нетерпеливую и невежественную особу, но по адресу которой не жалеет никаких порций галантности. Во-вторых, это насыщение текста огромным количеством воды. Нет сомнения, что простота изложения и его водянистость далеко не одно и то же; мы знаем сколько угодно примеров высокоспециальных и трудных для понимания ученых сочинений, содержащих, однако, 90 % жидкого, бесполезного растворителя. С нашей точки зрения, такое распухание книги помогает делу не больше, чем кокетничание с читателями обоего пола.

Третий стиль, или тип, относится к самому недавнему времени и ярче всего представлен в книгах де-Крюи, посвященных истории великих открытий в области медицины и биологии. У нас широко известна и пользуется успехом первая и самая талантливая из его книг «Охотники за микробами». Де-Крюи впервые, насколько мы можем судить, ввел в научно-популярную литературу смелую, широкую импрессионистскую манеру, обогащенную всеми современными достижениями общелитературной стилистики. Его речь богата образами, яркими сравнениями, полна юмора, местами поднимается до страстной горячности трибуна науки и адвоката мучеников. Ему помогает исторический аспект, в котором написано большинство повестей: будет ли то история великого открытия с его многосложными перипетиями или история жизни выдающегося деятеля науки — в обоих случаях повествование насыщается динамикой, сюжетностью, разветвляющейся интригой. Читатель с замиранием сердца ждет, что будет дальше, и готов заглянуть на последнюю страницу, как дельвали барышни, читая захватывающий роман. Название первой книги де-Крюи «Охотники за микробами» само уже вводит читателя в его стиль и манеру: он превращает историю научной борьбы в увлекательную приключенческую повесть, ничуть не снижая при этом высоты и значительности описываемых событий.

Манера де-Крюи начинает находить отклики и у нас в Союзе; нет сомнения, например, что талантливые очерки Татьяны Тэсс, посвященные характеристикам крупнейших современных советских ученых и время от времени появляющиеся в центральных газетах, во многом навеяны манерой этого автора. Много общего с этим же стилем имели и очерки безвременно скончавшейся Ларисы Рейснер.

Остановившись на этом последнем стиле ввиду целого ряда присущих ему привлекательных сторон, автор, однако, оказался в гораздо более трудном положении, не имея в своем распоряжении разворачивающейся сюжетной динамики. Задача состояла в том, чтобы применить этот стиль повествования к изложению теории, отрасли научной дисциплины с неизбежной для нее некоторой статичностью. Легче всего было справиться с очерком III («О происхождении движений»), именно в силу его историчности, и драматизировать широкое

и увлекательное полотно эволюции движений в животном мире, вплоть до человека.

В остальных очерках автор решился использовать весь доступный арсенал средств, выработанных и освященных теорией литературного слова, все, что она санкционирует по части изобразительных приемов. Автор проникся решимостью не бояться применения какого бы то ни было русского литературного слова, способного наиболее точно и выпукло выразить требуемую мысль, даже если это слово и не входит в состав официально-литературного (научного и служебного) языка. Далее им широко используются всякого рода сравнения и уподобления, начиная от мимолетных метафор, затерявшихся внутри придаточных предложений, и кончая развернутыми параллелями в целую страницу.

Стремление по возможности оживить изложение привело к включению в текст ряда повествовательных эпизодов, от сказочно-мифологических вставок до реалистических очерков, преимущественно навеянных впечатлениями Великой Отечественной войны. Наконец, в том, что касается иллюстрационного оформления книги, автор, имея широкую поддержку со стороны издательства, сопровождал текст очень большим количеством рисунков. Наряду с фигурами, ссылочно и по содержанию тесно связанными с текстом, книга содержит целый ряд научных иллюстраций, косвенно освещающих изложение (это преимущественно рисунки из областей анатомии, зоологии, палеонтологии и фотографические документы наивысших достижений спортивного искусства). Мы не убоялись и включения некоторого юмористического элемента в виде карикатур, добродушно подсмеивающихся над мешковатостью и неуклюжестью или предъявляющих шуточно-недостигаемые образцы ловкости и изворотливости.

Может быть, все эти искания в области научно-популярной формы — одна сплошная ошибка. Однако, несомненно, есть шанс и за то, что хоть какая-то малая крупинка найденного найдена правильно. Ведь не ошибается только тот, кто ничего не ищет, а с другой стороны, ни один ищущий никогда и не рассчитывал с одного раза верно найти.

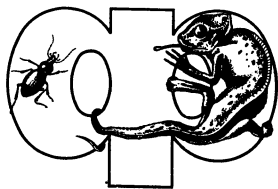
Положимся для оценки сделанного на суровую, но товарищескую критику и на весь широкий читательский опыт.

Проф. Н. А. Бернштейн

Очерк I

Что такое ловкость?

Научные бои и разведки



физиология давно перестала быть «наукой о лягушках». Ее предмет все время рос и по размеру и по уровню развития. Она попробовала свои силы на голубях и курах, потом перешла на кошек и собак. Еще позднее прочное положение в лабораториях заняли обезьяны. Неотступные требования практики все ближе

подводили физиологию непосредственно к человеку.

Было время, когда человек рассматривался как совсем особое существо полубожественной природы. Всякое опытное изучение строения и свойств его тела почиталось тогда кощунством. Стихийный научный материализм овладел ведущими позициями всего триста лет назад; тогда-то и была взрезана первая лягушка. Но к нашему времени пропасть между всеми другими живыми тварями и человеком снова стала обнаруживаться во всей своей глубине. На этот раз дело уже шло не о божественной природе или бессмертной душе человека; пропасть эту вскрыли неотвратимые реальные требования жизненной практики. Возникла физиология труда, физиология физических уп-

ражнений и спорта. Какой труд можно изучать на кошке или курице? Что общего между легкой атлетикой и лягушкой?

Так все больше развивается и шире раздвигает свои границы настоящая физиология человека и чисто человеческой деятельности. Она с бою берет позицию за позицией, все глубже проникая в тайны отправления организма человека.

Развитие каждой естественной науки, и физиологии в том числе, можно очень точно уподобить неуклонному победоносному военному наступлению. Противник — область неизвестного — силен и еще далеко не добит. Каждую пядь земли приходится отбивать у него упорными, ожесточенными боями. Не всегда наступление развивается успешно. Случаются в нем и остановки, иногда довольно длительные, когда обе стороны окапываются друг против друга и собираются с новыми силами. Бывает и так, что область, которая казалась уже отвоеванной, снова отходит обратно к противнику — неизвестному. Это случается, когда научная теория, на которую возлагались большие надежды, оказывается ошибочной, а положенные в ее основу факты — превратно понятными и ложно истолкованными. И тем не менее армия науки знает только временные прорывы и неудачи. Как в океанском приливе каждая волна захлестывает на какие-нибудь полметра больше предыдущей и все же волна за волной, минута за минутой подымают прилив выше и выше, так разворачивается и научное наступление. Только, в отличие от приливов, этому наступлению ни конца, ни предела нет.

И в деталях есть много сходства между жизнью науки и боевой обстановкой. Есть медленное, но неуклонное, железное продвижение вперед всем фронтом, когда каждый шаг завоевывается прочно и навсегда. Есть смелые броски, гениальные прорывы, которые в самые короткие сроки проникают далеко в глубину по такому направлению, где перед этим годами не удавалось и на вершок потеснить врага. Такими великолепными прорывами высятся в истории научных битв открытия Лобачевского, Пастера, Менделеева, Эйнштейна. Бывают — и так же необходимы в науке, как и в настоящей войне, — короткие разведочные рейды в глубь расположения противника. Эти разведочные рейды и не покушаются захватить и удержать в своих руках какой-либо новый участок территории. Но такая разведка может дать много ценных сведений о ближайших тылах врага и этим помочь главным боевым силам сориентироваться для предстоящих наступательных операций всем фронтом.

Автор настоящей книжки уже в течение четверти века работает скромным офицером в действующей армии науки, на участке физиологии движений человека. Все эти годы ему приходилось участвовать только в планомерных и медленных наступательных операциях научной пехоты. Предложение написать очерки по *физиологии ловкости* явилось боевым поручением с характером разведки, поскольку в этом направлении еще очень

мало материала, прочно отвоенного научным исследованием. Предпринять такую разведку было своевременно и нужно, жизнь настойчиво требует ее. Удачен ли был выбор офицера-исполнителя и оказался ли в какой-то мере ценным собранный этой разведкой материал — об этом судить не автору. Отчет о разведке лежит сейчас перед глазами читателя в виде отпечатанной книжки. Пусть выскажется о ней он сам.

Психофизические качества

На боевом знамени физической культуры значатся названия четырех понятий, которые принято объединять под именем психофизических качеств. Эти качества — *сила, быстрота, выносливость и ловкость*.

Нельзя сказать, чтобы эти четыре сестры были уж очень однородны.

Сила — это почти целиком физическое качество организма. Она непосредственно зависит от объема и качества мышечной массы и только второстепенным образом от других обстоятельств.

Быстрота — уже сложное качество, в составе которого есть кое-что и от физиологии и от психологии.

Еще больше сложно, или, как говорят, комплексно, качество *выносливости*.

Оно целиком основывается на дружной кооперации решительно всех органов и систем тела. Для его проявления необходима высокая степень налаженности: и обмена веществ в непосредственно работающих органах, и транспорта — кровеносной системы, снабжающей их питанием и удаляющей из них отходы, и органов снабжения — пищеварительной и дыхательной систем, и, наконец, всех органов верховного управления и регулирования — центральной нервной системы. В сущности, выносливый организм обязан удовлетворять трем условиям: он должен располагать богатыми запасами энергии, чтобы иметь, что расходовать. Он должен уметь в нужную минуту отдать — «выложить» их широкою рукой, не позволяя залеживаться ни одной единице энергии. Наконец, он должен при этом уметь тратить эти ресурсы с жесткой, разумной расчетливостью, чтобы их хватило на покрытие как можно большего количества полезной работы. Формулируя коротко, быть выносливым — значит: иметь много, тратить щедро, платить скупой. Как видим, это качество характеризует собой все многосложное хозяйство организма в его целом.

Еще сложнее и комплекснее качество *ловкости*. О нем уже трудно сказать, чего в нем больше — физического или психического. Во всяком случае, — и мы подробно увидим это в дальнейшем — ловкость — это дело, или *функция, управления*,

а в связи с этим главенствующее место по ее осуществлению занимает *центральная нервная система*. Управлять же для реализации ловкости ей приходится очень и очень многим.

И в других отношениях качество ловкости выделяется из ряда прочих. Оно, несомненно, гибче, разностороннее, универсальнее каждого из них. Ловкость — это такая валюта, на которую охотно и во всякое время производится размен всех других психофизических качеств. Ловкость — козырная масть, которая кроет все остальные карты.

Ловкость — победительница

В очень многих мифах, сказках и сагах восхваляется ловкость — победительница. Однако наиболее разработана эта тема в одной старинной китайско-тибетской сказке, которую мы позволим себе привести полностью.

«...Всем жителям лесов, полей и гор насолила лукавая обезьяна, но больше всех доняла она своими плутнями трои: слона, верблюда и желтоглазого зайку. И сговорились они втроем меж собой: бить челом на обезьяну Черному Властелину, пещерному медведю Гималайских гор.

Выслушал жалобу Черный Властелин и присудил: выдать обезьяну всем трои челобитчикам головою. И повелеть ей выйти с каждым из них по очереди на поединок, какой назначит сам жалобщик. Возьмет обезьяна верх на всех трех поединках — быть ей помилованной. Будет побита хоть на одном — тут ей и живой не быть.

Выступил первым могучий слон и говорит:

— Есть в десяти милях отсюда источник целебной воды Дунь-Хэ. Но путь к нему непроходим. Завален он острыми обломками скал, тяжелыми и зубастыми, весь зарос лесными дебрями непролазными. Ни зверю туда не пробраться, ни птице не пролететь. Вот мой поединок: кто из нас двоих до этого источника дойдет и первым назад полную кружку целебной воды принесет — за тем и победа.

Полагался слон на свою великую силу. Душает: векеи этой обезьянке ни скал ни своротить, ни деревьев не повалить. А если она сразу за мной следом и пойдет, где я путь проложу, так все равно придется ей и назад следом за мной идти. А я еще ей хвостом по кружке ударю, всю воду выплесну.

И двинулся слон вперед. Скала ему поперек дороги заляжет — он ее бивнями на сторону своротит. Загородят ему путь заросли, где деревья хитрей между собой переплелись, чем черточки в самой сложной китайской букве, — он их хоботом во все стороны размечет, с корнями и с землей из земли повывернет.

А обезьяна и не подумала за ним брести. Разбежалась и с размаху вскочила на самую высокую пальмовую крону. Огляделась кругом да как пойдет между сучьями и ветвями перепрыгивать да проныривать. Тут хвостом уцепится, маятником раскачается и разом за сотню шагов перемахнет. Здесь лапы в мех втянет, ужом проскользнет. Там через острые зубы скал так искусно



колесом пройдет, что ни одной царапинки себе не сделает. Доскакала до целебного источника Дунь-Хэ и назад к пещере Черного Властелина с полной кружкой воды примчалась. Слон все еще на полпути туда был. Да ведь как управилась: при всех своих прыжках и кувырках ни одной капли из кружки не расплескала!

Поднесла обезьяна целебную воду Черному Властелину. Подивился Черный Властелин и начертал зубом на бамбуковой коре первый священный знак победы «И».

Выступил вперед заяка желтоглазый и говорит:

— Видите гору, что за нами высится? Это — гора чудес, Хамар. Кругом нее — восемь дней человеческого пути. У этой горы четыре склона: один весь из черного камня, другой — из серого, третий — из бурого, а четвертый, который в нашу сторону обращен, — из золотистого. Есть у нее чудесное свойство. Если по обломку камня с каждого из склонов горы взять и все четыре цвета вместе сложить, они точчас срastутся в один магический камень, который все простые каменья в золото обращает. Нужно только, чтобы все обломки в один и тот же день набраны и сложены были, иначе они уже не срastутся.

Много охотников пыталось добыть себе магический камень с горы Хамар, да никому доселе это не удалось. Гора ни с какой стороны непреступна: вся она гладка, как стекло, скользка, как лед.

Вот и мой поединок. Кто из нас двоих первый все четыре склона горы обожит и с каждого по обломку в дар Черному Властелину принесет, за тем и победа.

Полagalся заяка на свои ноги резвые, стальные. Где, думает, длиннорукой да долгохвостой обезьяне за мной угнаться?

И покати заяка желтоглазый во всю мочь кругом подножия горы. Только его и видели. И так-то он всегда прытко бегал, а тут откуда только силы взялись. Быстрее ласточки полетел, резвее морской стрелы — макрели помчался.

А обезьяна за зайкой гнаться не стала. Разбежалась она изo всех сил да с разбегу как примется напрямик по золотистому склону кверху карабкаться. Где когтями в малую зазубринку вцепится, где хвостом, как крылом, по воздуху поддаст, где змейкой ползком провьется. Как муха по стенке побежала. Доцарапалась прямо до острой вершины, где все четыре склона вместе друг с дружкой сходятся, отколупнула от всех них по кусочку и назад. А назад-то ей совсем просто было: села на свою розовую подушечку, что под хвостом, и покатилась с горы вниз быстрее лавины. Заяка все еще на половине дороги был.

Поднесла обезьяна все четыре обломка Черному Властелину. Пуще подивился Черный Властелин, покачал головою и начертал зубом на бамбуковой коре второй священный знак победы «Ро».

Выступил тогда верблюд и молвил так:

— Есть за великой безводной пустыней оазис, а в нем растет волшебный цветок Ли. Кто владеет этим талисманом, над тем не властны никакие чары. Путь туда долог и труден. Во всей пустыне ничего не растет, кроме кактусовых деревьев да сухих кустарников. Мой отец ходил туда, когда я был еще верблюженком, и из всего каравана только два верблюда вернулись обратно. Туда-то я берусь дойти и принести тебе, Властелин, в дар волшебный цветок Ли. Только уничтожь ты, во имя предков, эту проклятую обезьяну!

В том будет и мой поединок. Если и обезьяна сумеет туда добраться и принесет тебе цветок раньше меня, я готов ей все грехи отпустить и склониться перед нею. А уж если погибнет она





там от жажды и изнурения, пусть сама на себя пеняет.

А про себя думает верблюд: где хлипкой обезьяне великую пустыню перейти? Я, корабль пустыни, и то все свои силы на этот подвиг выложу. Недаром вся тропа к оазису усеяна конскими и верблюжьими костями. Ей с моею выносливостью не потягаться, и никакие увертки тут ей не помогут.

Напился Верблюд досыта воды, навьючил поперек обоих горбов по меху с водою и побрел-поплыл, мягко распяливая лапчатые копыта. А обезьяна на этот раз выжидать не стала, мотнула хвостом и вперед унеслась.

Через всю безводную пустыню шла тропа, и отбиваться от нее ни в одну сторону нельзя было, чтобы не заблудиться и не погибнуть. Знала обезьяна что и верблюд, не сворачивая, по этой тропе пойдет, забежала вперед и добежала до заросли высоких кактусов и крепких кустарников. Приладила обезьяна между кактусами поперек тропы хитрую петлю из ветвей и сухих трав, сама влезла на верхушку самого высокого кактусового дерева, конец петли туда же укрепила и ждет.

Бредет-плывет верблюд по тропе, дошел до петли, не заметив ее, натянул ее грудью и дальше шагает.

А хитрая петля то дерево, на котором обезьяна сидит, все ниже и ниже к самой земле клонит.

Вдруг сорвалась петля, распрямился кактус и метнул обезьяну вперед, точно из пращи. Понеслась обезьяна по воздуху, словно птица: хвостом управляет, лапами, как крыльями, воздух под себя подгребает.

Залетела обезьяна вперед ни много ни мало на девяносто тысяч шагов и на лету вцепилась в самую вершину другого высокого кактуса. Закачался кактус, пригнулся к самой земле, потом в другую сторону снова до самой земли докачнулся. А как пошел распрямляться, разжала обезьяна лапы и опять вперед понеслась. Еще девяносто тысяч шагов отлетела.

Опустилась обезьяна на тропу ловко и точно, на все четыре лапы. Видит: бредут по тропе верблудица с верблюжонком. Обезьяна и тут на их пути такую же хитрую петлю пристроила.

Долго ли, коротко ли, а полдня не прошло, как донеслась обезьяна, перелет за перелетом, до самого волшебного оазиса на конце пустыни.

А назад добраться ей совсем легко было.

Как сорвала она чудодейственный цветок Ли, стали ей подвластны все духи пустынь. Повелела она им перенести ее к пещере Черного Властелина, охватил ее жаркий вихрь, окутал своими крыльями и быстрее молнии перенес через безводную пустыню. Верблюд все еще и сотой части пути не одолел.

Пуше прежнего подивился Черный Властелин, пещерный медведь Гималайских гор, покачал головою, почесал за ушами, принял благосклонно от обезьяны чудодейственный цветок Ли и начертал зубом на бамбуковой коре третий священный знак победы «Ха».

А обезьяну отпустил с миром обратно, в леса и поля. Там она и поныне живет*.

А теперь от сказок обратимся к действительной жизни и пригласим мастера спорта И. Бражнина поделиться одним его детским воспоминанием*.

* Заимствовано из интересной статьи И. Бражнина о ловкости, помещенной в журнале «Костер», № 4, 1941.

«Это было тридцать лет тому назад. По всей России увлекались тогда французской борьбой. Чемпионаты французской борьбы были в каждом городе, в каждом местечке. Чемпионаты были в каждом дворе, где собиралось полдесятка парнишек в возрасте от 10 до 15 лет.

Я в те годы был примерно как раз в таком возрасте, состоял чемпионом дворового масштаба и часами ходил по городу за каким-нибудь саженным Ваней Лешим или Саракики, подвизавшимися по вечерам в местном цирке.

Однажды мы целой толпой сопровождали прогуливавшегося по Архангельску борца Мкртичева. Это был огромный детина, смуглый, толстый и очень сильный. Он был не только борцом, но работал каждый вечер в цирке с тяжестями, гнул железные ломы, рвал подковы, ломал пальцами медные пятаки, проделывал множество цирковых трюков, требующих очень большой силы.

Для нас Мкртичев был недостижимым идеалом, и я с замиранием сердца следовал за ним на почтительном расстоянии, разглядывая со всех сторон этого чудо-силача.

Но вот как-то этот чудо-силач зашел к золотых дел мастеру и, о, счастье! — как раз к тому, у которого работал подручным живший на нашем дворе под-росток Монька. Я часто забегал к Моньке на правах приятеля и сейчас же юркнул вслед за Мкртичевым в мастерскую.

Не помню уж, с чего начался разговор о силовых номерах, затеянный Монькой, но помню, что в конце его Монька (ему было семнадцать лет, но он был худощав, мал ростом и выглядел, как пятнадцатилетний) предложил Мкртичеву разрезать трехкопеечную монету небольшими ножницами, которые употребляют золотых дел мастера для резки нетолстых полос серебра, олова, меди или припоя.

Мкртичев, ломавший в цирке монеты голыми руками, взял со снисходительной улыбкой ножницы, монету и... провозившись с ними целых десять минут, потный и сконфуженный, вернул Моньке и монету и ножницы в том виде, в каком их получил.

Тогда Монька взял в правую руку ножницы, подsunул под их лезвия монету и тремя спорыми и быстрыми движениями перерезал ее пополам. То же самое проделал он и с более толстым медным пятаком. Чудо-силач только руками развел и, посрамленный, поспешил покинуть мастерскую. С тех пор я не ходил больше за силачом Мкртичевым — он был развенчан».

За что ценится ловкость?

Ловкость всегда и во все времена имела какое-то неотразимое обаяние. В чем секрет ее притягательной силы, мы попробуем разобрать несколько дальше. Но бесспорно, что народная мудрость высоко расценивает это качество. Начиная с знаменитой библейской легенды о великане Голиафе и отроке Давиде, который ловкостью одолел его (эта легенда очень забавно воспроизвелась в приключении с Монькой и Мкртичевым), и эпос, и сказки, и пословицы всех народов превозносят ловкость. В последующем тексте этой книжки нам встретится еще достаточно серьезного материала, поэтому можно позволить себе во вступительном очерке привести еще одну народную сказку, на этот раз в совсем кратком пересказе.

Отец послал своих трех сыновей походить по свету и поучиться уму-разуму. Через три года вернулись сыновья домой и сообщили отцу, что один из них выучился ремеслу цирюльника, второй — кузнеца и третий фехтовальщика.

Отец предложил: сесть всем у дверей дома и подождать, чтобы каждому



из сыновей представился случай выказать свое искусство. Кто перешеголяет остальных своим мастерством, тому он завещает и дом и все добро.

Совсем недолго посидели они у ворот, вдруг видят: скачет к ним по полю заяц.

— Этого-то мне и нужно, — сказал цирюльник, — схватил свои принадлежности, погнался за зайцем, на всем бегу намылил ему мордочку и выбрил ее чисто-начисто, не сделавши ни одной царапинки.

— Да, — сказал отец, — ты большой искусник. Если другие братья чего-нибудь еще более удивительного не сделают, дом твой.

— Погодите, батюшка, — сказал второй сын, кузнец.

А тут как раз показалась на дороге карета, которую во весь опор мчала пара рысаков. Схватил кузнец инструменты, побежав за каретой, сорвал у лошадей все восемь подков и на всем скаку же заменил их новыми восемью подковами.

— И ты, я вижу, не терял даром времени, — сказал отец. — Не знаю уж, кто из вас двоих более ловок. Нелегко будет угоняться за вами третьему брату!

Только он сказал это, стал накрапывать дождь. Отец и два первых сына спрятались под навес крыльца, третий же сын, фехтовальщик, остался снаружи, выхватил свою рапиру и стал фехтовать у себя над головой, отбивая каждую дождевую каплю. Дождь шел все сильнее и сильнее и наконец полился проливной, словно кто воду с неба из корыта лил, а он только все быстрее работал своею рапирой и каждую каплю успевал отразить по всем правилам фехтования, так что оставался сухим, будто сидел под зонтиком или под крышей.

Видя такое дело, не сумел отец отдать никому из сыновей предпочтения, разделил имение между тремя сыновьями поровну. И правильно сделал.

И эту народную сказку сопоставим с живой действительностью. Нам не придется возвращаться к временам детства: последние пережитые всеми нами пять лет дают достаточно материала для всякого рода примеров.

Однажды (это было в самом начале Великой Отечественной войны) наша конная разведка попала в кольцо немцев, значительно превосходивших ее силами.

Положение создалось очень напряженное, и прорвать кольцо было нелегко.

Среди участников разведки был один цирковой наездник. При первых же выстрелах неприятеля он зашатался в седле и свесился головой вниз. Немцы решили, что он убит и случайно зацепился за стремяна, и перестали обращать внимание как на него, так и на его лошадь, беспорядочно метавшуюся с мертвым телом по полю. Но наездник не был даже ранен. С лошадью они были давними друзьями и понимали друг друга без слов. Притворяясь убитым, он продолжал уверенно управлять своим конем и, заставляя его как будто бы в растерянности носиться туда и сюда, сумел в этой невероятной позе не только уйти целым от неприятеля, но перед этим собрать весь необходимый разведочный материал. Когда он решил, что пронаблюдал достаточно, он пустил лошадь вскачь, поднялся в седло и благополучно вернулся к своим.

Что позволило этому герою не только избежать гибели, но и

блестяще выполнить боевое задание? Самообладание, сила, выносливость? Да, но больше и прежде всего — двигательное мастерство и находчивость, то есть *ловкость*.

Вот другой пример из многих и многих тысяч подвигов, совершенных нашими славными воинами в эту великую войну.

Фашисты вели осаду деревенского дома и уже почти овладели им. Один из фашистов залег за закрытыми воротами, просунул ствол пулемета между их створками и подворотней и поливал оттуда дом, пока низ его не был захвачен фашистами. Последний задержавшийся в доме красноармеец взбежал на чердак. Путь к отступлению был ему отрезан, и было очевидно, что в ближайшие минуты немцы нападут на него с тыла. Нельзя было терять ни одного мгновения.

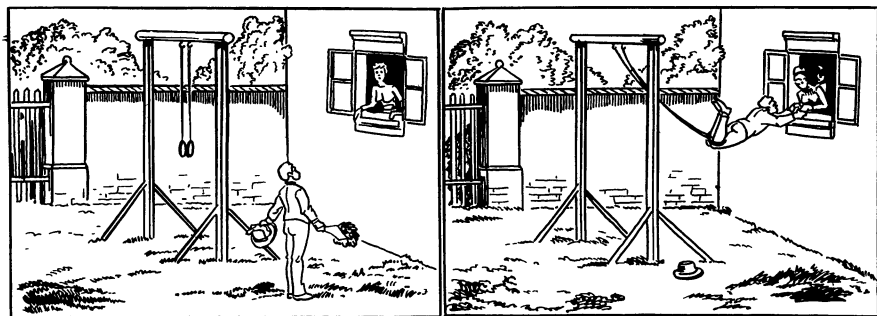
Красноармеец подбежал к чердачному окну и быстро сориентировался. Мгновенно выхватил из-за пояса ручную гранату и метнул ее в створки ворот под окном. Увидя сквозь дым, что створки разлетелись в щепы, и заметя под ними оглушенного немецкого пулеметчика, он выскочил из окна, перевернулся в воздухе и сел прямо на немца. Прежде чем тот очнулся, он выхватил у него из кобуры пистолет, тут же принеший могилу своему бывшему хозяину, повернулся и, все продолжая сидеть верхом на мертвом немце, успел направить его пулемет на чердак в ту самую минуту, как на нем показались фрицы. Данная по ним неожиданная очередь вызвала среди фрицев сильное замешательство, которое было целиком использовано нашими бойцами, подоспевшими на выручку.

Я не помню фамилии героя-красноармейца. Он не был ни Голиафом, ни Геркулесом. Это был обыкновенный парень среднего роста и телосложения. Но это был советский физкультурник, и в грозную минуту двигательные умения и привычная находчивость выручили его. И здесь его жизнь и все положение в целом были спасены *ловкостью*.

Что же так притягивает в ловкости? Почему она так ценится и вызывает к себе такой влекущий интерес? Думается, что мы не ошибемся, если основными причинами этого назовем следующие.

Прежде всего и, может быть, важнее всего остального то, что двигательная ловкость — чрезвычайно *универсальное, разностороннее* качество. О ловком можно сказать, пользуясь выражением поговорки, что он и в огне не горит и в воде не тонет. Спрос на ловкость есть всюду, и выручает она решительно во всевозможных случаях. В профессиональных навыках, в рабочих движениях? Несомненно. В быту, домашнем хозяйстве, в огороде, на скотном дворе? Нет спора. В гимнастике, легкой атлетике, спортивных играх, акробатике? Там все основано на ловкости. В боевой обстановке? Мы уже привели два примера из тысяч их, подтверждающих значение ловкости

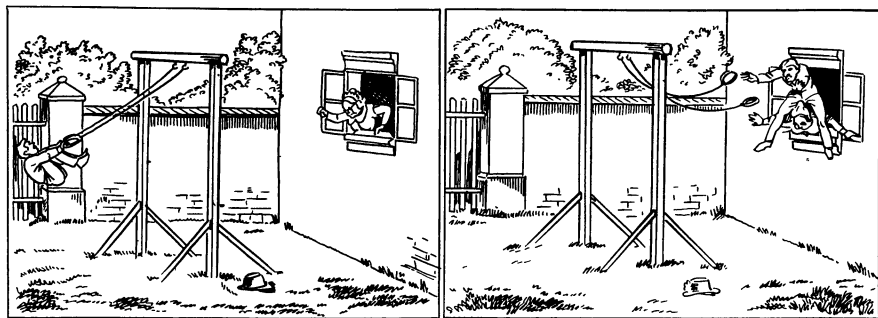




для бойца. На протяжении этой книги встретится еще немало примеров, говорящих об исключительной разносторонности этого качества.

Рядом стоит второе притягательное свойство ловкости — ее *доступность*, та особенность ее, которая дает шансы человеку с самыми средними телесными данными одержать верх над любым великаном или атлетом. Разве не многообещающим выглядит то, что всесоюзный и европейский рекорды по прыжку в высоту с шестом — физическому упражнению, как раз целиком строящемуся на ловкости, установил заслуженный мастер спорта Н. Г. Озолин, человек невысокого роста и не слишком атлетического телосложения? Ловкость сулит каждому осуществление на нем поговорки: «Мал золотник, да дорог». Повседневный опыт говорит о том, что ловкость не какое-то неизменяемое, приращенное свойство, которое так же безнадежно рассчитывать заполучить, как изменить свой природный цвет глаз. Ловкость поддается упражнению, ее можно выработать в себе и, уж во всяком случае, добиться сильного повышения ее уровня. Для нее не нужно ни длинных ног, ни могучей грудной клетки; она вполне мирится с тем телесным инвентарем, каким располагает каждый здоровый, нормальный человек.

Затем обязательно в ловкости то, что она не чисто и грубо физическое качество, как сила или выносливость. Она образует уже мостик к настоящей, умственной области. Прежде всего, в ловкости есть мудрость. Она — концентрат жизненного опыта по части движений и действий. Недаром ловкость нередко повышается с годами и, как правило, удерживается у человека дольше всех других его психофизических качеств. Затем, как всякое качество, связанное уже с психикой, она несет на себе отпечаток индивидуальности. У всех силачей сила более или менее однородна, кроме количественных различий, да, может быть, еще того, что у одного из них сильная спина, у другого — руки. Сила — это килограммы, и ничего больше; естественно, что для нее так легко установить количественные показатели. Ловкость у *каждого* ловкого человека другая, она вся качественна и



неповторима. Именно по этим причинам для нее, единственной из всех психофизических качеств, до сих пор не нашлось количественных измерителей. Существуют рекорды по скорости, по силе, по выносливости, но до настоящего времени не придумали ни одного вида соревнований, на котором можно было бы добиваться первенства и рекордов прямым образом по ловкости. Ловкость помогает в целом ряде и легкоатлетических и спортивно-игровых действий, но всюду в них она, как режиссер спектакля, сама остается за сценой, и за ее счет призы получают то скорость, то выносливость, то сила. Это ставит ловкость в невыгодные внешние условия, но внутренне возвышает ее над всеми остальными качествами, придавая ей особенную заманчивость.

В наших физиологических очерках всюду будет идти речь о *чисто двигательной ловкости*, не касаясь тех областей, в которых это же понятие применяется для обозначения психологических свойств. Однако четкую грань между теми и другими проявлениями качества ловкости проложить очень трудно, и это обнаружится на ряде примеров и в настоящей книге. Двигательная ловкость — это своего рода двигательная находчивость, но сплошь и рядом эта простейшая форма находчивости постепенно перерастает в умственную находчивость, в изобретательность, в техницизм. Рабочий-стахановец нередко начинает с тренировки своих движений на высокие темпы, но затем переходит на их рационализацию и качественное усовершенствование, а кончает конструктивными улучшениями своего станка или машины и смелыми изобретательскими идеями. Вот эта сторона двигательной ловкости тоже неотразимо влечет к себе: то, что она интеллектуальна*, что всю работу над ее развитием можно насквозь пропитать глубоким умственным вниканием в существо дела. Очень показательны, что как раз упомянутый несколькими строками раньше доцент, кандидат педагогических наук

* Интеллектум, мыслительные способности.

Н. Г. Озолин* достиг своих выдающихся результатов с помощью углубленного анализа физиологической стороны своих движений их биомеханики, механики упругих свойств шеста и т. д.

Что есть ловкость?

Так что же представляет собою ловкость? Предоставим сперва слово уже цитировавшемуся нами И. Бражнину.

«Что же такое ловкость? Для того, чтобы уяснить себе это, обратимся к истории слова.

Слово «ловкость» есть производное от корня «лов». Глагол от этого корня — «ловить».

Первоначальное значение слова относится к охоте, промыслу, ловле зверя, птицы, рыбы. Охотник прежде назывался ловцом («Были бы бобры, а ловцы найдутся», «На ловца и зверь бежит»).

Употребляемые для охоты собаки назывались ловчими собаками — борзые, хортые и т. д. Выдрессированные для охоты птицы — ястреб, сокол — назывались ловчими птицами. Способность этих животных хватать зверя, перенимать его, кидаться, вцепляться в зверя, изворачиваться называлась в старину ловчивостью или ловкостью.

С течением времени значение слова расширилось и перенесено было на человека, но смысл его мало изменился с тех пор. Ловкость по-прежнему определяется как способность нашего тела к проворству, ухватке, подвижности, гибкости.

Прекрасно определяет понятие «ловкий» в своем «Толковом словаре» В. Даль.

По Далю, «ловкий» — это значит «складный в движениях». И это, пожалуй, самое точное определение. Именно «складность» движений определяет ловкого прыгуна, бегуна, наездника; именно умение многие мелкие движения рук, ног, туловища «складывать» в общее движение всего тела, дающее высший результат. Умение управлять своим телом и есть ловкость».

Мы не согласимся с процитированным И. Бражниним определением Даля**. «Складность в движениях» — это то, что обозначается как хорошая координация движений вообще, а хорошая координация движений вообще, а хорошая координация и ловкость явно не одно и то же. Для того, чтобы быть прекрасным, выносливым ходоком, необходимо обладать безукоризненной координацией движений, а разве это ловкость? Отличная общая координация, «складность в движениях», необходима и бегуну-спринтеру, и пловцу на дальние дистанции, и участнику массовых выступлений по «ритмической гимнастике» и т. д., а слово «ловкость» плохо вяжется со всеми этими видами движений. Вслушайтесь в выражения: «он ловко пробежал тысячу метров» или «она ловко проплыла дистанцию». Слово «ловко» здесь явно не на своем месте, и мы дальше увидим почему.

С другой стороны, оценка движений как «складных» в большой степени дело личного вкуса. Мне кажется складным Петров,

* Ныне Н. Г. Озолин — доктор педагогических наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР. — *Прим. ред.*

** Удачнее другие приводимые Далем определения: «ухватливый» и «умеющий».

а вам — Сергеев, и, в конце концов, здесь так же трудно сговориться, как и о том, какое из двух мороженных вкуснее. Для научного определения нужно нечто более строгое.

Прежде всего условимся о следующем. Ловкость, как мы уже установили, — это очень сложный психофизический комплекс. Народная мудрость создавшая на протяжении веков так много обозначений в языке для таких понятий, как смелость, гордость, скупость, выносливость и т. п., вычленила и ту совокупность свойств, которую мы называем ловкостью, и дала ей имя. Назвать этот сложный комплекс одним словом практически целесообразно и удобно, потому что составляющие его свойства очень часто встречаются сообща и явно имеют между собой внутреннюю связь. Но тем не менее такое вычленение и объединение их под одним названием условно. Ловкость нельзя «открыть», как можно было в свое время открыть, например, что делает поджелудочная железа, или открыть в головном мозгу «центры речи». Не приходится рассчитывать на то, чтобы взрезать организм и найти ловкость под микроскопом в мышцах, суставах или ином месте. Представление о том, что ловкость можно «открыть» посредством каких-то будущих точных приборов, было бы таким же наивным, как и образ мыслей того простодушного крестьянина, который восхищался астрономами за то, что они сумели открыть через свои телескопы названия звезд. Можно изучить с любой научной строгостью какие угодно *свойства ловкости*, но о том, что понимать под ловкостью, что включать в это понятие, нужно сперва договориться, хотя бы с той или иной неизбежной степенью условности и произвольности.

Определение качества ловкости нужно не «открыть», а *построить*. Для того же, чтобы в подобном определении было как можно меньше упомянутой условности и произвольности, следует стремиться к соблюдению нескольких общих правил.

Во-первых, правильно построенное определение такого понятия, как понятие ловкости, должно возможно лучше и ближе *«вязаться» с общепринятым его пониманием*, утвердившимся в языке. Чутье языка и смысла слов очень высоко развито у каждого человека по отношению к его родному языку, и ему тотчас же резнет ухо каждое неправильное словоупотребление. И научное определение нужно построить так, чтобы оно как можно точнее вписалось в то несколько расплывчатое по очертаниям, но совершенно ясное в своей основе понимание слова, которое есть у каждого из нас.

Во-вторых, требование к изыскиваемому определению состоит и в том, что оно должно *давать возможность* точно и без колебаний *опознать ловкость и отличить ее* от всего того, что не есть ловкость. Нам нужно привязать к ловкости ниточку, за которую в любой момент можно вытянуть ее и вызвать для обследования, будучи уверенными, что по такому вызову предстанет перед нами именно она, а не что-нибудь другое.



Свежий ветер или присутствие духа

В-третьих, наконец, научное определение нужно считать хорошим тогда, когда оно помогает проникнуть во внутреннюю суть того что мы определяем. Оно должно *вытекать из целостной научной теории* и помогать дальнейшему развитию этой теории. Такое определение представит действительную научную ценность, и его удачное построение может уже само по себе быть вкладом в науку.

Мы дойдем в этой книге до развернутого определения качества ловкости только в последнем — VII очерке, где и постараемся подытожить по возможности все существенные и необходимые признаки этого качества. Здесь же, во вступительном очерке, мы дадим предварительное определение, способное отвечать хотя бы первым двум требованиям.

Во всем дальнейшем изложении мы должны иметь возможность всегда точно знать, ловкость ли или нет то, о чем в данную минуту идет речь.

Наши сказочные и несказочные примеры, приводившиеся выше, позволяют уже нащупать нечто общее между всеми ими: везде в них мы встречаемся с быстрым и успешным решением нелегких двигательных задач.

Возьмем два-три примера из области физкультуры и спорта. Скоростной спуск с горы на лыжах — слалом — предъявляет очень высокие требования к ловкости лыжника. В чем же особенность слалома, которая отличает его от простого бега на лыжах, не требующего какой-либо особой ловкости? В нагромождении друг на друга внезапных осложнений во внешней обстановке, в появлении одна за другой трудных двигательных задач, которые надо найти, как решить. Близкую аналогию с этим видом спорта представляет собою кросс по сильнопересеченной местности. В кроссе, в отличие от слалома, каждый ис-



полнитель имеет право не только выбирать тот или другой прием для преодоления препятствия, но еще и трассировать тем или иным способом свой маршрут. И в этом виде спорта все от начала до конца строится на ловкости.

Общая всем рассмотренным примерам особенность начинает выявляться еще яснее. Во всех них *ловкость* состоит в том, чтобы *суметь двигательно выйти из любого положения, найтись (двигательно) при любых обстоятельствах*. Вот в чем существенное зерно ловкости — то, что отличает ее от простой складности в движениях. Теперь легко понять, почему ни у бегуна-спринтера, ни у пловца-стайера не возникает ощутимого спроса на ловкость. При их действиях нет ни неожиданных осложнений обстановки и задачи, ни условий, требующих от них двигательной находчивости.

Применим еще другой путь, несколько напоминающий известную игру. Один из играющих прячет вещь, другой должен найти ее. Его «наводят» на правильное место замечаниями: «прохладно», «холодно», «мороз», если он удаляется от спрятанного предмета — и словами «тепло», «горячо», если он приближается к нему. Будем вносить в какой-нибудь вид движения те или иные осложнения и посмотрим, какие из них явно повышают спрос на ловкость. В них-то и будет «тепло» и «горячо» на отыскиваемые нами существенные черты ловкости.

Простая ходьба по тротуару? «Холодно». Ходьба с грузом, ходьба в утомленном состоянии, ходьба с большой спешкой, ходьба по вязкой дороге? Все равно «холодно».

Переход через улицу с оживленным экипажным движением? Становится «теплее». Ходьба с чашкой кофе или с тарелкой супа на парохде в сильную качку? «Совсем горячо».

Бег по беговой дорожке? «Холодно». Бег на соревновании,

где победа завоевывается не только быстротой, но и тактикой? «Теплее». Бег на месте? «Очень холодно». Барьерный бег? «Тепло». Бег по болоту, через рытвины и кочки? «Жарко». Перебежки под обстрелом неприятеля? В любом отношении «очень горячо».

Не стоит умножать здесь числа примеров — их еще много будет в этой книге. Везде обнаруживается одно: *спрос на ловкость не заключается в самих по себе движениях того или иного типа, а создается обстановкой*. Нет такого движения, которое при известных условиях не могло бы предъявить очень высокие требования к двигательной ловкости. А эти условия состоят всегда в том, что становится труднее разрешимой стоящая перед движением *двигательная задача* или возникает совсем новая задача, необычная, неожиданная, требующая *двигательной находчивости*. Ходьба по полу не требует ловкости, а ходьба по канату нуждается в ней, потому что двигателью выйти из того положения, которое создается канатом, несравненно сложнее, чем из того, которое имеется на ровном полу.

Эта черта двигательной находчивости, которая, может быть, всего характернее и важнее для ловкости, также нашла себе отражение в языке. Там, где двигательная задача осложнена и решить ее надо не идучи напролом, а с двигательной находчивостью, там, говорим мы, нужно *изловчиться, приловчиться*. Там, где нельзя взять силой, помогает *уловка*. Когда мы овладаем двигательным навыком и с его помощью подчиняем себе более или менее трудную двигательную задачу, мы говорим, что мы *наловчились*. Так, во всех случаях, где требуется эта двигательная инициатива, или изворотливость, или так или иначе искусное *прилаживание наших движений к возникшей задаче*, язык находит выражения одного общего корня со словом *ловкость*.

Разбор комплексного качества ловкости и научная разведка в эту нужную, но пока мало исследованную область потребуют от нас довольно подробного вникания в основы физиологии движений. В следующем очерке мы познакомимся с устройством двигательного аппарата нашего тела и с *физиологическими принципами управления* движениями в нашем организме. Очерк III будет посвящен *истории* движений на земном шаре. Помимо того что любое сложное жизненное явление можно понять, только зная, как оно возникало и развивалось, в частности для движений существует очень четкая и ясная преемственность развития от животных к человеку, во многом наложившая свою печать и на движения этого последнего. Дальше мы обратимся к *построению* движений у человека (очерк IV) и к последовательным *уровням построения*, управляющим у человека все более и более сложными движениями (очерк V). Мы познакомим читателей с *физиологической природой управления и двигательного навыка* и с динамикой развития навы-

ков (очерк VI). Наконец, в последнем — VII очерке подвергнем *понятие ловкости подробному, тщательному анализу* на основе всего накопленного перед этим материала, исследуем вопрос о ее упражняемости и дадим ей окончательное на сегодняшний день *развернутое определение*.

Автор старался по мере сил сделать изложение материала легким для чтения и доступным пониманию культурного школьника-старшеклассника или студента вуза. При составлении книги было обращено самое заботливое внимание на объяснение всех терминов там, где они вводятся впервые. Автор тщательно следил и за тем, чтобы основная нить изложения развертывалась с возможно большей логичностью, как это делается в геометрии. В какой мере все это удалось, вышло ли изложение достаточно занимательным и ясным — об этом скажет читатель. Но так как объективно материал не из легких и содержит в себе немалое количество фактических данных из таких областей знания, с которыми, может быть, никогда не приходилось сталкиваться читателю нефизиологу, то автор обращается к нему с настойчивой просьбой: читать эту книгу по порядку и без пропусков. При чтении вразбивку могут, естественно, возникнуть некоторые неясности и недоумения, мешающие правильному пониманию отдельных мыслей и всей книги в целом.

А теперь — в путь!

Очерк II

Об управлении движениями



ля того, чтобы разобраться в физиологической природе той двигательной способности, которую мы называем ловкостью, необходимо сперва ознакомить с тем, как совершается управление движениями в человеческом организме. Эта как будто совершенно естественная и сама собою разумеющаяся вещь — управление движениями, или, как ее называют в физиологии, *координация движений*, — при внимательном исследовании ее точными методами науки оказывается очень сложным и большим хозяйством, целой большой организацией, требующей совместного и согласованного участия очень многих физиологических устройств.

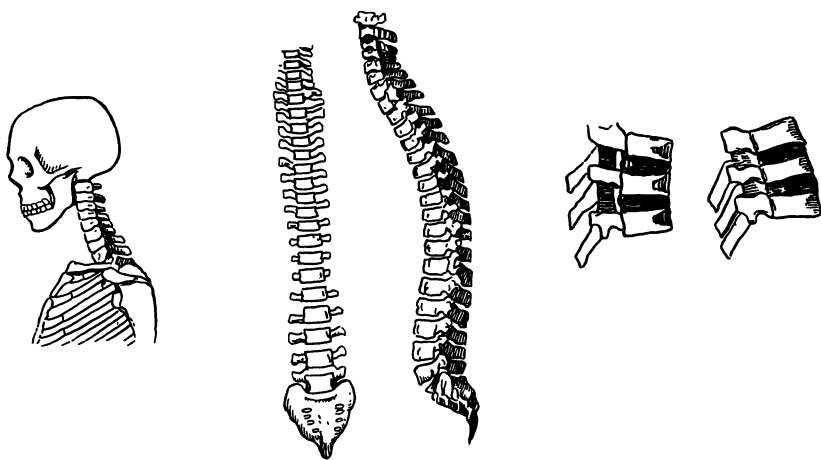
Мы увидим ниже (в очерке III), каковы были те причины, которые обусловили долгий путь развития и усложнения этой организации, и опишем, как и какими путями совершалось это развитие. А сейчас первым делом попытаемся ответить на естественно встающие вопросы: для чего нужна вся эта сложная организация? в чем трудности управления двигательным аппаратом нашего тела?

Богатство подвижности органов движения человека

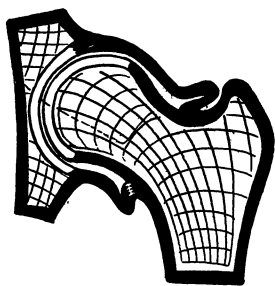
Двигательный аппарат человеческого тела, так называемая костно-суставно-мышечная система, обладает необычайно богатой подвижностью. Основное опорное сооружение всего тела — туловище с шеей, т. е., в сущности, позвоночник с его 25 межпозвоночными соединениями и мышечным оснащением, — способно к разнообразнейшим, почти змеиным изгибам, наклонам и извивам. Шея человека, правда, далеко уступает в гибкости и подвижности шеи жирафы, страуса или лебедя, но в не меньшей степени, чем у них, обладает возможностью обеспечить точность и устойчивость в смещениях и поворотах центральной наблюдательной вышке всего тела — голове с ее высококачественными телескопами — глазами и звукоулавливателями — ушными раковинами.

С туловищем соединены посредством шарниров (как известно, обладающих наибольшим разнообразием подвижности) — плечевых и тазобедренных сочленений — четыре многозвенные рычажные системы конечностей. При этом у человека шаровые подвесы верхней пары конечностей, наиболее важной для него и наиболее богатой в смысле подвижности, сами, в свою очередь, соединены с туловищем крайне подвижно, висят почти целиком на одних мышцах. Действительно, основная опорная кость руки — лопатка нигде не сочленяется с костями туловища*.

* Нельзя же считать усилением прочности ее подвеса то, что она соединена маленьким суставчиком с палочковидной ключицей, сочлененной другим концом с рукояткой грудинной кости, которая сочленена с первым ребром, соединенным с 1-м грудным позвонком!



Слева — шейная часть позвоночника; в середине — позвоночный столб человека спереди и слева (межпозвоночные хрящи не изображены); справа — взаимная подвижность позвонков



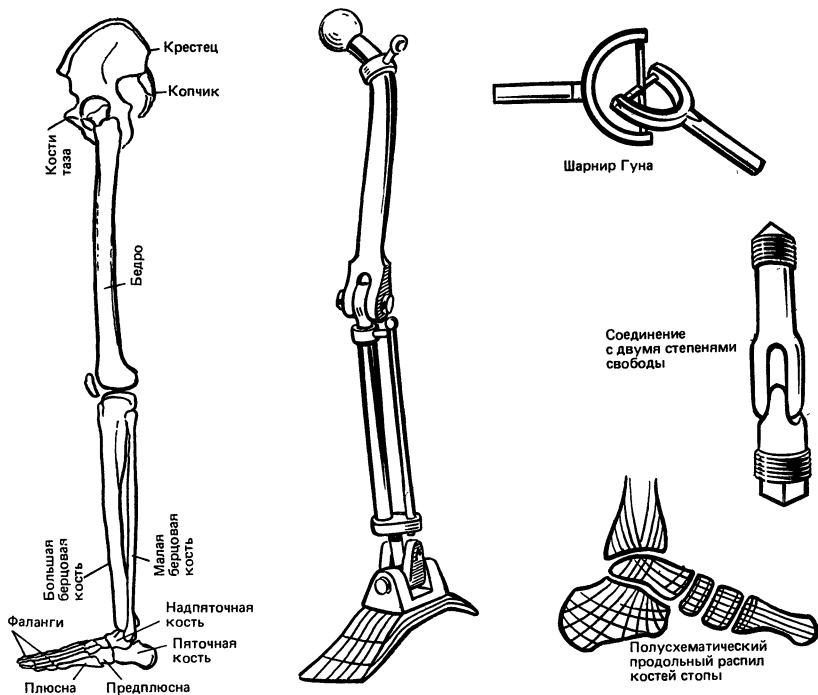
Полусхематический разрез шарового тазобедренного сустава

Если для начала обратиться к рассмотрению менее сложной нижней конечности, то после длинного и прочного рычага бедренной кости мы встречаем там колено с его обширным размахом сгибания и разгибания, рекордным для всех сочленений человеческого тела: около 140° активной подвижности и свыше 170° пассивной (например, при сгибании коленей в позе сидения на корточках)*. Коленный сустав (полусогнутый) допускает еще небольшое продольное вращение голени (на $40-60^\circ$). На конце ноги имеются два сочленения, расположенные у человека очень близко одно под другим и образующие единую голеностопную систему. Она позволяет стопе наклоняться относительно голени во все стороны так, как если бы между ними помещался известный гуковский шарнир** градусов на $45-55$ по каждому из направлений. Сама стопа у человека — упругий, многокостный свод, прекрасно приспособленный к держанию на себе половины веса всего тела, а при беге и прыжке — к противодействию давлениям, доходящим и до пяти-шестикратного значения этого веса; однако активная внутренняя подвижность ее у человека ничтожна. Но у тех животных, которых, как волка, «ноги кормят», у быстроногих, стройных пальцеходящих — коня, оленя, тигра, собаки и т. п., для которых еще нелегкий вопрос, какая из двух пар конечностей имеет большее значение в жизни, — у них стопа превращается в суставчатую цепочку сильно подвижных звеньев, содержащую, как, например, у лошади, целых четыре последовательных сочленения, активно участвующих в ходьбе и беге.

Верхние звенья руки человека мало чем отличаются по устройству от передних конечностей четвероногих. Только шаровой шарнир плечелопаточного сустава у человека гораздо подвижнее. Он допускает обширные *движения в стороны*, чего не может сделать, например, собака или лошадь. Книзу от локтя начинаются уже яркие преимущества в пользу человека. Рука человека, под руководством его мозга и в тесном сотрудничестве с ним, ввела в жизненный обиход на земле *труд*, но и труд зато внес в строение руки очень много изменений и усовершенствований. Только у человека и у самых высших обезьян имеется способность поворачивать предплечье с кистью в про-

* Активная подвижность в сочленении — подвижность за счет работы собственных мышц этого сочленения, пассивная — за счет иных (внешних) сил.

** Такие шарниры Гука или Кардана применяются, например, в автомобилях для соединения вала коробки передач, наглухо смонтированной в основании машины с зарессоренным и потому подвижным вниз и вверх мостом, несущим колеса.



Скелет левой ноги человека

Модель, воспроизводящая суставную подвижность ноги человека

дольном направлении — *пронация и супинация**, это те движения, которыми мы пользуемся, когда поворачиваем ключ в двери или заводим стенные часы. Общий размах этих движений превосходит 180° . Соединенные между предплечьем и кистью (лучезапястное сочленение) само по себе обладает двумя видами подвижности: вверх-вниз на 170° , вправо-влево на 60° . Эти два направления подвижности в сочетании с третьим направлением — *пронацией и супинацией* равносильны тому, как если бы кисть была подвешена к руке на втором шаровом шарнире, следующем за уже упоминавшимся плечевым. Как показывает точная теория сочленений, такие два последовательно смонтированных шаровых шарнира в сочетании еще с локтевым суставом (сгибание и разгибание локтя) не только обеспечивают кисти возможность принять любое положение и направление в достигаемых для нее частях пространства, но еще позволяют

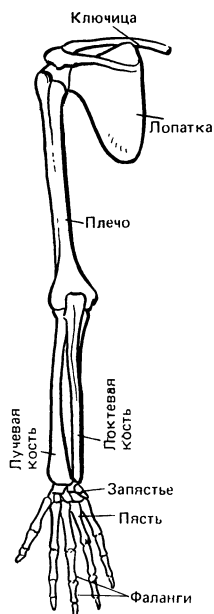
* Для того, чтобы твердо запомнить, какой из поворотов предплечья и кисти называется *супинацией* и какой *пронацией*, есть очень простое и забавное правило: поверните кисть ладонью вверх и скажите: «Несу суп». Это есть супинация. Затем опрокиньте кисть ладонью вниз и скажите: «Пролил». Это будет *пронация*. (Сообщено мне проф. А. П. Бружесом).



Мышцы передней стороны бедра. Выделена прямая мышца бедра — разгибатель колена



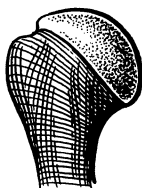
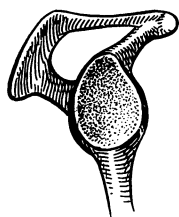
Мышцы задней стороны бедра — сгибатели бедра и колена; *B* — бицепс бедра, *C* — полусухожильная мышца



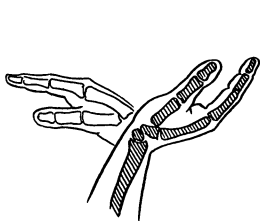
Скелет левой руки человека сзади

сделать это при самых разнообразных положениях промежуточных звеньев — плеча и предплечья. Крепко обхватите кистью любую неподвижную рукоять или любой выступ. Вы убедитесь, что такому обхвату доступны предметы любой формы, направления или расположения, и при этом еще у вас при неподвижных туловище и лопатке останется возможность двигать локтем, т. е. смещать плечо и предплечье.

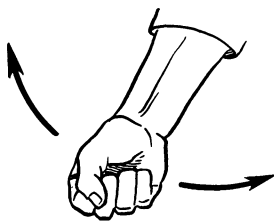
Скелет самой кисти представляет собой целую тонкую мозаику из 27 косточек (не считая еще непостоянных, совсем мелких костных вкраплений). Часто задают недоуменный вопрос: для чего нужны 12 подвижных сочлененных между собой мелких запястных и пястных костей, если они все вращены в сплошную толщу ладони, так что разделение между пальцами начинается только с середины основных фаланг? Однако каждый, кому хоть раз



Суставные поверхности шарового лопаточно-плечевого сустава: слева — на лопатке, справа — на плечевой кости

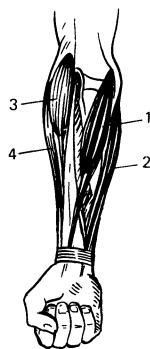
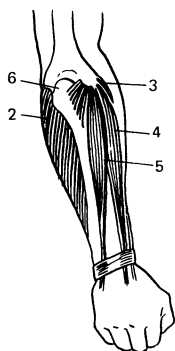


Пределы сгибания-разгибания кисти

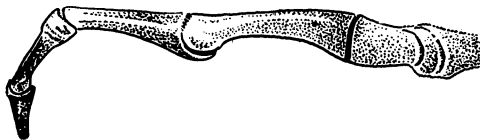


Отведение-приведение кисти

случалось пожать руку человеку со сведенной параличом кистью, воздержится от такого вопроса: он навсегда запомнит разницу между той жесткой искривленной дощечкой, к которой он прикоснется, и податливыми и гибкими кистями, какие он знает по рукопожатиям здоровых людей и по самому себе. Благодаря возможности для большого пальца противопоставляться каждому из остальных (так называемая *оппозиция* большого пальца), имеющейся из млекопитающих только у человека и обезьян, *кисть является органом для обхватывания и прочного держания*, и нет такой формы ручки или петли, к которой она не сумела бы автоматически приспособиться с величайшей, почти восковой, пластичностью. Пальцы кисти одни, помимо ее прочих частей, обладают 15 сочленениями, и если считать по отдельным направлениям подвижности (так называемым *степеням свободы*), то на долю пальцев одной руки их придется 20, понимая под каждым из направлений активную подвижность как туда, так и обратно. В целесообразных приспособительных движениях пальцев, в их быстроте, точности, ловкости человек в неизмеримое количество раз превосходит наиболее высокоразвитых животных — сороди-



Мышцы предплечья, движущие кисть руки в запястье: 1—2 — лучевой и локтевой сгибатели кисти; 3—4 — лучевой, 5 — локтевой разгибатели кисти; 6 — малая локтевая мышца



Пястная и фаланговые кости среднего пальца

чей. А та только что перед этим обрисованная гибкая и богатая установочная подвижность, которая присуща кисти — основанию пальцев, делает человеческую руку гениальным инструментом, вполне достойным мозга ее обладателя.

О движении языка и глаз

Остается ли еще что-нибудь достойное внимания по части подвижности после сделанного нами беглого очерка туловища, шеи и конечностей? У быстро и ловко бегающих или прыгающих животных — лисы, гончей собаки, белки, кенгуру — не мешало бы упомянуть еще о важном для них орудии — хвосте. Но насчет человека ответ не приходит на ум сразу. Между тем на голове человека мы имеем по меньшей мере два устройства, не менее поражающих богатством и точностью их подвижности, чем кисть с пальцами. Окинем и их взглядом.

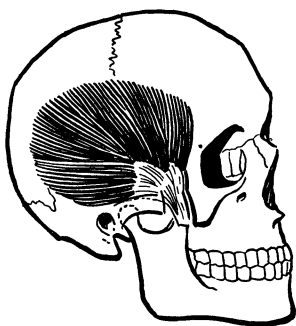
Пройдем мимо нижнечелюстной кости с ее жевательной, сильной и выносливой, мускулатурной — представителем костно-суставно-мышечного аппарата в области головы. Бесконечно больший интерес представляет, прежде всего, *языкоглоточный речевой аппарат*. Язык, в сущности, один сплошной комок поперечнополосатых мышечных пучков*, пронизанный ими по всем направлениям. Подвижность его огромна даже у животных, весь «словарь» которых состоит из какого-нибудь одного «му», «мэ» или «мяу». Этот даже не словарь, а скорее «кричарь» (да простится нам это словотворчество!) совершенно ступенчатся перед богатством речевых звучаний, доступных человеку и воспроизводимых с величайшей (совершенно бессознательной) быстротой и точностью язычной и глоточной мускулатурой в *процессе речи*. Тонкое и совершенно своеобразное управление этими мягкотелыми органами, которое потребовалось для человеческой речи, вызвало к жизни даже особый, специализированный участок мозговой коры в левом полушарии мозга человека, о чем будет еще речь ниже. При ранениях этого так называемого

* В телах позвоночных, как будет подробнее рассказано в очерке III, имеются два вида мышечной ткани: 1) гладкие мышцы, находящиеся в стенках внутренних органов и кровеносных сосудов, — очень медленные и маломощные и 2) поперечнополосатые мышцы, образующие всю произвольную скелетную мускулатуру, а также мускулатуру сердца, — быстрые, мощные и объемистые.

поля Брока или при кровоизлияниях в его области человек утрачивает возможность речи, хотя произвольная подвижность языка и глотки ни в чем не страдает. Заметим к слову, что у «говорящих» птиц — попугаев, скворцов и т. п. — никаких следов подобного речевого участка в мозгу нет.

Другой замечательный своею подвижностью аппарат, о всей сложности и жизненной важности движений которого многие имеют очень слабое понятие, — это *глаза*, пара «яблок», образующие в своей совокупности единый орган зрения. Зрительный аппарат человека содержит:

- 1) шесть пар мышц, обеспечивающих всевозможные согласованные повороты глаз при следовании взором за предметом;
- 2) две пары мышц, управляющих «объективами» глаз — хрусталиками: для фотолюбителей будет яснее, если сказать, что эти две пары мышц осуществляют наводку глаз на фокус;
- 3) две пары совсем тонких и нежных мышц, ведающих расширением и сужением зрачков; опять-таки обращаясь к языку, понятному фотолюбителям, — диафрагмированием глазных объективов в зависимости от большей или меньшей яркости освещения;
- и 4) две пары мышц, открывающих и закрывающих веки. Эти двадцать четыре мышцы работают в точнейшем взаимном согласовании с раннего утра до позднего вечера, работают, заметим, совершенно бессознательно и на три четверти произвольно. Третья часть всех этих мышц (пункты 2 и 3 нашего перечня) вообще недоступна для произвольного вмешательства в их работу. Легко представить себе, что если бы управление этими двумя дюжинами мышц требовало произвольного внимания, какого требует, например, работа наблюдателя с какими-нибудь приборами, нуждающимися в постоянной подстройке и установке, то на это понадобилось бы столько труда, что лишило бы нас всякой возможности произвольных движений другими органами тела. На минуту представим себе человека, который, с жаром изливая свои чувства обожаемой им красавице, должен был бы все время заботиться о движениях своих глаз, хотя бы для того, чтобы в самом пылу своих объяснений не потерять ее из виду или не увидеть вдруг вместо ее прекрасного лица расплывчатое пятно. А если вспомнить еще, какое значение имеют для оценки расстояний до видимых предметов правильные движения глазных яблок, то обнаружится, что нашему страдальцу нужно было бы все напряжение его внимания, чтобы, жестикулируя, не задеть предмет своего обожания по лицу или не поцеловать вместо протягиваемой ему руки рукоятку зонтика.



Височная жевательная
мышца

Содружественная работа (как говорят в физиологии, *синергия*) всей глазной мускулатуры выполняет очень сложную и ответственную нагрузку. По меткому и глубокому замечанию отца русской физиологии И. М. Сеченова, мы *не просто видим* нашими глазами — мы ими *смотрим*. Действительно, весь акт зрения от начала до конца *активен*: мы находим глазами интересующий нас предмет и следим за ним, приводя его изображение в самую чувствительную и зоркую точку глазной сетчатки; мы оцениваем по ощущениям напряжения в глазодвигательных мышцах расстояние, отделяющее нас от этого предмета; мы обводим его взором, ощупываем нашим взглядом, как будто бы и в самом деле из наших глаз к нему протягивались какие-то неведомые щупальцы (приписывавшиеся глазу учеными древности).

В процессе «смотрения» наши глаза: 1) движутся по любому направлению следом за движущимся предметом; 2) движутся при этом точно согласованно, то строго параллельно, то сводясь в той или иной степени; 3) намеренно сводятся для устранения «двоения» изображения в глазах и для оценки расстояния до предмета (так называемое стереоскопическое зрение); 4) одновременно регулируют «наводку на фокус» хрусталиков; 5) при этом все время управляют шириною просвета зрачка, отмеряя для нервных элементов глазного дна точно такое количество света, какое им нужно для наиболее ясного видения; 6) наконец, как уже упоминалось, сами активно обходят и ощупывают взглядом предметы, водят взором вдоль строчек читаемой книги и т. д. Все эти движения совершаются одновременно и дружно, не сбивая друг друга, совершаются совершенно автоматически, но отнюдь не машинообразно, по какому-нибудь неизменному шаблону, а с чрезвычайно большой и ловкой приспособительностью.

Основные трудности управления движениями

В итоге беглого обзора подвижных устройств нашего тела мы по одним только конечностям и приборам головы имеем числа, уже близкие к *сотням* направлений и видов подвижности (степеней свободы), а если еще прибавить сюда шею и туловище с их змеевидной изгибаемостью — итог получается огромный. Перед читателем начинает уже, видимо, вырисовываться сложность управления сооружением с такой многообразной подвижностью; однако он, по всей вероятности, еще не чувствует, в чем состоит главная трудность. Просмотрим же по порядку все затруднения и постараемся выделить среди них самые главные.

Если учесть, что движения в очень многих суставах и подвижных органах совершаются совместно, в одно и то же время, а для таких целостных действий, как смотрение, ходьба и бег,

метание и т. п., обязаны протекать совместно в виде стройных и дружных *синергий*, то одна из трудностей уже сразу встает перед нами во весь рост. Какое огромное распределение внимания потребовалось бы, если бы все эти элементы сложного движения должны были управляться сознательно, с обращением внимания на каждый из них! При некоторых видах ранений головного мозга, после операций вырезания мозговых опухолей из определенных областей мозга и т. п. встречаются случаи потери способности произвольно управлять сложными движениями. Такие больные почти неподвижны: самые простые движения, вроде поднятия руки вверх, требуют от них огромного напряжения внимания и воли. Каждый из нас, подняв по приказанию руку, затем тотчас произвольно опустит ее обратно, как нечто само собой разумеющееся. У больного описываемого рода поднятая рука застывает в воздухе, ему нужно заметить это и послать руке специальный «приказ» (как они часто выражаются), чтобы заставить ее опуститься. В физиологии бывало неоднократно, что какое-нибудь из сложных самодействующих устройств нашего тела, облегчающих нам жизнь, а подчас абсолютно необходимых, просто не замечалось, воспринималось как что-то разумеющееся само собой, пока не попадался на глаза болезненный случай, при котором это устройство выходило из строя. Вот тут-то и вскрывалась впервые со всей яркостью незаметная, но великая польза, приносимая этим устройством в здоровой норме. Так было с описываемой задачей — распределять внимание между десятками и сотнями видов подвижности и стройно согласовывать все их между собою.

Такова первая трудность управления двигательным аппаратом нашего тела. Однако эта трудность — далеко не главная.

Вторая, более серьезная трудность замечается не сразу. Она станет яснее, если мы обратимся от тела человека к искусственным машинам, созданным его рукой. Существует немало машин, имеющих очень разнообразную и разностороннюю подвижность (например, катающийся подъемный кран «Деррик» с наклоняющейся и вращающейся стрелой; завалочная машина у печей сталепрокатных цехов; клавишные машины вроде рояля или пишущей машинки). Но около всех таких машин находится человек, который своими движениями непрерывно управляет каждым видом их подвижности по отдельности с помощью особого рычага или клавиши. Таким образом, в машинах указанного типа мы имеем дело, в сущности, с объединениями многих простых машин в каждой. Движения каждого из этих составляющих простых механизмов — одной клавиши пишущей машинки с подключенным к ней буквенным рычажком или одного из шарниров стрелы подъемного крана — очень просты и, главное, однообразны; удивительны в работе описываемых машин разве только то искусство и та ловкость, которые проявляются в действиях машиниста, в его умении совершать много правильных

и точных движений в одно время. Так от машин мы снова вернулись к человеку, к его замечательной способности совместных согласованных телодвижений по всем степеням свободы. Обратимся же для дальнейших сравнений к автоматическим машинам; которые работают без непрерывного управления человеком.

И вот в мире таких машин мы сталкиваемся с поразительным обстоятельством. Современная техника создала машины огромной сложности, способные совершенно самостоятельно, без участия человека, выполнять самые разнообразные и не простые работы. Большая газетопечатная типографская машина изготавливает 50 000—100 000 экземпляров газеты в час, печатая сразу с обеих сторон листа, в две краски, складывая оттиски и, если надо, сшивая их в тетрадки. Такая машина имеет размеры двухэтажного дома и содержит в себе десятки валов и валиков и многие сотни рычажков и шестерен. Большой многоцилиндровый нефтяной двигатель «дизель» — другой образец гигантской могучей машины с сотнями подвижных частей, стержней и зубчатых колес. Среди машин-автоматов есть агрегаты, самостоятельно проявляющие, высушивающие и печатающие только что заснятую киноплёнку, изготавливающие бутылки, винты, папиросы, ткущие сложноузорные ковры и т. д.

И самое поразительное, что эти огромные автоматы при всей их сложности и изобилии подвижных частей все имеют *по одной-единственной степени свободы*, т. е. обладают тем, что в технике называют *вынужденным движением*. Это значит, что каждая движущаяся точка в этих машинах, каждая деталь рычага, тяги или колеса движется все время по одному и тому же строго определенному пути. Форма этого пути может быть очень разнообразной: у одних точек (или деталей) круговой, у других прямолинейной, у третьих овальной и т. д., но с этого единственного пути движущаяся точка не сходит никогда. Таким образом, машины, невероятно сложные по виду и устройству, в смысле своей *подвижности* принадлежат к числу самых простых систем, какие только могут существовать. Машины-автоматы, в которых подвижность какой-нибудь части исчислялась бы двумя степенями свободы, можно буквально сосчитать по пальцам (к таким машинам относятся, например, центробежные регуляторы у паровых двигателей). А дальше двух степеней свободы никогда еще не заходило ни одно искусственное устройство.

Что такое две и три степени свободы?

Эту странную на первый взгляд конструкторскую робость вовсе не так трудно объяснить. У машин с вынужденным движением всех их частей, как уже сказано, каждая точка их механизмов движется по одному неизменному пути или траектории.

Если бы какая-нибудь часть такой машины получила вместо одной *две степени свободы*, это совсем не значило бы, что на ее долю достались вместо одного два или даже несколько возможных путей — траекторий. Нет, это означало бы, что эта часть машины получила возможность «разгуливать» *по какой-то поверхности*: по куску плоскости, поверхности шара и т. п.; при этом именно двигаться любым образом, по любым путям и дорожкам, лишь бы только эти пути нигде не выходили из той плоскости или поверхности, в которой они пролегают. Если я возьму перо и стану водить им по поверхности листа бумаги, то, какие бы фигуры ни вздумалось мне им изображать, я нигде не превышу своих возможностей по части дозволенных кончику пера двух степеней свободы, пока буду водить его без отрыва от бумаги. Этот переход от одной степени свободы к двум означает, таким образом, огромный качественный скачок от одной-единственной, точно определенной дорожки-траектории к *бесконечному* и вполне произвольному *разнообразию* таких дорожек. Кисть имеет по отношению к предплечью две степени свободы. Закрепите неподвижно в пространстве правое предплечье. Например, прочно положив его на стол, придайте затем кисти неизменяемую форму указывающей руки с вытянутым пальцем, как ее рисуют на объявлениях и указателях дороги, и испытайте на себе, какое неограниченно большое число фигур возможно при этих условиях изобразить в воздухе вытянутым пальцем.

Три степени свободы вместо двух дают еще больше, хотя на этот раз уже не происходит такого огромного качественного скачка, как при переходе от одной к двум степеням свободы. Точка тела или машины, обладающая тремя степенями свободы, может перемещаться каким угодно образом в некотором, большем или меньшем, *куске пространства* (такова, например, подвижность кончика указательного пальца ничем не закрепленной руки). Для пояснения надо сказать, что совершенно ничем не связанная точка, например вольно порхающая в воздухе снежинка, не может по законам геометрии иметь больше трех степеней свободы подвижности. Три степени означают для вещественной точки абсолютную свободу передвижения внутри того куска пространства, до границ которого она в состоянии достигнуть.

Вот это-то мало известное широкому кругу читателей обстоятельство, закладывающее такую пропасть между вынужденным, одностепенным движением, с одной стороны, и подвижностью по двум или более степеням свободы, с другой, и дает объяснение тому, почему техники так всемерно избегают всего выходящего из рамок вынужденного движения. Две степени свободы подвижности вместо одной означают уже то, что подвижная точка или часть движущейся системы получает *свободу выбора* любой из бесчисленного множества доступных траекторий. Человек может в этих условиях *выбирать* между разными траекториями и сумеет обосновать свой выбор той или другой,

наиболее подходящей к данному случаю среди всего их беспредельного множества. А как заставить выбирать машину? Очень важно для дальнейшего отметить уже сейчас, что существуют и день ото дня увеличиваются в количестве машины, способные *автоматически совершать выбор* (это, например, всевозможные виды сортировочных и браковочных машин). Чтобы далеко не ходить за примерами, напомним, что внутри каждого телефона-автомата заключена небольшая машина, делающая быстрый и очень чуткий отбор между годными и фальшивыми гри-венниками.

Для нас важно сейчас, во-первых, то, что все машины этого рода имеют в себе своего рода орган чувств, показания которого и приводят их к выполнению выбора. Есть, например, машины, которые автоматически сортируют сигары по цвету; у таких автоматов органом чувств служит фотоэлемент, тонко различающий оттенки коричневых тонов. Во-вторых, за редчайшими исключениями, такие машины способны делать выбор *только между несколькими* четко раздельными разновидностями: монета легче или тяжелее нормы, сигара темнее или светлее образца и т. п. Это, следовательно, все еще не случай хотя бы двух степеней свободы, дающих уже бесконечно большое разнообразие для выбора. Есть одна поистине удивительная машина, называемая жиропилотом или автоматом-рулевым. Эта машина монтируется на больших судах и представляет собой соединение мощного и точного компаса (волчкового, так называемого жирокompаса) и передачи к сильным машинам, переводящим руль. В жиропилоте органом чувств является, конечно, его компас, и корабль, имеющий две степени свободы передвижений на поверхности моря, автоматически направляется по одному совершенно определенному пути — по заданному ему компасному курсу. Этот единственный, какой мне удалось найти, пример машины, производящей *непрерывный выбор* пути среди настоящих двух степеней свободы, очень интересен, так как он ясно показывает, что выбор пути в подобных условиях может происходить только на основе неусыпной слежки за ходом движения со стороны бдительного «органа чувств». Он же отчетливо вскрывает перед нами и вторую трудность управления двигателным аппаратом нашего тела, к которой мы теперь вплотную и переходим.

Как преодолеваются избыточные степени свободы?

Если уж передоверить машине-автомату всего какие-нибудь две скромные степени свободы оказалось возможным только в расцвете техники XX века, в эпоху овладения летанием, телевидением и внутриатомной энергией, да и то всего в одной-двух конструкциях, значит, это дело отнюдь не простое. Но ведь в теле

человека и животных суставы о двух степенях свободы принадлежат к числу сравнительно бедных. Весь наш предыдущий краткий обзор показал, с какой безмерною щедростью организм рассыпает по всем своим членам десятки и чуть ли не сотни степеней свободы подвижности. Мы уже установили, что даже в случае всего двух степеней свободы выбор той или иной определенной траектории возможен только на основе бдительного управления движением через органы чувств. Очевидно, что те необозримо богатые средства подвижности, которыми располагает наше тело и необъятность которых мы лишь теперь начинаем расценивать как следует, только в том случае и смогут правильно обслуживать наши потребности и не приводить к полной двигательной анархии, если каждая из степеней свободы будет оседлана и обуздана определенным видом чувствительности, который будет вести за нею ответственную слежку. Трудность управления, которую мы обозначили номером первым и которая создается необходимостью распределять внимание между десятками подвижных шарниров, — эта трудность полностью ступеньвается перед трудностью номер два: *трудностью преодоления огромного, непомерного избытка степеней свободы*, которыми насыщено наше тело.

И для этой трудности, как и для первой, мы находим очень выразительную иллюстрацию среди болезненных нарушений. Мы уже говорили, что многие, иногда сложнейшие, физиологические устройства здоровых организмов проходили для науки незамеченными, пока не попадались на глаза случаи, в которых это устройство выбывало из строя. Таково уж порочное устройство нашего мыслительного аппарата: тут только обнаруживалось, как данное устройство важно в норме и какие огромные нарушения вызываются его аварией.

Существует одна тяжелая форма заболевания спинного мозга на сифилитической почве. При ней перерождаются и перестают действовать те нервные проводящие пути спинного мозга, по которым передаются *ощущения суставно-мышечного чувства*. При этом заболевании, называемом спинной сухоткой или табесом, теряется присущая всем здоровым людям способность ощущать при закрытых глазах, в каком положении находится или куда движется та или иная часть тела. Сядьте с закрытыми глазами, и пусть другой приведет вашу руку в то или другое положение в пространстве или просто очень легонько двигает один из ваших пальцев кверху или книзу. Вы всегда безошибочно опишете, что было сделано с вашей рукой или пальцами, а, главное, взглянувши на руку, обнаружите, что приданная ей поза в точности соответствует тому, как вы представляли ее себе при закрытых глазах. А теперь изменим условия опыта. Улучите минуту, когда вы «отсидите» или «отлежите» себе руку или ногу, и попросите проделать с вами такую же пробу, пока еще к ним не вернулась чувствительность (до начала бегания мурашек).

Вы, к своему крайнему удивлению, убедитесь, что совершенно не можете понять, где сейчас находится ваша затекшая конечность, и, открыв глаза, увидите ее совсем не там, где вы ожидали ее обнаружить.

В таком именно состоянии, но в еще более сильной степени постоянно находятся больные спинной сухоткой или табесом. Завяжем такому пациенту глаза и поднимем его руку кверху, велев ему продолжать держать ее в приданном положении. Через минуту-другую его рука, утомясь, постепенно и произвольно опустится вниз, в то время как он будет убежден, что по-прежнему держит ее поднятой высоко кверху, будет уверять вас в этом и очень удивится, когда мы снимем с его глаз повязку.

Трудно представить себе, не повидав больных описываемой болезнью, до какой степени разрушаются все их произвольные движения. Больной-табетик либо вовсе не может ходить, либо с большим трудом передвигается с опорой на две палки, и то только при открытых глазах. Зрение в какой-то мере возмещает ему те суставно-мышечные ощущения, которых он лишился, берет на себя обязанности того «органа чувств», о котором мы говорили выше, но, имея совсем другие свойства, чем мышечно-суставная чувствительность, заменяет ее худо и бедно, кое-как. В корне разрушается письмо; руки трясутся непокорной дрожью при всякой попытке что-то сделать ими; при этом чем больше старается больной напрячь и унять их, тем хуже они расплясываются. Именно на примере спинной сухотки медики впервые увидели, до какой степени не «само собой разумеющаяся» вещь управление движениями и к чему приводит имеющийся в нашем теле избыток степеней свободы, когда их нечем преодолеть. Здесь стоит, кстати, отметить, что у больных описываемого рода нет и следа каких-либо параличей; мышечная сила у них вполне сохранена, и при открытых глазах они могут по команде сделать любое элементарное движение в любом суставе. У них не утрачена ни пассивная подвижность (работа суставов), ни активная подвижность (работа мышц), а резко нарушена только *управляемость* двигательного аппарата. Кучер ранен и упал с козел, и четверка лошадей, потеряв управление, мчит куда попало карету с перепуганными путниками.

Очевидно, в той оснащенности органами чувств, которой обладает наше тело в здоровом состоянии, есть налицо достаточные гарантии против обрисованной выше трудности номер два. Зато не требуют добавочных описаний преимущества, которые создаются благодаря огромному запасу степеней свободы.

На примере инструментов, сделанных руками человека, мы можем наблюдать немало случаев, когда более подвижный из двух сходных инструментов, будучи явно более трудным для

работы, в то же время имеет очень яркие преимущества перед вторым по своей гибкости и по тонкости результатов, получаемых с его помощью. Опытный мастер всегда предпочтет инструмент с большим числом степеней свободы, т. е. с меньшим количеством направляющих перил и подпорок, которые делают работу более спокойной, но зато и сковывают.

В области спорта здесь напрашивается пример велосипеда. Двухколесный велосипед, конечно, несколько труднее для управления, чем трехколесный, но кто хоть раз попробовал езду на нем и одолел вступительную трудность, тот, наверное, уже никогда не захочет пересесть на трехколесный. Не только потому, что двухколесный легче весом, а главное, потому, что в руках опытного ездока он и поворотливее, и гибче, и, как это ни странно, устойчивее трехколесного. Другой сходный пример представляют коньки: «легкие» детские коньки с широким лезвием типа «снегурочки» и острые, более трудные для овладения ими норвежские беговые.

В области музыкальных инструментов интересно, что грубые струнные инструменты вроде балалайки имеют на своих грифах так называемые лады, помогающие новичку не фальшивить; тонкий инструмент сходного типа, скрипка, имеет совершенно гладкий гриф, но ни один уважающий себя мастер игры на скрипке не согласится играть на скрипке с ладами. Ему не нужны внешние «костыли», так как он с гораздо большей уверенностью опирается на свой *слух*, на «орган чувств», всегда и везде являющийся основным верным средством к преодолению избыточных степеней свободы.

Природа, как мы видели, шла тем же путем, избегая всяких «ладов» и «подпорок» в органах движения и щедро рукой рассыпая по ним степени свободы. *Природа не ошибается, не ошиблась она и на этот раз.*

Трудности, обусловленные упругостью мышц

Мы уже близки к достаточно полному ответу на вопрос, которым начали этот очерк: какая премудрость делает таким сложным управление этим с младенчества привычным нам двигательным аппаратом? Однако нельзя обойти молчанием еще одно осложнение (трудность номер три), создающее новые трудности для управления двигательным аппаратом нашего тела. Это — осложнение, зависящее от *упругих свойств мышц*.

В ближайшем очерке нам встретится случай рассказать в основных чертах о поперечнополосатой мышце как *двигателе*, там мы и рассмотрим более подробно ее свойства. Здесь же мы затронем их только вскользь, в той мере, в какой это необходимо для освещения стержневого вопроса всего настоящего очерка.



Направление
усилий (тяг)
в мышце

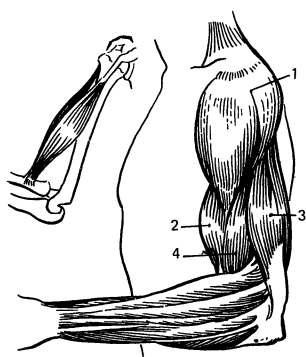
Мышцы нашего двигательного аппарата, может быть, в большей мере, чем какие бы то ни было другие образования тела, заслуживают названия ткани, присвоенного им на научном языке. Действительно, *мышечная ткань*, как и подобает ткани, вся состоит из тонких нитей (так называемых мышечных волокон); только эти нити в ней не переплетены между собой*, а лежат параллельными пучками, как хорошо расчесанные волосы. Тончайшие ниточки скелетной поперечнополосатой мышцы, не превосходящие в толщину женского волоса, упруго-растяжимы, как резиновые. Каждая из этих нитей обладает способностью *сокращаться* при действии на нее со стороны нерва, т. е. становится в течение этого действия *короче* (процентов на 20—30) и *туже*, неподатливее к растяжениям. Между отдельными мышечными волокнами есть некоторые различия, но во всяком случае они невелики, не больше, чем между разными резиновыми трубками: потолще или потоньше, потуже или послабее, и только. Из наборов сотен таких параллельно лежащих волокон и состоит все наши скелетные мышцы; каждое волокно в них — *крохотный элементарный двигатель*. Цельную крупную мышцу вроде, например, бицепса руки можно рассматривать поэтому как своего рода многоцилиндровый агрегат с параллельно включенными цилиндрами. Все вообще, чем располагает наш организм для своих активных телодвижений и для совершения работы, — это только эти своеобразно упругие сократимые нити, взятые с множителями во многие сотни и тысячи и оснащающие со всех сторон все подвижные пункты тела.

Казалось бы, не может играть особо существенной роли то, как именно устроен двигатель, приводящий в действие тот или иной механизм или станок. Если он дает ту мощность и ту быстроту, какая предписывается техническими условиями, то дальше для успешной работы механизма довольно безразлично, движет ли его нефтяной, паровой, бензиновый или электрический двигатель. Оказывается, это не так, и своеобразие мышечного волокна как универсального двигателя нашего тела настолько велико, что нельзя пройти мимо него, не приняв в расчет его важных последствий. Вся трудность использования поперечнополосатого мышечного волокна в качестве двигателя состоит в том, что он приводит кости в движение *посредством тяги* (мышечные волокна не способны толкать вследствие своей мягкости), но тяга эта *не жесткая и точная, а упругая*.

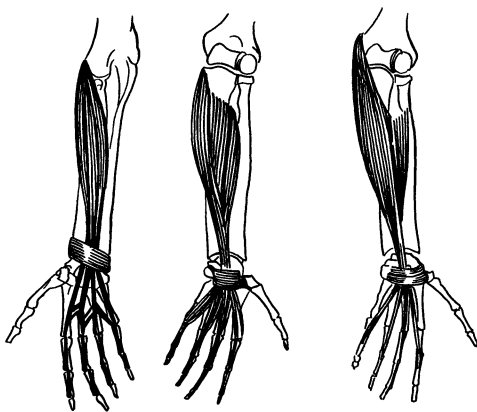
* Исключение в этом отношении составляет только мышечная ткань сердца.

То, что мышечные волокна могут работать только в одну сторону, только тянуть, но не толкать, — это еще не беда. Если снова обратиться за примерами к технике, то, скажем, в автомобильных двигателях каждый из цилиндров тоже может работать только в одном из направлений: его шатун может *толкать* колено вала под действием взрывных газов и не может *тянуть* его. В машинах этот недочет покрывается тем, что в ряд ставится по меньшей мере два цилиндра: когда один толкает, в другом шатун возвращается обратно на холостом ходу. Так же организовано и обслуживание суставов нашего тела: каждое из направлений их подвижности (то, что мы уже усвоили называть «степенями свободы») обеспечено парой мышц взаимно-противоположного действия, так называемыми *мышцами-антагонистами*. Таковы, например, сгибатель и разгибатель локтевого сустава или сгибатели и разгибатели пальцев руки. Когда одна из этих мышц тянет кость в свою сторону, вторая пассивно растягивается, чтобы затем, в свою очередь, начать двигать сустав в обратном направлении. Осложнение состоит совсем в другом: в *упругой податливости* мышечной тяги.

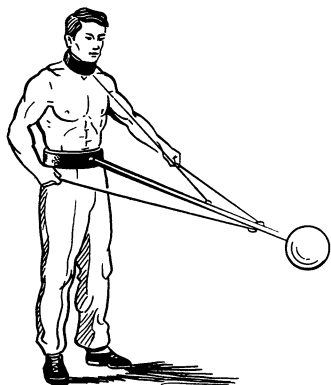
Представим себе, например, что у автомобильного двигателя шатуны его цилиндров заменены упруго сжимаемыми телами, например спиральными пружинами. Тогда движения коленчатого вала, вместо того чтобы строго и точно следовать за движениями цилиндрических поршней, окажутся зависящими от множества разнообразных причин. Идет машина под гору — пружинный шатун легко и быстро проворачивает вал и почти не сжимается при этом; идет она, напротив, в гору — и поршень, нажимая



Мышцы левого плеча: 1 — дельтовидная, 2 — бицепс плеча, 3 — трицепс плеча, 4 — внутренняя плечевая. Наверху — выделенный бицепс плеча с его двумя головками



Мышцы, движущие пальцы: Слева направо: общий разгибатель, глубокий и поверхностный



Управление движениями тяжелого шара посредством двух резиновых тяг. Рычаг подвешен к шее посредством неупругой нити для устранения влияния силы тяжести (подробности в тексте)

сверху с прежней силой, совсем не может сдвинуть с места вал, так что вся его работа уходит на сплющивание упругого шатуна. Вязкая грязь или асфальт, попутный или лобовой ветер и т. д. — все это будет передаваться через колеса коленчатому валу мотора, и этот последний будет выделять с нижними концами шатунов все, что вздумается, в то время как их верхушки будут независимо ни от чего отбивать себе такт мотора, бегая вместе с поршнями вниз и вверх. Быть может, части наших читателей будет ближе другой пример. Предположим, что в их швейной машине продольный вал, начинающийся от махового колеса и тянущийся в стволе машины влево до той коробки, в которой его вращение превращается в подъемы и опускания иголки, что этот ведущий вал заменен резиновой палкой. Пока сшиваемая ткань тонка и мягка, разница, быть может, и не почувствуется, но вот работница взялась сшивать два куска драпа или части плотного одеяла. Игла завязла в материи с первого же стежка и не идет ни вниз, ни вверх, в то время как рука продолжает крутить колесо, почти не ощутив этого. Но вот работающая заметила, что машина не шьет, и вынула из нее драп — и вдруг вал, закрутившийся перед этим на несколько оборотов, как заведенная пружина, начинается раскручиваться сам собою, и иголка движется вниз и вверх на пустом ходу, хотя рука и не вертит рукоятки. Оставим хозяйку, проколовшую себе от неожиданности палец, смазывать его йодом и проклинать неразумное устройство своей машины, и рассмотрим один совсем уже простой опыт. Пристегнем к поясу стержень с грузом на конце, как показано на рисунке. Подвесим его свободный конец на два резиновых жгута, каждый из которых возьмем в одну руку, и попробуем таким способом проделать концом стержня те или другие точные движения: например изобразить в воздухе квадрат или написать свои инициалы. Мы тотчас же обнаружим, как это трудно, как неточны движения конца стержня и как непокорно он себя ведет. Закроем в придачу глаза, и пусть

другой человек даст отзыв о том, как мы управляемся с движениями стержня без контроля зрения. Не приходится и подчеркивать, что двигательный результат получится самым плачевным, мало чем отличающимся от телодвижений больного-табетика, о котором была речь немного выше. Утешим себя тем, что зато научный результат нашего опыта оказался вполне удачным.

Как видно из сказанного и продемонстрированного на примерах, управление движениями посредством упругих тяг представляет очень большие трудности — именно потому, что при таком устройстве двигательный результат будет зависеть не только от того, как вели себя тяги, но и от множества побочных, неподвластных нам причин. Можно десять раз подряд совершенно одинаково дергать за эти тяги и при этом получить десять ни в чем не сходных между собой движений стержня. Управление подобной системой оказывается возможным *только при посредстве непрерывного контроля какого-либо «органа чувств»*, да и то сначала требует порядочной ловкости. Мы снова возвращаемся к тому же самому принципу, который в свое время позволил природе преодолевать избыток степеней свободы подвижности и даже проявить по отношению к их количеству высокую щедрость. Это — принцип контроля над движением при помощи чувствительной сигнализации: спасительный принцип, который выручает и на этот раз.

Можно, пожалуй, сказать, что рассмотренное сейчас третье осложнение, зависящее от упругой податливости тяг, по своему существу очень близко к предыдущему. Если при одинаковых потягиваниях могут в разных случаях получаться различные движения, это значит, чтодвигаемый стержень не обладает вынужденным движением, т. е. *имеет избыточные степени свободы*. Только в данном случае придется для различения обозначить эти особые степени свободы как *динамические*, зависящие уже не от свойств подвижности органа, а от особенностей его *силового обслуживания* («динамика» — учение о силах). Разумеется, если выход из положения в принципе найден, то уже не составляет большой разницы, преодолевать ли сотню *кинематических* степеней свободы («кинематика» — учение о подвижности) или приплюсовать к ним еще полсотни *динамических* степеней свободы на придачу.

Что называется координацией движений?

Теперь пора подвести основные итоги этого очерка. Мы установили, что управление двигательным аппаратом нашего тела — действительно многосложная задача, даже в наиболее упрощенном подражании едва-едва решимая для самой мощной техники нашего времени. А поняв сущность заключающейся

в ней трудности, мы можем дать и исчерпывающее определение того, что такое координация движения.

Координация и есть не что иное, как *преодоление избыточных степеней свободы наших органов движения*, т. е. *превращение их в управляемые системы*. Степени свободы, упоминаемые в этом определении, могут быть, как уже сказано, кинематические и динамические.

Нетрудно будет дать точное обозначение и тому основному принципу, который позволил природе обеспечить управляемость костно-мышечных двигательных аппаратов и которому уже в целом ряде устройств подражает по мере сил современная техника, — принципу, опирающемуся на *контролирование движений посредством органов чувств*. Однако нам будет удобнее сперва обратиться еще к одному примеру из техники, который подскажет нам и наилучшее название для рассматриваемого принципа. Мы имеем в виду *прицельную артиллерийскую стрельбу*.

Летающий пушечный снаряд принадлежит к числу тел с большим избытком степеней свободы, напоминая этим органы нашего тела. Его движение в воздухе далеко от вынужденного. На его полет влияют и колебания плотности воздуха, и ветер, и восходящие воздушные течения, и всегда возможная нестрогость в расположении его центра тяжести и т. д. Вследствие этого никакая точность предварительного расчета, никакая проработанность прицельных таблиц, основанных на опытах, не может обеспечить меткого попадания с первого же выстрела. Поэтому приходится поступать иначе.

Где-нибудь в отдалении от батареи и удобном для этого месте устраивается наблюдательный пункт, имеющий с батареей телефонную связь. Наблюдатель сообщает на батарею свои наблюдения над местом разрыва первого выпущенного снаряда, в какую сторону и насколько уклонился от намеченной цели. Командование батареи сейчас же переводит эти данные на язык того, насколько и в каком именно смысле требуется исправить наводку, и дает приказ произвести второй выстрел. За ним следует новое донесение наблюдателя (уже более благоприятное) и новое внесение поправок — то, что на языке артиллеристов называется *корректировкой** стрельбы. После вторичной корректировки прицел обычно оказывается уточненным уже настолько, что можно переходить к огню на поражение.

Пользуясь удачным термином и применяя его для вполне сходного случая, мы называем в физиологии описанный выше принцип внесения непрерывных поправок в движение на основании донесений органов чувств *принципом сенсорных коррекций*. «Сенсорный» (с латинского) в точном переводе значит «относя-

* Корректировка — слово, происходящее от того же латинского корня, что и слова «коррекция» — поправка, «корректур» — исправление ошибок набора в печатаемой книге, «корректный» — правильный и т. д.

щийся к чувствительности», «опирающийся на чувствительность». Роль артиллерийского наблюдателя-корректировщика при этом исполняется в нашем организме всевозможными органами чувств.

Из принципа сенсорных коррекций следует одна интересная вещь. Привычно и общепринято думать, что *выполнение* произвольного движения — полностью *дело двигательных систем* нашего организма: мышц — как непосредственных двигателей, двигательных нервов, передающих в мышцы приказы (импульсы) к движению от спинного и головного мозга; наконец, так называемых двигательных центров мозга, откуда исходят эти приказы-импульсы к мышцам. Оказывается, дело обстоит далеко не так, и *чувствительные системы* нашего тела загружаются при выполнении того или другого движения не в меньшей степени, нежели двигательные. По чувствительным нервам всевозможных специальностей: осязательным, зрительным, нервам мышечно-суставной чувствительности, вестибулярным нервам уха, несущим сигналы, связанные с чувством равновесия и т. д., — текут непрерывные корректировочные потоки сигналов к мозгу, уведомляющие его, так ли течет начатое движение, как оно было спланировано, и в каком смысле требуются поправки. Каждая мышца, сокращаясь по ходу движения, раздражает этим какой-нибудь из чувствительных аппаратов, который немедленно сигнализирует об этом мозгу. Каждый залп двигательных импульсов, прибывающих *из мозга* в мышцу, оказывается прямой причиной нового залпа импульсов, текущих уже в обратную сторону — от чувствительного аппарата *в мозг*. Там этот поток чувствительных сигналов преобразуется в соответствующие *коррекции* к движению, т. е., в свою очередь, является причиной возникновения новых двигательных импульсов, исправленных и дополненных, снова мчащихся *из мозга* в нужные мышцы. Перед нами, таким образом, замкнутый *кольцевой процесс* — то, что в нервной физиологии называется *рефлекторным кольцом*. Разрыв такого кольца в любом месте приводит к полному распаду движения, как это подтверждает богатый материал заболеваний нервной системы.

Несколько кратких примеров с убедительностью покажут нам, как совершается эта *сенсорная коррекция движения* и к каким результатам она приводит. Возьмите перо и сделайте скорописью ряд движений по бумаге, выписывая безостановочно ряда букв *шшшш* — сперва с открытыми, затем с закрытыми глазами. Вы не обнаружите почти никакой разницы. Теперь сделайте такой же опыт, но с написанием какого-нибудь слова, например «координация». Опыт снова удастся, но уже менее благополучно. Дальше напишите это же самое слово, но уже печатными буквами — опять первый раз при открытых, второй при закрытых глазах. Наконец, изобразите два кружка рядом, после чего в каждом поставьте по прямому кресту их диамет-

ров; и это действие повторите затем при закрытых глазах. Я подобрал эту цепочку заданий так, что каждое последующее заведомо будет выходить все хуже и хуже после выключения зрительной коррекции, а последнее из заданий наверняка приведет к полному провалу, если только вы не обладаете исключительной двигательной одаренностью или не упражнялись тщательно в письме и черчении при закрытых глазах. Анализ этого простого примера в том, что первое задание выполняется нами почти полностью под контролем мышечно-суставной чувствительности, не нуждаясь в коррекции зрения, а чем дальше, тем больше оказывается необходимым зрительный контроль, выключение которого сразу разрушает всю правильность движения.

Озябшими пальцами очень трудно сделать какие-нибудь точные движения: вдеть нитку в иглу, развязать узел и т. п. Дело тут вовсе не в мышцах, так как большинство мышц, управляющих пальцами, расположено на предплечьи, ближе к локтю, т. е. спрятано глубоко в рукаве шубы. Это легко подтвердить и тем, что, например, на динамометре каждый озябшими пальцами выжмет ничуть не меньше, чем теплыми. Суть нарушения — целиком в ослаблении мышечно-суставной и осозательной чувствительности кисти и пальцев.

Каждый из нас, кто привык каждый день повязывать себе галстук, знает; как сбивает это движение смотрение в зеркало, если только мы не привыкли всегда делать это перед зеркалом. Причина заключается в том, что привычная корректировка этого движения — мышечно-суставная и вмешивание зрительного контроля, непривычного, но сильного, отвлекающего на себя внимание, расстраивает налаженный навык. Перед нами, таким образом, пример, прямо противоположный первому. Там мы имели движение, распадавшееся при *выключении* зрительных коррекций, здесь, наоборот, — при их *включении*. Есть большое количество привычных действий-навыков, которые, как мы увидим в дальнейших очерках, расстраиваются от вмешательства зрения.

Мышечно-суставное чувство и его помощники

Мышечно-суставная чувствительность является, конечно, ведущей и основной в преобладающем большинстве случаев управления движениями. Вся совокупность органов этого вида чувствительности называется в физиологии *проприоцептивной системой**. Чувствительные окончания органов проприоцептивной системы рассеяны повсеместно в составе мышечных пучков, в сухожилиях и суставных сумках. Эти окончания (как их называют, *рецепторы*, т. е. «восприниматели», «приемники») сиг-

* Проприоцептивная чувствительность в переводе значит «сама себя воспринимающая» — чувствительность собственного тела.

нализируют мозгу о положениях звеньев тела, о суставных углах, о напряжениях в тех или других мышцах и т. д.

Вся эта система возглавляется органом, воспринимающим положения и движения головы в пространстве — верховным органом чувства равновесия, так называемым *вестибулярным аппаратом* или ушным лабиринтом, помещающимся в глубинах височной кости черепа (во «внутреннем ухе» каждой стороны). Вся сигнализация этой системы в совокупности дает мозгу исчерпывающие сведения как о положении всего тела в пространстве, так и о положениях и движениях каждой из его частей. Вполне понятно, что именно проприоцептивная система играет первую скрипку в деле сенсорных коррекций и что ее выключение (например, у описывавшихся выше больных-табетиков) ведет к наиболее тяжелым и трудно возместимым расстройствам координации движений.

Как можно убедиться из приводившихся примеров, описанная сейчас проприоцептивная чувствительная система отнюдь не единственная, несущая нагрузку управления сенсорными коррекциями. Наоборот, нет такого вида чувствительности (не исключая, может быть, даже и уединенного и безвыходного жителя рта — чувства вкуса), который не оказывался бы в тех или других случаях и типах движений нагруженным «проприоцептивной» службой. Центральная нервная система исходит только из целесообразности: если такие-то виды коррекций, наиболее подходящие по качеству для управления данным движением или его частью, имеются в числе средств и возможностей такого-то органа чувств, она немедленно мобилизует этот орган для сенсорных коррекций по этому движению. Таким образом, все виды чувствительности бывают (в различных случаях и в большей или меньшей мере) в роли *проприоцепторов в широком или функциональном смысле* этого слова.

Зрение — вообще главенствующий орган чувств у человека — участвует в сенсорном управлении огромным количеством движений, по преимуществу точных и метких ручных движений, рабочих операций и т. д., метательных движений, требующих прицела (метание в цель, стрельба, футбол, теннис и т. п.).

Слух мобилизуется у человека на проприоцептивную службу в меньшей мере, но вкупе с другими видами чувствительности им руководятся музыканты, забойщики, деревообделочники, механики-мотористы, сборщики-монтажники и т. п. (мы не говорим здесь, разумеется, об исполнении услышанных словесных команд). У многих животных, например у хищников — кошачьих, у зайцев, у ночных летунов (совы, летучие мыши), слух имеет первостепенное координационное значение. То же надо сказать и об *обонянии* многих диких животных, о чутье охотничьей собаки и т. п.

Осязание соучаствует со зрением и с проприоцептивной чувствительностью в тесном смысле в большинстве точных дви-

жений тела и его частей в пространстве в огромном большинстве трудовых операций и т. д. В неразрывном тройственном союзе, образуемом перечисленными тремя качествами чувствительности, трудно бывает отыскать начало и конец и расчлнить роли их всех в коррекции сложных движений. Каждый знает, однако, как решающе важно тонкое осязание сортировщику, хирургу, скульптору, шлифовальщику, портному, наборщику и т. п. У слепых осязание с проприоцепторикой выдвигаются на самый первый план, господствуя в управлении всеми видами сильных им движений.

В следующих очерках мы покажем, как различны в зависимости от смысла двигательной задачи и от характера движения, решающего данную задачу, те сочетания видов чувствительности, которые обслуживают эти движения. В этих сочетаниях мы найдем и ключ к правильной физиологической *классификации и систематизации* движений. Но раньше нам нужно будет ознакомить читателя с тем, как произошли и как развивались движения в животном мире и у человека.

Этой истории движений и будет посвящен следующий очерк.

Очерк III

О происхождении движений

Великий конкурс жизни



ет в природе такого явления, суть которого можно понять, не вникая в то, как оно возникло. Это происходит прежде всего потому, что все на свете представляет собою строжайшую цепь причин и следствий, а самое главное — потому, что все беспрестанно изменяется, развивается и гибнет. Каждое явление окружающего нас мира имеет свою биографию, не ознакомься с которой мы не можем обсуждать это явление. Ведь и по отношению к людям — от наилучших до самых худших экземпляров человечества, — чтобы постигнуть творчество великого поэта, надо узнать историю его жизни; чтобы вынести справедливый приговор воришке, тоже нужно вникнуть в его жалкую биографию.

Все живет и изменяется. Сама звездная Вселенная, еще двести лет назад считавшаяся олицетворением вечности и неизменности, на самом деле насыщена жизнью и изменяется буквально на наших глазах. За короткое время существования астрономической науки мы успели быть свидетелями появления на свет новорожденных звезд-младенцев; мы знакомы с гигантскими красными звездами-юношами, растущими и наливающимися-



Эволюция жизни

ся блеском; на фотопластинках обсерваторий запечатлеваются звезды-старухи — рубиновые карлики, съеживающиеся и стынувшие, как отливки в литейной, отжившие уже на свете положенные им двадцать миллиардов лет. Тем более полна изменений живая природа, и в ее изменениях нам легче уловить внутренний

смысл, поскольку она ближе и родственнее нам: мы сами составляем ее часть. Мы уже знаем благодаря трудам великих основателей современной биологии и одну из важнейших побудительных пружин этих непрерывных перемен в живой природе. Мы знаем, что ее изменения — это непрерывное *развитие*, движение вперед и что это развитие совершается в условиях жестокой и безжалостной *борьбы за жизнь*. Вся история живой природы своего рода непрерывающийся конкурс между особями, желающими жить. На этом конкурсе беспощадно отбрасывается прочь все слабое, мало удачное, нежизнеспособное, но зато и все те, может быть чисто случайные поначалу, счастливые находки и «открытия» природы, которые укрепляют и усиливают их обладателя, побеждают на этом великом конкурсе мира и постепенно прививаются огромным количеством его обитателей. Мы увидим ниже, например, какой победоносный путь распространения проделали возникший в какой-то момент в природе принцип продолговатой формы тела, или поперечнополосатая мышца, или «пирамидная» двигательная система мозга и как обладатели этих биологических «нововведений» покоряли себе животных с устаревшими устройствами тела и становились на тот или иной срок господами животного мира. В непосредственно занимающей нас здесь области — *области движений* — мы сможем показать, какое значение имели некоторые из подобных «технических переворотов» для побеждающего развития того или другого класса животных и как каждое из таких усовершенствований подвигало мир животных в направлении большей двигательной приспособительности, большей слаженности, быстроты, находчивости, точности движений — короче говоря, в направлении возрастающей *двигательной ловкости*.

Для проникновения в историю животного мира мы имеем два основных источника. Первый из них — это те обветшалые обрывки подлинных документов о старинных формах жизни, которые мы находим при раскопках древних напластований Земли. Их так и называют — ископаемыми. Этот источник всего прямее и достовернее, но, к сожалению, многие органы давно вымерших организмов не могли пережить даже малой доли тех тысяч веков, которые отделяют их обладателей от нас. Как раз то, что наиболее интересно для нас — нежные органы мышечной и нервной системы, — относится к их числу. В том, что касается этих органов, мы были бы целиком обречены на догадки, если бы не помощь второго источника, к которому мы и обратимся.

Давно замечено, что чем выше развито животное, тем оно более изменчиво на протяжении веков. Высшие млекопитающие — один из самых молодых отрядов животных на Земле, но они успели чрезвычайно резко видоизменяться за немногие сотни тысяч лет своего существования — срок, как мы вскоре увидим, в масштабах истории земли очень небольшой. За этот срок из маленького копытного растом с собаку, прототиппуса,

сформировался наш друг и спутник — лошадь. Еще быстрее и резко изменилась собака. Сам человек всего несколько десятков тысячелетий назад — в ледниковые эпохи — очень сильно отличался от современного и объемом мозга, и формами лица и конечностей. А, с другой стороны, низшие организмы остаются почти неизменными на протяжении миллионов веков. Еще и сейчас существуют, например, некоторые виды моллюсков (карака-тицы) или ракообразных, почти не отличимые от ископаемых остатков из времен ранней юности Земли. Вот эти-то факты и позволяют нам с успехом заменить историю в прямом смысле тем материалом, какой дают нам *сравнительная анатомия и сравнительная физиология* животных. Действительно, во всех тех случаях, когда мы можем сличить показания обоих источников, они безукоризненно сходятся между собой и подкрепляют друг друга. Итак, обратимся к тому, что обе эти сравнительные науки могут рассказать нам *о происхождении и развитии движений на Земле*. Этому очерку предположим две сводки, которые очень помогут нам приблизиться к пониманию изучаемого предмета.

Масштаб и действующие лица

Начнем с масштаба. По счету геологов, земля существует на свете около двух миллиардов лет; жизнь на Земле, начиная от самых простейших ее форм, — около половины этого времени. Обе эти цифры ничего не говорят нашему воображению. Попробуем представить дело иначе.

Чтобы получить практически выполнимое и обозримое изображение земли — географическую карту, ее чертят с уменьшением по отношению к подлинным размерам в 10, 50, 100 миллионов раз. *Вычертим историю матери-Земли в масштабе 1 : 50 000 000*. В этом масштабе столетие почти в точности равно одной минуте. Продолжительность человеческой жизни — 40—45 секунд.

Итак, прежде всего на нашем чертеже Земле 40 «лет». На ее лице немало морщин — великих горных цепей и седин белоснежной Арктики или Антарктиды. Их, может быть, больше, чем следовало бы иметь к 40 «годам», но надо признать, что жизнь выпала ей не из легких: вся история великих геологических переворотов, смены гор и морей, вулканической деятельности и т. д. хорошо подтверждает это. В пору же зачатия первых проблесков жизни мы рисуем себе Землю на нашей карте двадцатилетней женщиной — в лучшем возрасте для деторождения.

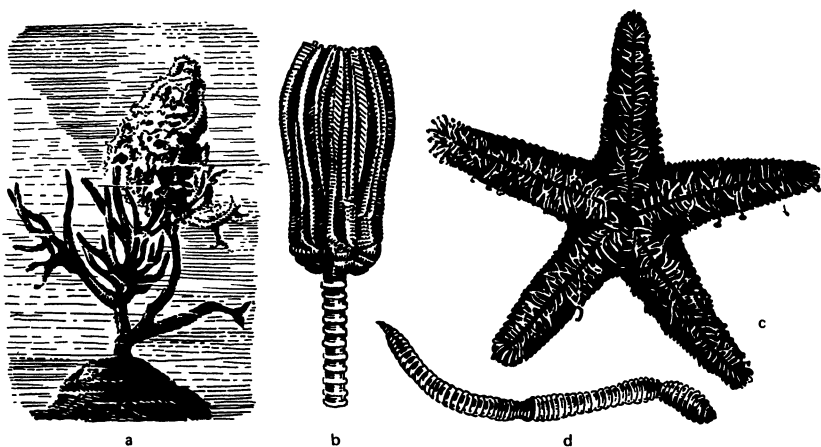
Если теперь сделать набросок последовательности развития наиболее близких к нам животных — *позвоночных* — в выбранном нами масштабе, то окажется, что древнейшие представители позвоночных — ископаемые *рыбы* — появились на Земле в середине общего срока жизни животного мира — около 10 «лет» на-



Кое-какие масштабы

зад. Два-четыре «года» назад на земном шаре господствовали *пресмыкающиеся* — гигантские ящеры, о которых еще будет речь дальше.

Самые древние из *млекопитающих* возникли не более 2—3 «лет» назад; Земля родила их уже очень пожилой женщиной, проняньчив все самое цветущее десятилетие своей жизни одних только беспозвоночных, червей и моллюсков. Высшие млекопитающие — хищные, хоботные, высокоразвитые копытные и т. п. — существуют всего едва лишь несколько «месяцев». «Недели» две назад появились высшие обезьяны. Древнейшим представителем человека, достойным этого имени, не более «недели» от роду. Как ничтожны все эти последние сроки по сравнению с общим возрастом жизни на земле! «Вчера» или «позавчера» (150 000 — 300 000 лет назад) на Земле случилась плохая погода: похолодало, обширные равнины оковались льдом, прошла волна того, что наука называет «ледниковыми периодами». И тогда же — «день» или два назад — объявился и пещерный человек древнекаменного века, сражавшийся каменными топорами и бережно хранивший в своих пещерах случайно найденный где-либо огонь. Древнейшие из исторических документов в прямом смысле этого слова — египетские и ассирийские надписи, великие пирамиды, истоки истории китайцев — создались «час»



a — губка, *b* — морская лилия (триас), *c* — морская звезда, *d* — кольчатый червь

с небольшим назад. Христианской эре — около 20 «минут», открытию Америки и возрождению наук после страшного средневекового застоя — 4—5 «минут». Наша мысль вникает в существо вещей и в историю 40 «лет» бытия Земли не более этих 5 «минут». Можно ли требовать, чтобы за этот срок она могла успеть очень уж многое сделать?

Вторая сводка, на которую мы должны будем опереться, — это табличка крупных классов, на которые наука подразделяет животное царство, от древнейших и простейших до самых высших по своему развитию животных. Перечислим эти классы по порядку, с тем чтобы далее задержаться на них более обстоятельно.

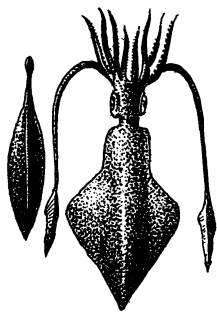
1. *Простейшие* — одноклеточные, микроскопически малые животные.

2. *Кишечнополостные* (например, коралловые полипы, голотурии, губки, морские лилии).

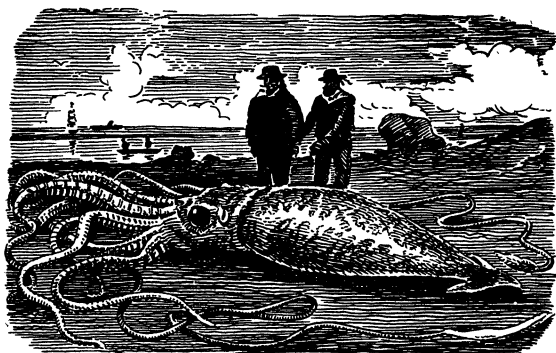
3. *Иглокожие* (например, морская звезда).



Улитка



Каракатица-кальмар



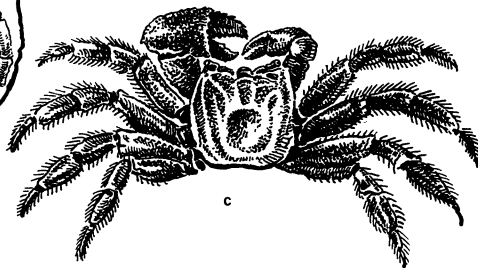
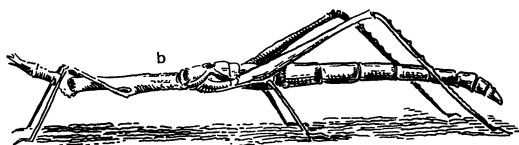
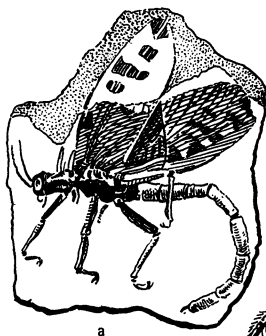
Гигантский кальмар

Классы 2-й и 3-й — округло-симметричные, малоподвижные существа.

Из класса 2-го многие ведут полностью образ жизни растений, всю жизнь произрастая на одном месте. У класса 2-го пищеварительная полость имеет еще вид мешка, и они пользуются как для питания, так и для испражнения одним и тем же отверстием. Класс 3-й имеет уже сквозной пищеварительный канал.

4. *Черви* (например, дождевой червь, пиявка, ленточная глиста).

5. *Мягкотелые, или моллюски* (например, улитка, каракатица, устрица).



a — остатки насекомого каменноугольной эпохи, *b* — насекомое — сучок (*Proscopia scabra*), *c* — краб песочный, *d* — микроскопическое насекомое (*Campodea*)

Классы 4-й и 5-й имеют продолговатую форму тела, с ротовым (головным) и хвостовым концом. Тела их обнаруживают члениковое (сегментарное) строение, особенно четко выраженное у червей. Как показывает само название мягкотелых, они лишены каких-либо скелетов, и все что есть жесткого в их теле — это только переносные домики-раковины. Медлительность их вошла в поговорку.

6. *Членистоногие* (насекомые, раки, пауки, сороконожки).

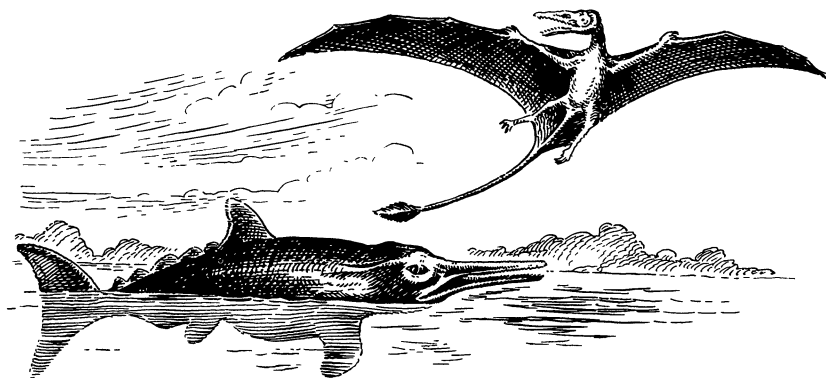
7. *Позвоночные* (рыбы, лягушки, ящерицы, птицы, звери).

Два последних класса очень резко отличаются от всех предыдущих.

Они имеют суставчатые, подвижные скелеты, настоящие конечности; они способны к быстрым и сильным движениям; наконец, одни они (если не считать только еще некоторых моллюсков) могут считаться обладателями настоящей *центральной нервной системы* — *головного мозга*.

Возникновение жизни и возбудимости

Теперь, вооруженные основной классификацией и масштабом, обратимся к самой *истории движений* в животном царстве. Попытаемся восстановить перед глазами бесконечно удаленное прошлое, как говорят, сделать его *реконструкцию*, подобно тому, как археологи воссоздают в виде макетов и рисунков древние, давно сметенные с земли города или здания. Если даже в подобной реконструкции какого-нибудь старинного храма в Перу или усыпальницы в Вавилоне больше воображения, чем документальных фактов, мы готовы простить это ученому за убедительность и правдоподобие. За нашу реконструкцию мы гораздо более спокойны: она надежно покоится на фактическом материале.



Ихтиозавр (реконструкция); вверху — летающий ящер рамфоринх на лету (реконструкция)

Пройдем мимо тех беспредельно давних времен, когда земной шар медленно стыл, окутанный тучами и налитый до краев горячим соляным бульоном океанов. В их водах повсюду бродили всяческие молекулы и их обломки, сталкиваясь между собою, соединяясь во всевозможных комбинациях и разъединяясь вновь. Молодая земная химия как будто пробовала свои силы: раньше, пока Земля еще была раскалена, какие бы то ни были химические соединения были так же невозможны на ней, как в электрической печи.

И вот где-то, в каком-то пункте великого океана Земли, может быть, даже всего один-единственный раз за все время ее существования, столкновение обломков создало длинную цепочечную молекулу, коренным образом не похожую на все, что образовывалось до этих пор. Пусть образование подобной молекулы было так же маловероятно, как то, чтобы карты тасуемой колоды сто раз подряд расположились в правильном порядке, — времени и места для перепробования разных комбинаций было достаточно*.

Эта удивительная молекула впервые на Земле оказалась более устойчивой, чем остальные молекулы. Она не только имела свойство ограждать себя от распада благодаря особым соотношениям и формам связи своих частей. Она обнаружила свойство содействовать образованию около себя *новых молекул*, во всем подобных ей самой. От одного ее присутствия другие химические обломки, содержавшие, как и она сама, углерод, кислород, водород и азот, временно соединяясь с нею, проходя сквозь ее химическое нутро, сами сцеплялись в такие же точно новые молекулы. Если бы мы жили в то время, мы, может быть, назвали бы ее «молекула-самоумножитель».

Так возникли на Земле понятия самосохранения и размножения и появилась первая *живая частица*. Раз случайно возникнув в водах юной Земли, она уже не могла исчезнуть.

Пройдем мимо бесчисленных веков, потраченных неопытной Землей на развитие одноклеточных или простейших животных (инфузорий, корненожек, парамеций), у которых единственная их клетка сама пробивала себе дорогу в жизнь, шевеля своими жгутиками или ложноножками и работая «за одну» в отношении и питания, и движения, и самосохранения, и размножения. Поворачиваем установочный винт нашей исторической подзорной тру-

* Не следует, конечно, думать, что живая белковая молекула, а тем более живая клетка, с ее сложнейшим, и по сию пору далеко не доизученным строением, могла возникнуть сразу, в результате какого-то одного исключительного случая. То возникновение молекулярной белковой цепочки, о котором сказано в тексте, представляло собой, несомненно, только один эпизод в длительной цепи событий, являвшихся последовательными ступенями роста организации живого вещества. Такими ступенями были: возникновение и постепенное усложнение содержащих азот, серу, фосфор и железо органических коллоидов («коацерватов»), образование первобытных ферментов или биологических реактивов, формирование первоначальной клеточной протоплазмы и т. д.

бы на пару миллионов столетий вперед, к многоклеточным организмам, сформировавшимся за эти 3—4 «года» нашего условного масштаба времени.

У организма, состоящего из многих тысяч клеток, эти клетки уже потому не могут остаться равными друг другу, что одни из них находятся в глубинах тела, а другие — на поверхности. Мы присутствуем при *специализации* клеток: одни, лежащие на покровах тела, приспособляются к несению *службы раздражимости и чувствительности*, другие, глубинные, — преимущественно к изменению формы, к *сократительности*, к обеспечению *первобытных движений*. Будем называть первые *рецептивными*, вторые *контрактивными* элементами тела*.

Перед нами во все еще теплых водах первобытного океана — одни только представители 2-го и 3-го классов нашей таблички (стр. 64): полурастения-полуживотные с медленными, неохотными движениями, как движения потягивающегося после сна. Повидимому, первые движения были самопроизвольными, исходившими из самых клеток-мышц: движения ни на что не нацеленные, развившиеся просто потому, что шевелившиеся особи имели лучшие шансы в борьбе за жизнь, чем совершенно неподвижные.

Каждый физиологический процесс связан с какими-нибудь химическими превращениями в клетке. Рецептивные клетки поверхности тела, приобретшие повышенную раздражимость и взявшие на себя обслуживание чувствительности, тоже выделяли из себя во время своей деятельности — во время воздействия на них внешних раздражений, толчков, тепла или холода и т. п. — какие-то химические продукты обмена веществ. Случалось так, что эти продукты, выделяясь из рецептивных клеток и блуждая вместе с общим потоком внутренностной жидкости по межтканевым щелям тела, попадали и в окрестности контрактивных, мышечных клеток. Понятно, что те особи, у которых, может быть чисто случайно, мышечные клетки оказались возбудимыми от действия проникавших в них *рецептивных веществ* (назовем их пока так), получили серьезное, почти решающее, биологическое преимущество перед другими. В то время, как эти последние были способны только на самопроизвольные шевеления, иногда бывшие просто ни к чему, а иногда бывшие и прямо невпопад, особи новой «марки» могли *реагировать* на внешние раздражения (например, поворачиваться лицом к добыче или спиной к опасности). Это новое явление на Земле — *реактивность* — по началу было огульным, неизбирательным, расплывчатым, как говорят в физиологии, диффузным. Мы и сейчас можем наблюдать у различных низших организмов подобную *диффузную*

* Рецептивный от латинского *recipere* — воспринимать (отсюда же рецепт — принятое, подлежащее приему); контрактивный от латинского *contrahere* — стягиватель — сократительный, стягивательный (отсюда же контракт — скрепляющий документ).

раздражимость и реактивность: пока не трогаешь его, он лежит смирно; прикоснешься — начинаются общие неупорядоченные движения тела, тем более значительные, чем сильнее было раздражение.

Так выявились первые в природе химические возбуждающие мышцу вещества — первобытные *посредники* между рецептивной поверхностью тела и мышцами. Эти вещества так и называются в физиологии посредниками — *медиаторами* по-латыни*, и, как увидим позже, они и по сию пору у самых высших организмов, и у вас, читатель, и у меня, играют очень существенную роль в наших движениях. Каждый раз, как мы при ходьбе, выполнении гимнастических упражнений произвольно напрягаем ту или иную мышцу, у ее нервных окончаний выделяется микроскопически малая капелька вещества, которому 500 миллионов лет.

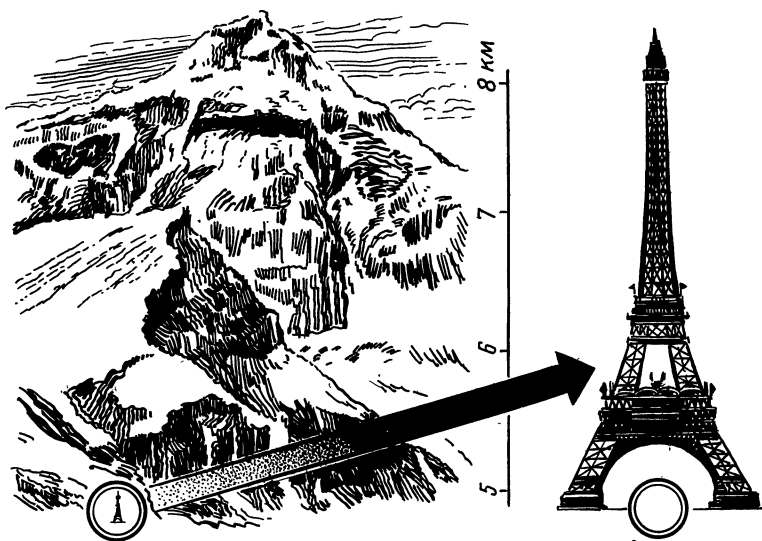
В последующих поколениях организмов начали мало-помалу обособляться каналы, специально приспособленные для доставки химических медиаторов. Однако не успели еще эти «водные пути сообщения» как следует оформиться и обеспечить хоть какую-то избирательную заадресовку медиаторов к тем или иным мышечным группам, произошло другое событие, биологическое значение которого оказалось неизмеримо большим.

Зарождение нервной системы

Каждое химическое явление имеет свой электрический «отблеск», сопровождается теми или иными колебаниями электрического потенциала. Ведь мы знаем, что само химическое сродство (например, стремление кислоты соединиться со щелочью или фосфора — с кислородом) имеет электрическую природу. В своей основе это есть общеизвестное из физики взаимное притяжение разноименных электрических зарядов. Не могли обойтись без такой электрической подкладки и явления медиаторного возбуждения. Тут и возбуждение рецептивных элементов, и действие медиатора на мышечные клетки, и само ответное сокращение этих клеток сопровождалось изначала легкими, паутинными колебаниями электрического заряда, из всей нашей современной электротехники больше всего похожими по величине на колебания зарядов в антенне радиоприемника при приеме сигналов откуда-нибудь из Новой Зеландии.

И здесь, где нам впервые по ходу рассказа встречаются *биоэлектрические явления*, т. е. проявления электричества в жизненных процессах, введем сразу удобный масштаб для ясного представления о их действительных величинах. Только в данном случае, *обратно с масштабом времени*, нам придется применить

* Лат. mediator — посредник.

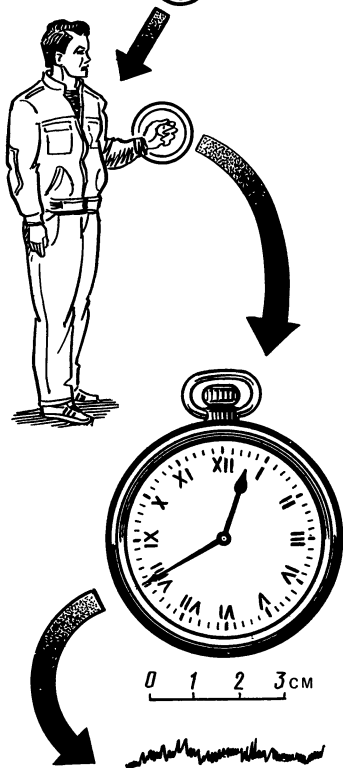


Сопоставление масштабов, создающее представление о действительных значениях электрических напряжений в нервах и мышцах. Условный масштаб 65 метров — 1 вольт. В этом масштабе Эверест соответствует 120-вольтовому напряжению осветительной сети, Эйфелева башня — напряжению сухой батарейки карманного фонаря, кривая под циферблатом карманных часов — колебаниям напряжения в передающем возбуждение нервном волокне человека

сильные *увеличения*; недаром и в лабораториях для регистрации этих явлений пользуются мощными радиоусилителями.

В предлагаемом нами масштабе один вольт изобразится высотой в 65 метров (это приблизительно высота гостиницы «Москва» в нашей столице). Напряжение сухой батарейки для карманных фонариков равно в этом масштабе высоте Эйфелевой башни в Париже, напряжение нашей 120-вольтовой осветительной сети — высоте короля гор земного шара, Эвереста.

Так вот, в этом масштабе *колебание потенциала* при работе нашей



произвольной скелетной мускулатуры равно *нескольким сантиметрам*, а колебание потенциала в мышцах тех низших животных, о которых сейчас идет речь, и в нервных клеточках головного мозга человека — не больше буквы шрифта, которым напечатана эта книга (примерно так, как оно изображено на нашем рисунке). *Биотоки*, бегущие по нашим нервам, так же относятся к напряжению, способному засветить лампочку карманного фонарика, как бугорки на озябшей, «гусиной», коже — к башне Эйфеля. Надеемся, что такие сопоставления помогут читателю что-то себе представить.

Значение этого, по началу совершенно побочного, факта огромно, и мы стараемся его объяснить. В последний раз сформулируем подробно, как именно подействовал здесь всеобщий великий принцип развития в природе — *естественный отбор* наиболее приспособленных экземпляров. В дальнейшем мы будем еще не один раз встречаться с ним в той же самой форме; вынесем его «за скобки» так, как в математике выносят за скобки общий сомножитель, относящийся в одинаковой мере ко всем последующим членам математической формулы, и будем потом ради краткости уже просто ссылаться на него.

Итак, получилось (в порядке случайных прирожденных изменений, всегда бывающих в известных пределах у различных особей), что у некоторых экземпляров их мышечные клетки оказались возбудимыми не только от прямого химического воздействия медиатора, но уже и от одного только электрического спутника последнего — от того неуловимо малого электрического колебания, которым он всегда сопровождался. Легко понять, какие большие преимущества в борьбе за существование получили эти экземпляры с «электровозбудимыми» мышцами перед своими не столь чуткими собратьями. Во-первых, волна электрического импульса* имеет гораздо большую скорость, нежели раствор, медленно сочащийся по межтканевым щелям, — значит, она дает возможность ее обладателю реагировать во много раз быстрее. Во-вторых, электрический возбуждающий импульс несет в себе хоть какие-то возможности для его заадресовки в ту или другую мышечную группу, в то время как жидкость, содержащая медиатор, обязательно омывает весь организм. Неудивительно, что вновь открытый природой электрический, так сказать — телеграфный, принцип передачи возбудительных импульсов начал энергично завоевывать себе командное положение. Особи, почему-либо обделенные им, слишком уж быстро гибли, оставляя чересчур слабое потомство, чтобы соперничать с более совершенными формами. С электрическим сигналом возбуждения, сперва только призывом к основному — химическому возбудительному процессу, а потом ставшим самостоятельным физиологическим деятелем первостепенного значения, случилось

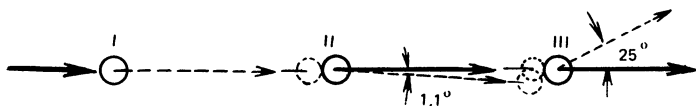
* Импульс (лат. *impulsus*) — толчок, побуждение.

нечто очень напоминающее известную и полную глубокого смысла сказку Андерсена о профессоре и его тени. В этой сказке тень профессора, оторвавшись в какой-то момент от его ног, сумела затем быстрыми шагами сделать себе большую придворную карьеру и через год пришла к своему бывшему хозяину и носителю, не столь преуспевавшему в жизни, предложить ему службу при своей особе в качестве ее собственной тени.

Вначале, несомненно, биоэлектрические импульсы распространялись по телу животного диффузно, расплываясь. Но постепенно вычленились (или, говоря биологическим языком, отдифференцировались) волокна, обнаруживавшие *лучшую проводимость* для этих *биотоков*. Такие волокна, или фибриллы, представляли собою длинные отростки клеток. В организмах вообще все ткани состоят из клеток и их придатков, и все их развитие, питание — словом, вся жизнь, зависит от клеток, являющихся, так сказать, питательными и поддерживающими жизнь *депо* для тканевых элементов. Специализировавшиеся на передаче импульсов (пора уже начать называть их *нервными импульсами*) волоконца образовали внутри организма сети, там и сям содержавшие в себе клетки для поддержания жизни этих волокон. Этим скромным сетям с раскиданными по ним одиночными, никак не специализированными клетками не могло и грезиться в то время, что когда-нибудь, в отдаленнейшем будущем, на их долю выпадет занять абсолютно главенствующее положение в организме в качестве его *центральной нервной системы*. Пока этот малозаметный вестовой-связист нес свою не слишком значительную службу по передаче сообщений от рецептивных клеток к мышечным, и никто не мог бы предсказать в ту древнюю пору, что в его ранце лежит жезл главнокомандующего. Специализация питательных клеток, передаточных, первичнонервных сетей, превращение их в настоящие нервные клетки и образование централизованных *скоплений* этих клеток, так называемых *нервных узлов*, или *ганглиев*, совершилось значительно позже.

Как ротовой конец тела стал его головным и главным концом

Теперь мы переходим к новому перевороту, к новому диалектическому скачку в истории развития движений и двигательных аппаратов. Причины этого очередного переворота выглядят более чем скромно и незначительно. Так часто бывает в природе: ничтожные на вид причины ведут подчас к огромным по значению последствиям. В этом, несомненно, отчасти таится объяснение того, почему даже очень высокоразвитой науке трудно точно предсказывать будущее, и исключения из этого правила (например, астрономия с ее предсказаниями затмений) редки и узки. Расположите на одной прямой три билиардных шара по 25 мм



Нарастание ошибки (углового отклонения) при соударении бильiardных шаров (подробности см. в тексте)

радиусом на расстоянии метра один от другого и затем ударьте первый шар так, чтобы он, стукнув «в лоб» второй шар, послал его точно так же «в лоб» третьему. Расчет показывает, что если первый шар отклонится от идеального направления на одну тысячную, или на *3,5 угловой минуты*, то второй даст ошибку уже в одну пятидесятую, или *больше градуса*, а третий отклонится от прямого направления уже на целых 25 градусов, т. е. более чем на *четверть прямого угла*. Подобное же лавинообразное нарастание последствий как будто ничтожного обстоятельства имело место и на том этапе истории движений, о котором я собираюсь теперь рассказать.

Таким маловажным на вид обстоятельством оказалось появление на Земле *продолговатых*, колбасовидных *животных форм*. Те классы животных (2-й и 3-й по нашей табличке), которые были описываемы до сих пор, имели округло-симметричные формы, с ротовым отверстием посередине. Очертания тела низших из них, кишечнополостных, менее определенны; это по сути дела, мешки с одним отверстием, что понуждает их заменять естественные отправления тела рвотой. Более продвинутые в своем развитии (сквозной пищеварительный канал) иглокожие имеют лучистое строение и кругом центрального рта обладают пятью, симметричными отростками (лучами у морских звезд, лимонообразными дольками и у морского ежа и т. д.).

На смену им начинают появляться продолговатые животные (в последующем — черви и моллюски) с пищеварительной трубкой, тянущейся во всю длину их тела, с ротовым отверстием на одном и заднепроходным — на другом конце. В ротовом конце-то и было все дело.

Ясно, что ротовой конец тела — это *активный* конец его. Он ищет питания, он первым сталкивается с добычей, первым зато — и с опасностью. Он, как правило, движется *вперед*.

По вполне понятным причинам чувствительность покровов тела на этом конце увеличивается (мы, как уже обусловлено, не будем повторять того, каким путем случайные благоприятные изменения закреплялись посредством отбора). Переднему концу тела важнее, чем какой-либо другой его точке, тонко и своевременно ощутить свойства того, с чем он соприкоснулся, к чему он подполз. Но кроме обострения древних видов чувствительности (осязательная, температурная, вкусовая, химическая), которые можно объединить под общим названием *контактной чувстви-*

тельности или чувствительности непосредственного соприкосновения, на переднем, ротовом, конце начинают развиваться качественно новые, более совершенные виды органов чувств, или *рецепторов*, как мы их уже однажды назвали. Новым рецепторам удобно присвоить, воспользовавшись широко привившейся у нас в техническом языке приставкой, имя *телерецепторов*. По аналогии этого слова с такими терминами, как *телефон*, *телеграф*, *телевидение*, *телемеханика* и т. п., легко понять его смысл: речь идет о *дальнодействующих* или *дальнобойных рецепторах*. Каждый из древних видов контактных рецепторов, видоизменяясь, породил один из высокоусовершенствованных далекодействующих. Орган химической чувствительности — вкус — дал начало химическому телерецептору — органу *обоняния*. Осязательная чувствительность переднего конца, утончаясь, обратилась в чувствительность к частым и мелким сотрясениям, или вибрациям, передаваемым издали через окружающую среду: в орган *слуха*, слышания звуков, которые и есть не что иное, как колебания, или вибрации, воды или воздуха. Наконец, температурная контактная чувствительность преобразовалась сперва в восприимчивость к лучистой теплоте, а затем и к лучистой энергии самого мощного отдела солнечного спектра — световой энергии. Отсюда, таким образом, возникло *зрение*.

Значение, какое имели для развития организмов и их движений телерецепторы, невозможно даже охватить сразу. Прежде всего, они обусловили *огромный рост объема* того мира, который был доступен восприятию животного. Контактные рецепторы открывают животному мир самое большее на несколько сантиметров во все стороны; телерецепторы расширяют его до многих сотен метров. Животное, обладающее одной только рецепторикой непосредственного соприкосновения, слепое, глухое и лишенное обоняния, не чувствует добычи, если только случайно не наткнется на нее, и не подозревает об опасности, находящейся от него на расстоянии вершка. Преимущества особи, способной обнаружить то и другое за сотню метров, настолько очевидны, что не требуют пояснений.

Отсюда проистекает вот что. Если животному приходится жить только в мире тех раздражителей, которые непосредственно соприкасаются с ним, то и его двигательные нужды более чем ограничены. Ощутит оно какую-нибудь точкой тела болезненное, неприятное раздражение — оно отодвинет непосредственно пострадавшую часть тела местным сокращением мышц, и только. Пищу оно почувствует не раньше, чем она окажется около самого рта, и когда опять-таки достаточно будет небольшой перемены позы, чтобы захватить ее в рот. Тела животных продолговатых классов построены из члеников, или сегментов, очень хорошо заметных, например, у дождевого червя или пиявки. Каждое из раздражений описываемой категории, падая на один из члеников-сегментов их тела, вызовет чисто местное смещение — в пре-

делах либо одного лишь затронутого членика, либо, самое большее, еще нескольких соседних.

Представим себе теперь животное из той же низко развитой группы, но уже наделенное телерецепторикой. Если добыча или опасность, которую оно уже способно завидеть или почуять, отстоит от него на десятки метров, то, разумеется, *все точки его тела* находятся от нее практически на одном и том же расстоянии. Какие бы то ни было местные шевеления или изменения позы в этом случае бесполезны. Необходимо устремиться *всем телом* или к замеченному предмету, если он привлекателен, или прочь от него, если вид его не сулит ничего хорошего. Следовательно, восприятия, обеспечиваемые дальнедействующей рецепторикой, обуславливают уже не члениковые, или сегментарные, телодвижения, а переместительные движения всего тела как целого в пространстве — то, что в науке о движениях называется *локомоциями**.

Нетрудно понять дальше, насколько изменяются те требования, которые новый класс движений предъявляет *к нервной системе*. Если для древних сегментарных смещений тела достаточно было чисто местных реакций, в лучшем случае вовлекавших еще два-три смежных членика, то для целостного локомоторного передвижения всего тела по пространству необходима уже *согласованная, объединенная деятельность мышц* всего организма, перемещающая его как целое в едином требуемом направлении. Значит, нужны *центры*, способные обеспечить такой совместный, согласный хор всей мускулатуры тела. Естественно, что этим центрам всего более подходит помещаться на *переднем конце*, так сказать, на капитанском мостике всего тела, там, где находятся все телерецепторы, и там, откуда наиболее открытый вид для наблюдения. Эти центры и объединяют работу всей мускулатуры тела, как говорят, *интегрируют* ее, в едином ритме и в общем смысловом содержании всего движения; эти же центры и *возглавляют* движение, т. е. берут на себя и инициативу того, когда и какое движение следует предпринять, и решения обо всех последующих изменениях в их ходе.

Нельзя умолчать еще об одном качественном сдвиге, причиной которого явились телерецепторы. Заманчивый или угрожающий предмет, завиденный на далеком расстоянии, дает животному *срок* для целой цепочки планомерных действий. То, что замечено *издали*, замечено *загодя*. При этих условиях животное может успеть спрятаться, может выбрать подходящую засаду и затаиться в ней, может развить целую более или менее сложную тактику нападения или самообороны. А это ведет (опять-таки уже описанным порядком естественного отбора) к развитию:

* К локомоциям, или перемещениям всего тела по пространству, у человека причисляются: ходьба, бег, плавание, лазание и локомоторные движения с орудиями, как ходьба на лыжах, бег на коньках и т. п.

1) зачатков *памяти*, способной удержать всю цепочку запланированных действий и не перепутать их порядок; 2) зачатков *соображения*, пригодного для изобретения подходящей цепочки действий и, наконец, 3) зачатков *ловкости*, позволяющей животному найти реальный, действенный выход из положения. И то, и другое, и третье качества предполагают уже какой-то более или менее работоспособный *мозг*.

Таким путем *ротовой конец* оказался сперва, по неминуемой логике вещей, *передним* концом тела, а затем, оснастившись в качестве переднего высокопробными телерецепторами, стал головным концом тела и, наконец, его *главным концом*. Так получилось, что *рот* создал *телерецепторы*, а эти последние — *головной мозг*.

Оборона или наступление?

Мы приближаемся к событию, имевшему исключительное значение в истории развития движений.

Мы уже видели, что в древнейшие времена, когда еще мысль не зародилась на Земле, ведущий командный пост в эволюции животных занимали как раз *движения*: для них развивались и уточняли свою работу телерецепторы, во имя их *успешности* воздвигался первобытный головной мозг. Поэтому то крупное изменение в двигательных средствах (ресурсах) животного, к описанию которого мы переходим, оказало могущественное влияние на все органы животного, на все системы его отправлений. Можно даже сказать, что вся последующая судьба высших представителей животного мира в немалой мере определилась из последствий переворота, совершившегося в ту пору.

Условия борьбы за существование, конкуренция между живыми тварями постепенно становились все жестче и злее. Жизнь уже не могла мириться с медлительными, мягкотелыми организмами, рыхлыми, как студень, и подвижными вроде часовой стрелки.

Борьба и отбор требовали новых исканий.

Как и в военной технике, тут шло чередование: то вперед выдвигался принцип пассивной обороны — принцип *бронезащиты*, то искания природы обращались к принципам активной борьбы, к усилению средств *наступательной техники*.

Сперва как будто на некоторое время возобладал первый принцип: у высших мягкотелых — моллюсков — стали возникать прочные *панцири-раковины*, в которые животное могло в случае нужды укрываться целиком. Очевидно, это помогло мало и ненадолго, так как на ближайшем следующем этапе эволюции мы наблюдаем уже ярко выраженное торжество *активного принципа* — в виде того самого события, к которому вплотную подходит теперь наше повествование. Это событие (делаем о нем по-

следнее вступительное примечание) представляет собой огромный диалектический скачок к совершенно новому оснащению двигательных аппаратов животных. Несмотря на глубокую пропасть между старыми и новыми органами движения, перекрытую этим скачком, и на полное отсутствие каких-либо переходных форм между теми и другими, этот скачок, разумеется, не был мгновенным по времени. Эволюция всегда протекает крайне медленно с точки зрения наших человеческих понятий, и, несомненно, победа новых органов потребовала не одного десятка тысячелетий*.

Тем не менее этот долгий срок потребовался не на постепенную, со всеми переходами, выработку новых двигательных органов — мы уже подчеркнули, что таких переходных форм совсем не было, — а только на то, чтобы эти новые органы, которые в какой-то момент эволюции имелись как полуслучайное изменение у двух-трех особей, сто тысяч веков спустя стали достоянием всего соответственного многомиллионного поголовья.

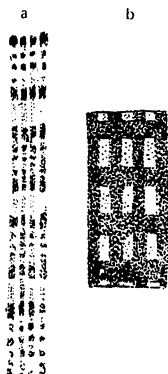
Освоение поперечнополосатой мышцы

Основой события, предreshившей весь последовавший переворот, было возникновение *поперечнополосатой мышцы* — точнее говоря, поперечнополосатого мышечного волокна, еще точнее — микроскопически малой круглой пластиночки (величиной с красное кровяное тельце, т. е. меньше одной сотой миллиметра в поперечнике). Из огромного количества таких пластиночек, нанизанных одна за другой, как бусы на нитку, состоит каждое мышечное волокно; из многих тысяч параллельно идущих волокон составлена каждая мышца нашего скелетно-двигательного аппарата. Пластиночки называются *анизотропными дисками*; сократив это название, мы будем именовать их дальше *анизоэлементами мышцы*.

Поперечнополосатая мышца (несколько ниже мы увидим, чем объясняется такое ее название) полностью решила *проблему быстроты и мощности* — того, чего так жестоко не хватало древним мягкотелым всех видов. Мышца нового типа способна сокращаться с молниеносной быстротой (вспомним хотя бы движения крыльев мухи или комара, совершаемые с частотой нескольких сотен в секунду). При этом, сокращаясь, она легко развивает высокую мощность, в тысячи раз превосходящую, при том же весе, то, что в состоянии были давать древние мышечные клетки (так называемые *гладкие мышцы*).

Очень похоже на то, что на принцип поперечнополосатой мышцы эволюция набрела случайно: об этом говорит уже упоми-

* Диалектические скачки в эволюции — это всегда обязательно скачки по качеству, но отнюдь не скачки в смысле внезапности.



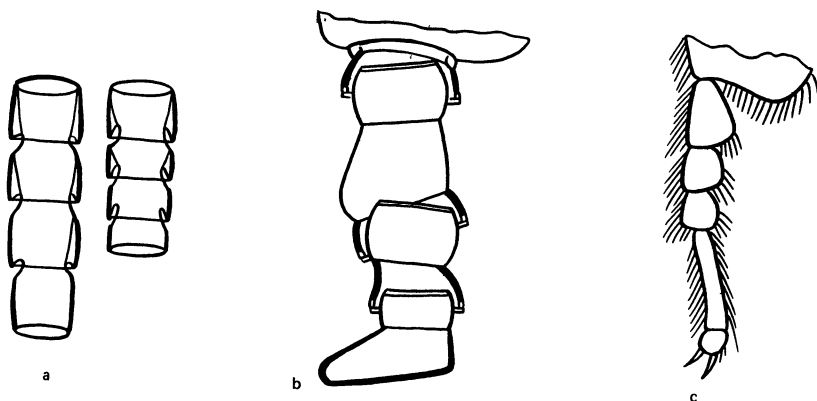
Элементы поперечнополосатого мышечного волокна под микроскопом при сильном увеличении: *а* — в растянутом, *б* — в сокращенном состоянии

навшееся нами полное отсутствие переходных или промежуточных форм, которые указывали бы на какое-либо систематическое развитие в этом направлении. Единственным исключением является поперечнополосатая *мышца сердца* позвоночных животных, несколько более древняя, чем их скелетные мышцы. Но отличия сердечной мышцы от скелетных так незначительны и, главное, все основные, принципиальные новшества, присущие поперечнополосатой мышце, уже настолько полно представлены в ней, что ее нельзя расценить как переходную форму. Очевидно, уж очень велики были биологические преимущества поперечнополосатой мышечной ткани, потому что она привилась сразу и без колебаний и победоносно распространилась на сотни тысяч видов разных животных, несмотря, как увидим ниже, на свои большие недостатки и неудобства.

Появление долгожданного быстрого и мощного двигателя пробудило очень горячую и далеко зашедшую приспособительную работу в животных организмах. Вялые и слабые «гладкие» мышечные клетки хорошо уживались с мягкими и рыхлыми телами их носителей. Не то получилось, когда на сцену появились сокращения, быстрые и могучие, как выстрел. Поместить такую мышцу в тело червя или медузы — это почти все равно, что пытаться зарядить современным артиллерийским снарядом вместо пушки колбасную кожуцу. Теперь срочно потребовались *жесткие и прочные рычажные устройства*, которые обладали бы хорошей подвижностью и вместе с тем обеспечивали бы новой мышце солидные точки приложения сил для ее мощных, резких сокращений.

Эволюционная работа по созданию таких жестких рычажных устройств протекала настолько своеобразно, что рассказать о ней хочется в виде небольшого уподобления. Мы надеемся, что после всего сказанного выше о принципах эволюции и отбора такое уподобление не сможет повести к недоразумениям, а в то же время оно способно придать изложению более образную и яркую форму.

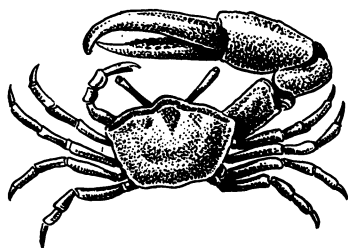
Дело пошло так, как будто бы на великом конкурсе, объявленном жизнью на наилучшее оснащение для поперечнополосатой мышцы, первую премию поделили между собой два разных проекта. Оба они по первоначальному рассмотрению как будто одинаково хорошо и остроумно решали поставленную конкурсом задачу, хотя решали ее глубоко различными между собой способами. Один из проектов шел под девизом *Arthropoda* (членистоногие), другой — под девизом *Vertebrata* (позвоночные). Оба проекта исходили из поперечнополосатой мышцы как чего-то



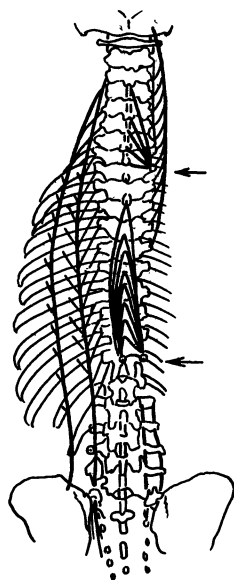
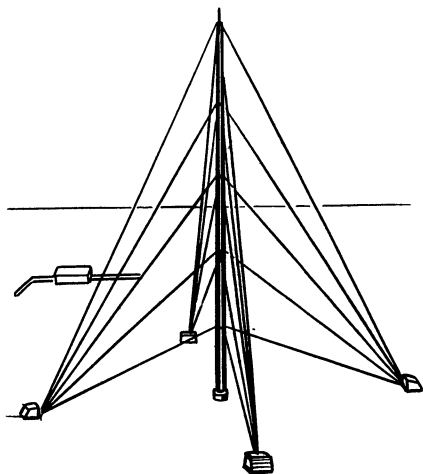
a — последовательные членики панциря членистоногого (слева — в растянутом, справа — в стянутом состоянии); *b* — схема ноги глубоководного водолазного костюма (скафандра) для сопоставления устройства ее с конечностями членистоногого (*a*), *c* — часть лапки домашней пчелы (сильно увеличено)

уже данного и оба объединяли ее с жесткими, суставчато-подвижными скелетами; то и другое входило, очевидно, в «технические условия» конкурса.

Проект под девизом *Arthropoda*, осуществившийся на сороконожках, ракообразных, пауках и на всех насекомых, состоял в применении в качестве скелетов прочных, полых внутри, *панцирей*, похожих на суставчатые рыцарские латы. Мышцы размещались *внутри* этих шарнирных панцирей, перекидываясь из одного их членика в другой и изнутри же приводя их в движение. Латы, облекавшие все тело животного (яркий пример — рак), прекрасно решали *задачу брони*, остроумно объединяя ее с задачей рычажной подвижности, требовавшейся новым мышцам. С другой стороны наружные панцирные скелеты насекомых и ракообразных прекрасно решали и *задачу устойчивости*, не нуждаясь для нее ни в какой помощи со стороны мышц. Это хорошо подтверждается простым опытом. Если осторожно усыпить насекомое или ракообразное, например поднеся к их голове ватку с эфиром или бензином, то усыпленное или даже убитое этим способом животное полностью сохраняет свою устойчивость: продолжает стоять, как и стояло. Для сравнения напомним, что усыпленное или умерщвленное с любой осторожностью позвоночное животное неминуемо падает. Таким образом, у членистоногих мышца полностью разгружена от каких бы то ни было побочных обязанностей, вроде только что упомянутых опор-



Каб-манильщик (*Gelasimus*)



Мачта с вантовыми растяжками для сравнения с оснащением позвоночника (см. рисунок справа)

Схема расположения волокон спинных мышц позвоночника по принципу вантовых растяжек (сравнить с рисунком слева). Группы волокон по типу отмеченных стрелками в действительности помещаются на уровне каждого позвонка и изображены здесь всего при двух позвонках только в целях ясности

ных, и занимается только своим основным делом, к которому она лучше всего приурочена, — *активными сокращениями*. Это кладет известный отпечаток и на ее микроскопическое строение, заметно упрощая его в подробностях сравнительно с мышцами у позвоночных.

То, что мы в нашем сделанном выше уподоблении назвали проектом под девизом *Vertebrata* и что представляет собою скелетно-мышечное *устройство позвоночных*, решает возникшую задачу принципиально другим, почти обратным путем. Жесткие звенья — *кости*, сочлененные между собою в цепочки, — помещаются у этих животных в *самой середине каждого звена тела*, по его продольной оси. *Мышцы* облегают его *снаружи*, со всех тех сторон, где они по условиям подвижности могут понадобиться. Если у суставов имеются стороны, в которые они не могут двигаться (например, локтевой сустав человека — сгибаться в стороны, а не вперед и назад), то с этих сторон вместо более дорогой и нежной мышечной ткани размещается более грубая связочно-сухожильная. Так или иначе, но каждый сустав *закреплен со всех сторон* гибкими растяжками — *мышцами или связками*, так сказать *расчленен* ими, очень похож на то, как расчаливают высокие мачты судов или радиопередаточных станций.

Такой принцип мышечного монтажа выглядит поначалу менее удобным и ясным, чем тот, который имеет место у насекомых, и загружает мышцу кроме ее прямых функций двигателя еще добавочной *опорной* (так называемой *статической*) *работой*, к которой к тому же поперечнополосатая мышца не слишком хорошо приспособлена. Зато получается явный выигрыш по части *гибкости* — и пассивной, и активной. Сравните речного рака в его неуклюжих доспехах с рыбкой или змейкой, гибкими, как их бесскелетные предшественники — мягкотелые. Вспомним, что самые древние из позвоночных, *рыбы*, первыми появившиеся на свет во времена описываемого нами «великого конкурса», в сущности, еще не имели настоящих конечностей. Эти органы выработались у позвоночных позже; в начале же их бытия на Земле они состояли почти целиком из одного позвоночного столба, несшего на себе многокостный, еще не сросшийся череп и гибкую грудную клетку. Позвоночник же, составленный из множества подвижно соединенных члеников, обеспечивал им возможность самых богатых и свободных изгибаний.

Пороки поперечнополосатой мышцы

Еще одно обстоятельство подкрепляет наше заключение о том, что принцип поперечнополосатой мышцы был найден как-то разом и почти случайно, хотя биологическая потребность в нем уже давно назрела в высшей степени. Набредя на этот принцип, жизнь как будто ухватила за него и сразу, без всяких переделок и вариантов, применила к оснащению подвижных скелетов. Дело в том, что при более внимательном рассмотрении физиологии поперечнополосатой мышцы она оказывается не таким-то удобным, а, главное, в целом ряде отношений просто мало подходящим к своему назначению органом. Очевидно, ее принцип обладал чем-то столь положительным, что жизнь на первых порах уверовала в него слепо, как будто не замечая его очень крупных недостатков; а позднее, когда они в полной мере обнаружались, точно спохватилась, что в свое время не озаботилась сформулировать как следует необходимые «технические условия» устройства и работы новой мышцы. (Мы и здесь выражаем надежду, что нам будут извинены наши образные олицетворения, которые мы снова отметим в ближайшем абзаце изложения, но которые помогут нам правильно подчеркнуть важнейшие факты и расставить, как говорится, точки над *i*). Поперечнополосатая мышца в том виде, как она вылилась из рук эволюции, оказалась кое в чем очень важным до такой степени мало отвечающей своему назначению, что пришлось поспешно и очень компромиссно искать способы для ее прилаживания. Другого двигателя все равно не находилось.

Во-первых, оказалось, что манера сокращения поперечнопо-



Столбик из чередующихся медных и серебряных монет — так выглядит под микроскопом поперечнополосатое мышечное волокно, отработанное кислотой и распадающееся послойно на так называемые диски Боумена

лосатой мышцы, точнее сказать — ее микроскопически малой активной составной частички, *анизо-элемента* (см. выше), совершенно не подходит к тому, что было бы биологически нужно. Эта манера, как показывают точнейшие записи на современных приборах, — *грубый и резкий рывок*, настолько внезапный и сходный со взрывом, что возникала прямая опасность искрошить скрепленные с такою мышцей кости. Компромисс, который выработался как мера борьбы с этой никуда не пригодной резкостью, состоял в том, что микроскопические анизо-элементы были *переслоены* такими же крохотными элементиками упругой сухожильной ткани (так называемыми *изо-элементами*). Мышечное во-

локно получило вид, похожий под микроскопом на столбик из чередующихся между собою двадцати-и трехкопеечных монет, соответствующих размещенным там по очереди анизо- и изо-элементам. Эти последние играют роль упругих буферов, или, как теперь говорят, *амортизаторов*, для яростных рывков *анизодвигателей*: они растягиваются во время рывков и затем уже более плавно и постепенно укорачиваются вновь, помогая мышце совершать ее работу. Чередование в каждом волокне анизо- и изо-элементов, обладающих разной окраской и качеством прозрачности, и придает волокну тот поперечноисчерченный вид, который обусловил название всей мышцы.

Во-вторых, анизо-элементы совершенно *не способны к длительным сокращениям*, более того — к какой бы то ни было регулировке их длительности.

Все, что способен дать анизо-элемент, — это чрезвычайно короткую вспышку напряжения и сокращения: в мышцах человека она продолжается обычно не более одной тысячной доли секунды. Хуже всего то, что после каждой сократительной вспышки анизо-элемент как-то истощается, или устает, или еще что-то с ним происходит, пока еще совершенно не объясненное физиологией, но только вслед за каждой молниеносной вспышкой анизо-элементу нужно двойное или тройное время сравнительно с продолжительностью самой вспышки, чтобы оправиться от нее и вернуть себе дееспособность. В ближайшие мгновения, следующие за вспышкой возбуждения, анизо-элемент *абсолютно не возбудим* ни для каких, хотя бы самых оглушительных, раздражений. Ничего подобного не наблюдалось с послушной и легко управляемой гладкой мышечной клеткой древнего образца.

Для того, чтобы преодолеть это неудобное свойство анизо-элементов, потребовался новый компромисс. Нервная система приладилась посылать в поперечнополосатую мышцу *целые серии импульсов возбуждения*, пулеметно мчащихся друг за другом (50—200 раз в секунду). Каждая вспышка сокращения анизо-элемента протекает все еще гораздо быстрее промежутка между двумя последовательными импульсами, но тут помогают прежде всего упругие *изопрокладки*, замедляющие в несколько раз каждое сокращение, а затем и ряд других вспомогательных приспособлений. Слиянию пулеметной дроби сокращений анизо-элементов в плавные движения помогает и *вязкость* той студенистой полужидкости (так называемой саркоплазмы), которая наполняет «капоты» мышечных волоконцев, и *упругость* сухожилий и связок, и, наконец, *инерция* самих органов движения, играющих здесь роль махового колеса.

Описанные частые ряды возбуждений (так называемые *тетанусы*, — единственный способ длительно сокращать поперечнополосатое мышечное волокно или держать его сокращенным дольше пары сотых долей секунды. Можно было бы мысленно уподобить тетаническую серию возбуждений переменному электрическому току, вполне пригодному, несмотря на его прерывистость, и для приведения в действие электрических звонков, и для очень многих значительно более важных работ. То, что и в действительности напряженная скелетная мышца гудит, как «зуммер», применяемые в радиотелеграфии (это можно услышать, приложив ухо к напряженному бицепсу товарища или просто крепко сжав зубы, чтобы над самым ухом загудела собственная височная жевательная мышца), еще не могло бы являться серьезным недостатком в ее работе. Гораздо хуже то, что при каждой очередной вспышке сокращения поперечнополосатая мышца *освобождает* какую-то порцию своей *химической энергии* и эта энергия уже больше *не может возвратиться обратно* в мышцу, все равно, используется она для механической работы или нет.

Если мышца должна не поднимать вверх груз, а только *держат* его на весу на определенной высоте, то это возможно не иначе как только посредством *тетануса*, т. е. ценою сотни сократительных вспышек каждую секунду. Каждая вспышка освобождает ровно столько же энергии, сколько было бы нужно, чтобы с большой быстротой поднимать поддерживаемый груз вверх, а так как при держании механическая работа вовсе не потребляется, то, значит, вся освобождаемая мышцей огромная мощность уходит ни на что — превращается целиком в бесполезный нагрев.

Но и это еще не все. Анизо-элементы так же мало способны к регулировке *силы* своих сокращений, как и к регулировке их длительности. Если раздражать поперечнополосатое мышечное волокно электрическим током, то нужно довести этот ток до какой-то определенной силы для того, чтобы волокно вообще могло

его почувствовать и отозваться на него. Но когда мы уже перешагнули этот порог, то дальше мы можем усиливать раздражающий ток до какой угодно величины, не выигрывая этим ни одного лишнего процента в силе ответного сокращения мышечного волокна: она все время будет оставаться той же самой. Этот закон действия поперечнополосатого волокна носит очень выразительное образное название: закон «все или ничего». Очень сходное с этим явление имеет место, например, при выстреле из винтовки. Для того, чтобы спусковой крючок соскочил, производя выстрел, нужно потянуть его не меньше, чем с некоторой определенной силой; но дальше, если мы будем дергать его все сильнее и сильнее, мы все равно не добьемся этим никакого увеличения ни в силе, ни в дальности выстрела.

Таким образом, сила того короткого рывка, которым исчерпываются все возможности анизотропного элемента и поперечнополосатого волокна, тоже не поддается регулировке, и необходим новый приспособительный компромисс, чтобы добиться в этом отношении какой-то управляемости. Каждое волоконце двигательного нерва вращено своими разветвлениями в пачку из 10—100 мышечных волокон, которые, очевидно, под действием его импульсов могут двигаться не иначе, как все разом и все одинаково. Такая пачка мышечных волокон носит название *миона**. Каждая мышца нашего тела состоит в зависимости от своей величины из нескольких десятков или сотен мионов. Способ регулировать силу ее сокращения заключается в том, что в работу включается в разных случаях разный процент составляющих ее мионов. Именно этим путем, включая и выключая мион за мионом, нервная система и умудряется достигать той замечательной плавности и тонкости в изменениях мышечных усилий, которою мы любуемся в нежной и ловкой работе сестры, бинтующей мучительную рану, или в точных, верных движениях резчика. Надо, впрочем, сказать, что центральная нервная система выработала и другой, более тонкий вспомогательный путь регулирования силы мышечных сокращений, о чем будет сказано ниже, в очерке V.

Таковы были те немалочисленные вспомогательные и поправочные приспособления, которыми обросла со всех сторон поперечнополосатая мышца, чтобы стало возможным реально использовать ее преимущества. Если вдуматься, то весь случай в целом выглядит до чрезвычайности нетипичным. Как обычное правило, отбор и весь естественный ход эволюции мало-помалу шлифуют и шлифуют вновь вырабатывающийся орган, пока он не окажется на своем месте с абсолютной точностью, как влитой. Подумаем, например, об изумительном устройстве обширной системы

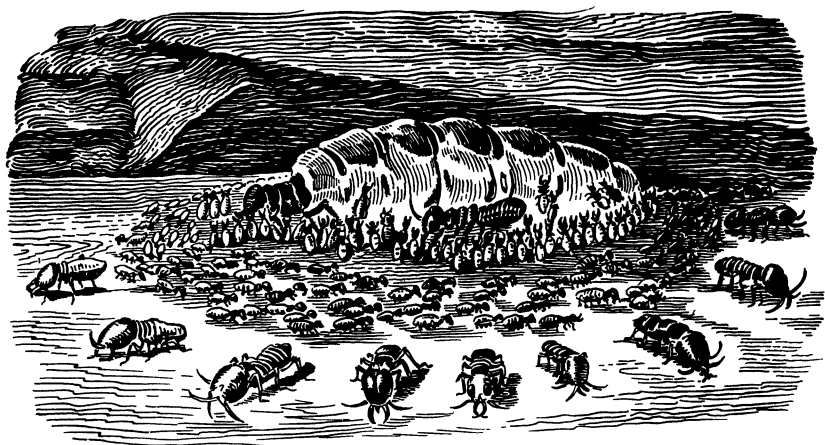
* Само волокно двигательного нерва вместе с начинающей его «пусковой» нервной клеткой в спинном мозгу называется мотоневрон; весь микроскопически малый агрегат в целом, мотоневрон + мион, обозначается нами как *мотон*.

пищеварительных желез, о замечательной (изученной до тонкости нашим великим соотечественником И. П. Павловым) приспособленности их к перевариванию самой разнообразной пищи. Вспомним о необычайно тонком и полном остроумия аппарате, с помощью которого регулируется давление крови в сосудах: о так называемых синусах недавно открытых чувствительных приборчиках, помещающихся в аорте, близ сердца, и в сонных артериях и чутко откликающихся приспособительными рефлексам на каждое колебание сосудистого «барометра». На этом фоне грубая и крайне мало подходящая к физиологическим потребностям мышечная ткань, не подвергшаяся сама никакой переделке или перешлифовке, а только обросшая целым комом всяческих ухищрений и компромиссов, выглядит странным исключением. При мысли о ней приходит в голову сельскохозяйственник, выписавший себе для полевых работ молотилку и получивший вместо нее, по отсутствию таковых на складе, легковой автомобиль. Именно таким автомобилем (тут — с веревочным приводом, там — с приколоченным гвоздями домодельным сооружением из неструганного теса) и выглядит монтаж в нашем скелетно-двигательном аппарате поперечнополосатой мышцы.

Членистоногие в тунике

Я уже упомянул, что первые впечатления от сравнения между собой двигательных аппаратов членистоногих и позвоночных говорят как будто в пользу простоты и четкости, свойственных первым. Единственный явный плюс, бросающийся в глаза у позвоночных животных, — это гибкая подвижность их туловища; второе же преимущество, гораздо менее очевидное, заслуживает краткой характеристики. Это преимущество на первый взгляд похоже скорее на недостаток. Речь идет об обязательном активном участии мускулатуры в поддержании равновесия тела, т. е. в том, что в научной терминологии носит название *статики тела*. Так, например, грудное звено тела насекомого, к которому прикреплены все его шесть ножек, имеет собственную панцирную прочность, для поддержания которой никакой мышечной работы не требуется. Туловище человека, тоже связанное со всеми его конечностями и поддерживаемое двумя из них, держится прямо только благодаря непрерывному напряжению всех мышц, «расчаливающих» позвоночный столб, подобно тому, как ванты расчаливают корабельную мачту. Зато такая, как будто более трудная для управления, система обеспечивает телу человека (или вообще позвоночного) исключительную приспособляемость и маневренность.

Если какому-нибудь принципу вообще когда-либо удавалось решить задачу о сочетании всех преимуществ, свойственных *мягкотелым*, с *жесткорычажным* сооружением, пригодным для пере-



Королева-матка термитов, окруженная придворными

дачи больших усилий, то только принципу, положенному в основу строения *позвоночных*. Нет спора, что управление такую «жестко-нежесткою» системой труднее, но мы уже видели по другому поводу в предыдущем очерке, как часто более трудный инструмент, но зато обладающий большим числом степеней свободы, менее ограничивающий и сковывающий своего обладателя, ценится мастером выше всего. Облегчающие же подпорки, лады и подставки он заодно с трехколесным велосипедом без сожаления уступает сынишке.

Результат этих неброских биологических преимуществ принципа позвоночных не замедлил сказаться в последующей истории животного мира. Оба гигантских по своему объему класса — членистоногие и позвоночные — по праву поделили между собой первые места на нашей планете, но затем позвоночные оставили своих соперников далеко позади. Суть, конечно, не в том, что членистоногим никогда в последующем не удавалось достигать размеров тела, хоть сколько-нибудь сравнимых с размерами позвоночных (эти последние, напротив, в следующем периоде развития побили все рекорды величины тварей, когда-либо населявших Землю). Гораздо важнее то, что в отношении умственных способностей и теснейшим образом связанной с ними области движений членистоногие далеко и безнадежно отстали от позвоночных. Все рассказы о замечательном якобы уме насекомых, опирающиеся на захватанную (и почти единственную на все сотни тысяч видов насекомых) пару примеров об общественной жизни пчел и муравьев, при более тщательной проверке их оказываются чистым недоразумением*.

* По свидетельству таких долголетних наблюдателей и авторитетных знатоков насекомых, как Фабр, Леббок и др

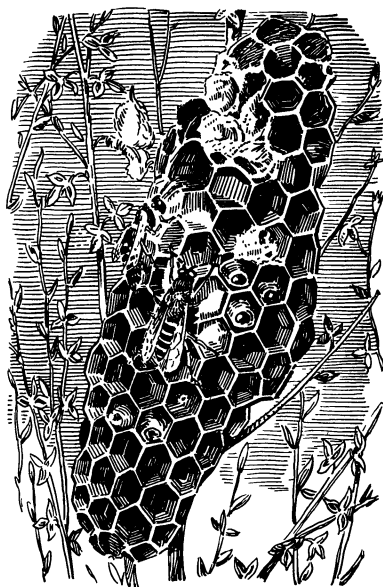


Муравьи-портные за шитьем своих гнезд

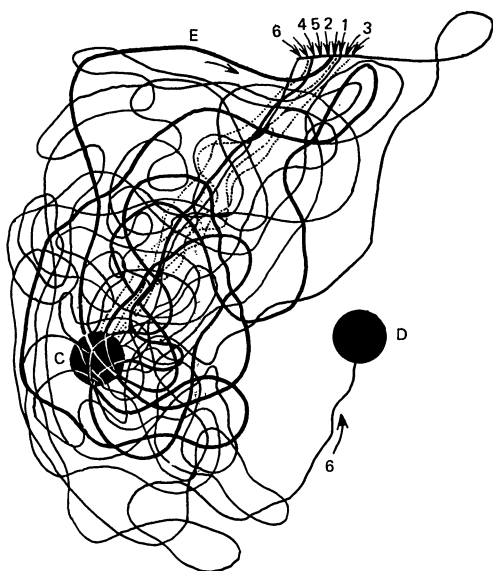
Своеобразный и сложный *инстинкт*, управляющий действиями этих насекомых и в своей природе еще совершенно не разгаданный, стоит вне сомнений, но между инстинктом и живою сообразительностью пропасть того же порядка, как и пропасть между жесткой головогрудью рака и шеей лебедя или телом



Соты диких ос (Polybia)



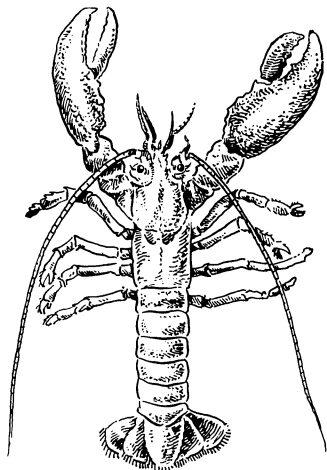
Соты дикой осы (Polistes gallica)



Пути блуждания шести муравьев, приученных проходить от отправного барьера (наверху) к кормушке *C*, после того, как последняя была переставлена к пункту *D*. Дорогу нашел в конце концов только один (из Леббока)

Переверните жесткокрылое насекомое на спинку, посадите муху без крыльев на конец травинки, преградите муравьям вершковой полоской воды их главную магистраль, ведущую к муравейнику, и т. п. Первою реакцией всех их будет величайшая, суетливая растерянность; вторую — действия, в которых не знаешь, чего больше: смысловой ли бестолковости или двигательной неуклюжести. Мы уже говорили во вступительном очерке, что самый существенный признак для ловкости — *находчивость*, способность быстро и с честью выйти из любого непредвиденного положения. Но этого как раз и нет в поведении членистоногих. Они могут обладать исключительным *проворством* (муха, блоха, краб в воде, паучок-охотник и т. п.), недаром все-таки их тела оснащены поперечнополосатой мускулатурой, в придачу почти свободной от вязкой

кошки. Те же насекомые, с геометрической точностью строящие стенки сотов под вечно равными друг другу углами или устраивающие коллективные «коровники» из травяных тлей при своих муравейниках, будучи поставлены в чуть-чуть непредвиденные условия, мгновенно теряются до полного расстройтва координации. Если десяток муравьев как будто бы дружно волокут к муравейнику соломинку, то это изумляет и поражает, однако более тщательная проверка показывает, что при этом шестеро муравьев тянут в сторону гнезда, а остальные четыре — прочь от него, и соломинка влечется только по равнодействующей.



Омар обыкновенный

студени — саркоплазмы, но от проворства до ловкости еще очень далеко. Так, по крайней мере, скажет всякий, кому несущийся опрометью в пылу игры мальчишка угодит головой в живот. Предпочтя панцирный принцип принципу настроечной гибкости, природа членистоногих с абсолютной последовательностью пошла дальше по раз избранному пути. Эволюция выработала для насекомых сложные и точные инстинкты, такие же неизменяемые, как и их панцири; создала для их несложного обихода такие же формы поведения, однообразные, хорошо подогнанные и уже раз навсегда неизменяемые, точно рельсы, но зато и навсегда закрыла для них пути к личной индивидуальной приспособительности и к накоплению личного жизненного опыта. А этим шагом навсегда убила для них какие-либо перспективы умственного прогресса.

Эволюция позвоночных

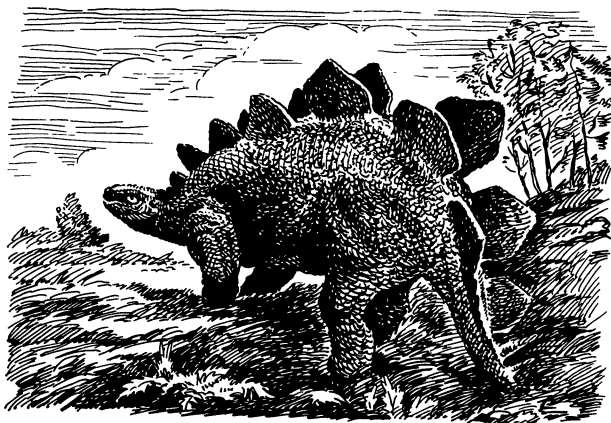
Чтобы закончить этот очерк, нам остается сделать еще краткий обзор «новой» истории движений, истории, начавшейся после великого «поперечнополосатого переворота», который был обрисован на предыдущих страницах. Оставим членистоногих в том тупике, в который в конце концов завели их отрицательные черты строения двигательного аппарата, и сосредоточим теперь все внимание на позвоночных.

Важнейшая определяющая черта *неокинетических животных** (как мы теперь будем называть обладателей поперечнополосатой мускулатуры) — *центральная нервная система и головной мозг* начали впервые с известной четкостью определяться уже у высших моллюсков (например, у головоногих — осьминога, каракатицы.) Однако только у позвоночных они нашли условия для бурного и безостановочного развития, продолжающегося и поныне. Это развитие, некоторые подробности которого будут освещены дальше, повело в конце концов к тому, что головной мозг, и в частности самая новая его часть, так называемая кора больших полушарий, завладел у высших позвоночных верховной диктатурой по всем решительно физиологическим отправлениям. Это — новая, только в последние годы приоткрываемая страница науки о мозге; высокие заслуги в ее открытии принадлежат крупнейшему русскому физиологу К. М. Быкову. Год от года выявляется все больше и больше сторон жизнедеятельности, на которые головной мозг простирает свое верховное влияние: обмен веществ, управление физико-химическими процессами в крови, кроветворение, борьба с заразными началами и т. д., и т. д. Как бесконечно далеко это от

* *Неокинетический* в переводе значит новодвигательный. Этот термин применяется для обозначения новых органов движения в их общей совокупности: поперечнополосатой мускулатуры, жестких суставчатых скелетов, взрывного бурного процесса возбуждения и т. д.



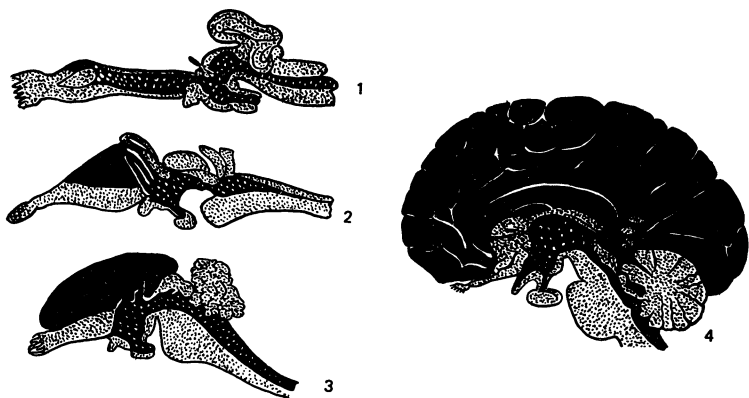
Воображаемый ландшафт юрской эпохи В воде — ихтиозавр, в воздухе — археоптерикс



Реконструкция гигантского ящера — стегозавра, обитавшего на территории нынешней Европы около 100 млн лет назад: длина животного 7,5 м, высота 3,6 м, величина головного мозга — с мужской кулак

тех невзрачных волоконцев, едва начавших обособляться от окружающей ткани, по которым пробивал себе дорогу первобытный электрохимический возбуждающий импульс!

Мы начнем и эту часть обзора таблицей — сводкой, указывающей последовательный порядок развития классов позвоночных. Для примерной оценки давности их возникновения на Земле снова воспользуемся примененным уже однажды уменьшительным масштабом времени 1 : 50 000 000, полезным для лучшей наглядности.



Эволюция головного мозга от низшей рыбы до человека. Продольные разрезы: 1 — скат (*Chimaera*), 2 — ящерица (*Vagrus*), 3 — кролик (*Lepus*), 4 — человек. Равенство масштабов не соблюдено. Светлым пунктиром изображены древнейшие части мозга, темным пунктиром — мозговые полости (желудочки), черной краской — новый мозг (полушария).

Таблица-классификация позвоночных животных

I Рыбы

а) древние, докостистые (например, минога, акула, скат, осетр);

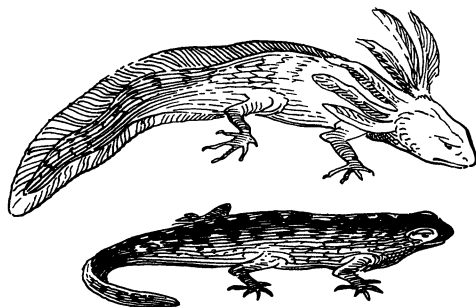
б) более новые, с костными скелетами (окунь, ерш, щука, летучая рыба и др.).

Древнейшие рыбы, несомненно, появились еще где-то в третьем «десятилетии» нашего масштаба (стр. 62).

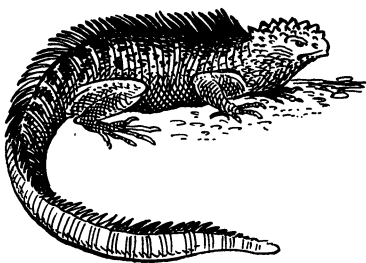
II. Амфибии или земноводные (например, лягушка, тритон, аксолотль)



Рыба триасовой эпохи с жабрами и легкими

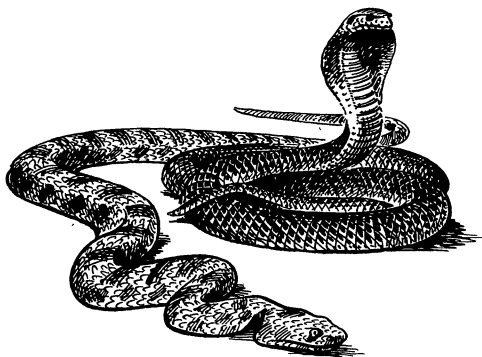


Развитие аксолотля: наверху — личинка с жабрами, внизу — взрослая особь с легкими



III. Рептилии, или пресмыкающиеся.

От этого когда-то чрезвычайно обширного класса до нашего времени уцелели только немногие отряды: змей, черепахи, ящерицы и крокодилы.



Рептилиями заканчивается раздел так называемых холоднокровных позвоночных; точнее было бы определять все три перечисленных класса (I—III) как животных, обладающих *переменной температурой* окружающей их среды. Первые земноводные появились на Земле около 15 «лет» назад; первые рептилии — 6—8 «лет» назад.

IV. Птицы:

а) нижестоящие, выводковые (киви, пингвин, страус, курица, куропатка и др.);

б) вышестоящие, птенцовые (ласточка, сова, орел и др.).

Птицы очень постепенным, хорошо прослеженным порядком вы-

работались из летучих пресмыкающихся; этот процесс их формирования начался около 5 «лет» назад и продолжался 3—4 «года».

V. Млекопитающие:

1) древнейшие — однопроходные и сумчатые (утконос, кенгуру, многочисленные австралийские виды сумчатых);

2) низшие млекопитающие (насекомоядные, грызуны и др.),

3) высшие млекопитающие (копытные, хищные, полуобезьяны и др.),

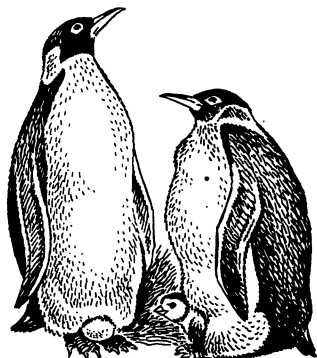
4) наивысшие млекопитающие — обезьяны:

а) нижестоящие (павиан, мартышка) и

б) вышестоящие, человекообразные (в порядке возрастающей близости к человеку: шимпанзе, орангутанг, горилла).

5) прямые предки человека и современный человек.

Древнейшие *млекопитающие* относятся ко времени заката царства пресмыкающихся — около 3 «лет» назад. «Год» назад млекопитающие уже господствуют на Земле, и их имеется большое количество видов. *Высшие* млекопитающие: хищники, слоны, ранние обезьяны — насчитывают от 3 до 6 «месяцев»* со времени своего возникновения. Человекообразным обезьянам



Представитель сумчатых кенгуру

и древнейшему ископаемому предку человека, так называемому питекантропу, — около 2 «недель» от роду. Человеку древнекаменного века, жившему в ледниковые периоды и сражавшемуся с мамонтами, — меньше «недели». Для сравнения этих действительных промежутков времени из истории Земли с наивными представлениями мифов и религий небезынтересно будет упомянуть мимоходом, что в принятом нами уменьшительном масштабе времени «сотворение мира богом», как о нем повествует Библия, должно было иметь место $1\frac{1}{2}$ «часа» назад.



Молодой горилла



Реконструкция головы одного из предков человека (неандертальца)

Птицы и млекопитающие составляют вместе раздел теплокровных позвоночных, точнее говоря — животных с *постоянной температурой* тела, не зависящей от температуры внешней среды. Так как скорость всякого химического процесса очень резко возрастает с повышением температуры, то все процессы в организмах «теплокровных» животных, в частности наиболее интересные для нас *процессы в их нервах и мышцах, протекают во много раз живее и энергичнее*, чем у «холоднокровных» животных. (Это примечание вскоре очень пригодится нам).

Сенсорные коррекции

Очерк *истории позвоночных*, из всего животного мира, как оказалось, наилучшим образом решивших задачу приспособления и развития, мы начнем с упоминания еще о двух новшествах, возникших и развившихся как прямое следствие появления поперечнополосатой мышцы и всего того нового двигательного принципа, который мы только что назвали *неокинетикой*. *Первым новшеством* были *сенсорные коррекции*, подробно описанные нами в предыдущем очерке. У древнейших бесскелетных животных с медлительной гладкой мускулатурой и с большим преобладанием в их обиходе местных члениковых телодвижений еще не было потребности в том тонком управлении движениями, для которого нужен непрерывный контроль со стороны органов чувств. К тому же для сверки текущего движения с тем, как оно было запланировано, — а в этом ведь и состоит работа сенсорных коррекций, — нужно уже, чтобы имела такая предварительная планировка предпринятого движения, нужно, чтобы были и органы, способные его планировать. Когда еще не существует головного мозга, когда нет памяти

в каком угодно виде, способной выдерживать и выполнять в правильном порядке части сложного цепного движения или действия, тогда с чем же и посредством чего сверять совершаемое движение? По какому признаку решать, течет ли оно точно так, как было намечено, или нет?

Наконец, надо добавить и то, что сам двигательный аппарат у новых, неокинетических животных быстро становился все более трудным для управления, несравнимо с теми немудреными устройствами, какие имелись к услугам червя или устрицы. Дальнействующие органы чувств — телерецепторы — вызывали к жизни переместительные движения всего тела, локомоции, как об этом уже говорилось. Для локомоций потребовалась дружная, согласованная работа мышц всего тела — *синергии* — оркестр, которому нужен был и дирижер в лице центрального мозга. При всем том каждый музыкант этого большого оркестра, каждая поперечнополосатая мышца представляла собой гораздо менее послушный и удобный для управления орган, нежели древние гладкие мышечные клетки. Мы уже говорили о тех сложных ухищрениях, на которые вынуждена пускаться центральная нервная система для того, чтобы получать от этой мышцы длительные сокращения, тетанусы, или плавные изменения силы. Здесь столкнулись между собой: и возросшая быстрота и сила движений, и их обширность и сложность, и капризность их главного исполнителя — мышцы, и все растущая требовательность животных к точности и меткости своих движений. Сведите все это воедино с теми фактами, которые были разобраны в предшествующем очерке: с крайней непослушностью всяких вообще подвижных систем о многих степенях свободы, с добавочными трудностями, проистекающими из упругих свойств мышцы, и вам не нужно будет больше доводов в пользу того, зачем именно на этом этапе развития обязательно потребовались сенсорные коррекции.

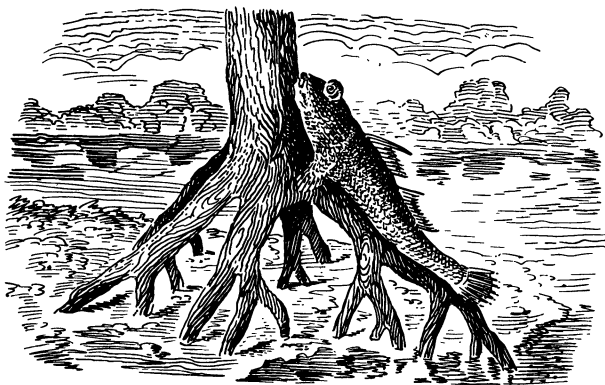
Интересно отметить, что у древних бесскелетных животных все «рефлекторное кольцо», о котором также говорилось в предыдущем очерке, работает как раз в обратную сторону, чем у нас. Пронаблюдайте червя, наползшего на какое-нибудь препятствие, или улитку, добравшуюся до конца травинки. Как только дело доходит до какого-либо из затруднений в этом роде, начинаются беспорядочные и (сравнительно) оживленные ощупывания, «снующие» движения во все стороны. У *высших*, неокинетических животных, в том числе и у нас, *движения идут на поводу у ощущений*, управляются и направляются ими. У *низших*, наоборот, *ощущения обслуживаются и обеспечиваются с помощью движений*. Движения, с виду бессистемно и бестолково, идут впереди ощущений, хватают и ловят их, где попало. Этот механизм активного, деятельного «ощущения» сохранился и у нас, за исключением бессистемности, в работе наших наивысших органов чувств, зрения и осязания, где кру-

говорит «рефлекторного кольца» сплетается в совершенно неразрывное и очень сложное по строению целое. В последующих очерках мы будем иметь еще несколько случаев увидеть, с какою бережностью наша центральная нервная система вообще сохраняет самые древнейшие механизмы, казалось бы давно устаревшие и подлежащие сдаче в архив. Этот грубый древний механизм ощущения, действовавший в отдаленнейшие времена, еще задолго до сенсорных коррекций, вновь возродился в усовершенствованном и утонченном виде и, слившись в своей работе с этими коррекциями, обеспечил работу наших наиболее высокоразвитых органов чувств.

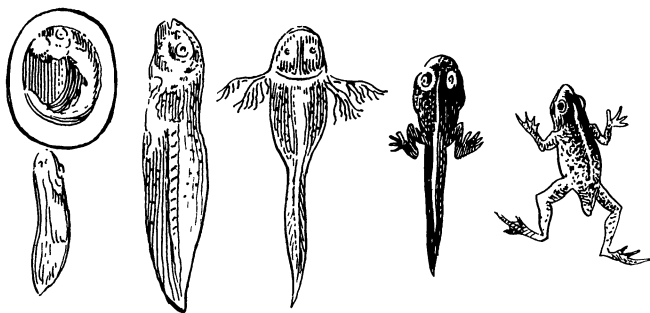
О сенсорных коррекциях следует добавить еще, что необходимая потребность в них, выявившаяся у высших животных, послужила новым и очень могучим побудителем к дальнейшему развитию головного мозга. Как мы покажем дальше, главным образом эта потребность способствовала развитию так называемых *сенсорных полей*, т. е. целых сложных слепков из ощущений самых разнообразных органов чувств, слепков, направляющих движения животного или человека и помогающих упорядочению этих движений в пространстве.

Развитие конечностей

Вторым новшеством, естественно последовавшим за упрочением неокинетической системы с ее суставчатыми рычагами и поперечнополосатыми мышцами, было *развитие у животных конечностей*. У низших, бесскелетных организмов не было конечностей, в лучшем случае вместо них иногда возникали «ложные конечности» (псевдоподии) вроде лучей морской звезды или «ноги» улитки, которая, по сути дела, есть низ ее туловища. И у



Ползающая рыба из Африки (*Periophthalmus*)



Стадии превращения лягушки

позвоночных настоящие конечности выработались далеко не сразу.

Зачатки конечностей у рыб — боковые плавники — не служат им для передвижения. Чтобы плыть, рыба работает: 1) хвостом, как пропеллером и 2) непарными спинными и брюшными плавниками, которые своими змеистыми колебаниями как бы ввинчиваются в воду. Боковые плавники используются главным образом как рули глубины и отчасти направления. Они начинают превращаться в настоящие конечности только после выхода из воды. В каком-то из периодов эволюции рыбам начало делаться тесно в реках, озерах и океанах. Позвоночные предпринимают попытки к завоеванию других стихий земли: то к выходу в воздух (летучие рыбы, рыбы-ласточки), то к освоению суши (рыба-ползун, двоякодышащие рыбы и т. п.).

Следующий за рыбами по порядку развития класс позвоночных — амфибии (с греческого — «двужизненные») имеют уже настоящие конечности-лапки, сохраняющие в своих скелетах ту

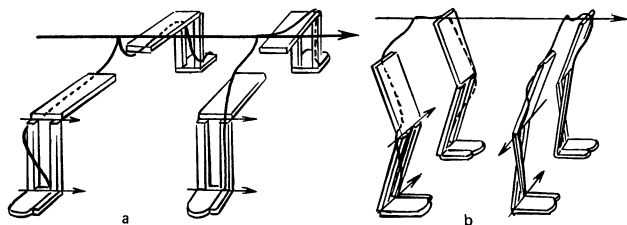
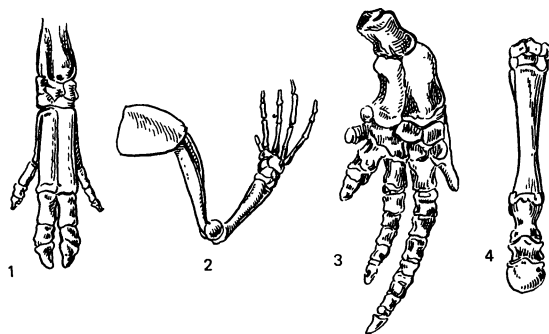


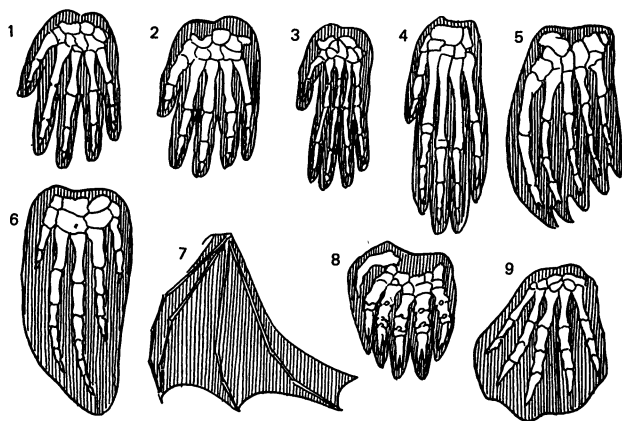
Схема расположения скелетов конечностей у пресмыкающихся (а) и у млекопитающих (б). Из схемы видно: 1) что у пресмыкающихся отсутствует передне-задняя поворотливость в тазобедренных и плечевых суставах, что вынуждает их на ходу извиваться всем туловищем вправо и влево; 2) что имеющееся у млекопитающих расположение конечностей создано путем их поворота навстречу друг другу и 3) что для правильного направления ступающей части передней лапы (кисти) потребовалось добавочное перекручивание накрест костей предплечья (стойкая пронация). Движения вращения кисти с предплечьем (пронация и супинация), свойственные человеку, у четвероногих млекопитающих отсутствуют



Скелеты концевых звеньев передней конечности (кисти разных животных): 1 — свинья, 2 — лягушка, 3 — кит (плавник), 4 — лошадь

же лучистую или кистеобразную форму строения, какую они обладали в плавниках рыбы. Эволюция и здесь оказалась верной своим обычаям и, избегая крутых новшеств, перекроила понадобившиеся органы из нашедшегося под руками старого материала: лапки — из боковых плавников, легкие для дыхания в воздухе — из плавательного пузыря рыб и т. д. Самое знакомое нам создание из амфибий — лягушка очень показательно повторяет в жизни каждой отдельной особи всю историю выхода водных позвоночных на сушу, навеки отпечатлевшуюся на ней. Она начинает свое существование рыбой, даже без плавников, дышащей жабрами (головастик), и лишь позднее у нее одновременно рассасываются жабры и хвост и отрастают лапки.

Конечности явились очень глубоким, принципиальным новшеством. Они появились в ту пору, когда древние побудительные причины к члениковому (сегментному) строению тела в большей



Скелеты кисти млекопитающих: 1 — человек, 2 — горилла, 3 — орангутанг, 4 — собака, 5 — тюлень, 6 — дельфин, 7 — летучая мышь, 8 — крот, 9 — утконос



Животные с летательными приспособлениями: 1 — шерстокрыл, 2 — летун, 3 — тагун, или летучая белка, 4 — летучий дракон, 5 — летучая лягушка, 6 — долгопер-летун (из Гааке)

степени выдохлись и развитие конечностей пошло как бы перешагивая через развалины этого старинного принципа строения, еще сохранявшегося на древнейшей части тела — туловище. Поэтому, во-первых, сами конечности уже не обнаруживают никаких следов сегментности — это видно хотя бы на способах снабжения их мышц двигательными нервами. Во-вторых, нужно указать здесь на одно обстоятельство, гораздо более важное для нашего изложения. Последовательное развитие у позвоночных неокинетики, за нею — больших двигательных синергий для передвижения по пространству (локомоций) наконец, конечностей как усовершенствованных орудий для такого передвижения, повело к соответствующему обогащению центральной нервной системы приспособлениями, нужными для обслуживания всех этих эволюционных нововведений. Сравнительная анатомия мозга животных показывает, что вся эта серия новшеств более чем какие-либо из предшествующих шагов развития содействовала настоящей централизации в мозгу, появлению в нем первых образований, без оговорок заслуживающих названия *головного мозга*. Древнейшая часть центральной нервной системы позвоночных — *спинной мозг** еще полностью выдержан на члениковом (сегментном) типе строения. Новые ядра головного мозга, вырабатывавшиеся в «рыбьем» периоде эволюции позвоночных и окончательно оформившиеся у первого животного с ногами — лягушки, уже полностью *надсегментны*. Их нервные проводники

* А также непосредственное продолжение его в голове — так сказать, «спинной мозг головы» — продолговатый мозг и ствол большого мозга.

управляют уже всем спинным мозгом в целом, и в частности всеми конечностями. Еще важнее отметить тот факт, что *деятельность* этого верховного головного мозга, *управляющего движениями конечностей и локомоциями* (мы будем в последующих очерках обозначать его как уровень В), протекает у земноводных полностью по законам неокинетической системы: с относительно высоковольтными и быстро несущимися электрическими сигналами, с повиновением закону «все или ничего» и т. д. Более же древние центры мозга, за которыми у земноводных сохранилось *управление туловищем* (уровень А по нашим обозначениям), работают в большой мере еще по древнедвигательным законам: с низковольтными, медленными импульсами, с большой степенью участия в них старинной, химической передачи сигналов и т. д. Замечательно здесь то, что даже у нас, людей, обладателей мозга, который сильнее отличается от мозга лягушки, чем многоэтажный дворец от лачуги дикаря, — даже у нас в головном мозгу имеются в раздельном виде уровень В и уровень А, с порядочной четкостью делящие между собой управление конечностями и шейно-туловищной мускулатурой, и даже у нас все еще древний, сегментный, туловищный уровень А в большой степени продолжает работать по тем же древнедвигательным законам. Вопрос об уровнях мы полнее осветим в следующих двух очерках.

Обогащение движений

Все последующее развитие движений у позвоночных — это непрерывное обогащение двигательных средств и возможностей животных от класса к классу и от «года» к «году» нашей хронологической таблицы их эволюции. Это обогащение происходит отнюдь не без причины и не вследствие какой-либо таинственной, заложенной в животных внутренней «пружины», которая побуждает их к непрерывному совершенствованию. Нет, к обогащению двигательных ресурсов ведет все время одна и та же жесткая и безжалостная, чисто внешняя причина: *конкуренция и борьба за жизнь*. Животным становится тесно от непрерывно идущего размножения. Им не хватает средств питания. Вырабатываются хищные породы, которые предпочитают предоставлять другим животным изыскивание себе пригодного питательного материала и захватывать его уже в готовом, «полуфабрикатном» виде, пожирая этих более слабых животных. У этих последних вырабатываются средства самозащиты: резвые ноги, защитная окраска, броневые покровы, рога и копыта и т. п. Не имеющие таких средств защиты в первую очередь пожираются хищниками, которые, сами того не подозревая, способствуют этим усовершенствованиям преследуемых ими пород. В самом деле, наибольшие шансы уцелеть от истребления и еще долго производить похожее на себя потомство имеют те особи, которые, может быть даже

случайно, лучше защищены. А самой надежной самозащитой являются все-таки богатые и совершенные *двигательные возможности*. Тот же закон конкуренции бьет другим концом палки и по хищникам: недостаточно проворные, хитрые и зубастые среди них рискуют умереть с голоду, не будучи в состоянии захватить изловчившуюся в самозащите съедобную живность.

Движения обогащаются этим путем прежде всего по их силе, скорости, точности и выносливости. Но это обогащение почти только количественное. Важнее другие две стороны движений, все более совершенствующиеся. Во-первых, те *двигательные задачи*, которые приходится решать животному, *становятся все сложнее* и при этом все *разнообразнее*. Весь перечень движений рыбы состоит почти целиком из ее основной локомоции — плавания да какой-нибудь пары простейших охотничьих движений в придачу. У одной из наиболее низко развитых рыб — акулы вся ее охота состоит в том, что она подплывает под свою жертву, поворачивается брюхом кверху (так ей способнее) и раскрывает пасть. Земноводное животное кроме плавания может еще ползать, прыгать, издавать звуки. Змея умеет уже затаиться в засаде. А как сложны и полны разнообразия, по сравнению со всем этим, хотя бы цепные охотничьи действия хищника-млекопитающего! Тут и хитрости лисицы, и чуткий поиск охотничьей собаки, и коварная засада тигра, нацеливающегося на нелегкую и для него добычу. В ближайших строках мы более обстоятельно проследим эту сторону движений, усложнение решаемых ими задач.

Во-вторых, все больше *возрастает число непредвиденных, не шаблонных задач*, которые животному приходится решать тут же, «на ходу». Как мы уже видели во вступительном очерке, здесь-то как раз имеет место наибольший спрос на *ловкость*. В двигательном обиходе животного становится относительно все меньше стандартных, всегда одинаковых движений, которые можно совершать автоматически, ни во что не вникая и ни к чему не приспособляясь. Можно было бы предположить, что, например, *локомоции*, передвижения по пространству, — это образчик подобных, извечно шаблонных движений. Это далеко не так. Когда рыба плывет внутри беспредельной, однородной по всем направлениям водной среды, тут, действительно, не много поводов для разнообразия. Но уже совершенно иное дело передвижения по суше, которое ведь совершается в природе не по беговым дорожкам. Здесь и рвы, и буераки, и болотные кочки, и непролазные заросли; здесь и безопасные тропинки, по которым можно трусить рысцой, и полный тайных врагов лес, где необходимо красться без звука, насторожив все свои телерецепторы, и т. д., и т. п. Что же говорить о более сложных двигательных актах, совершенно недоступных рыбе и переполняющих собою жизнь высокоразвитого млекопитающего? Во много раз обострившаяся борьба за жизнь делает его существование пол-

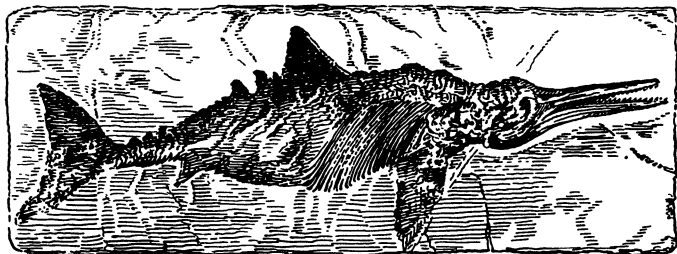
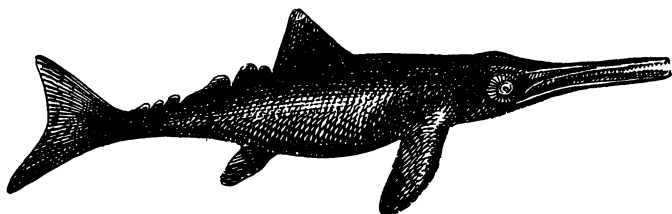
ным неожиданностей, а неожиданности требуют способности тут же, дорожа сотою долей секунды, принять правильное двигательное решение и *точно, ловко* осуществить его. Мы увидим дальше, что это безостановочное возрастание количества незаученных движений и действий *опирается на* такое же *безостановочное развитие* совершенно новых, высших отделов головного мозга, главным образом так называемой *коры больших полушарий мозга*.

Первые зачатки мозговой коры появляются уже у высших пресмыкающихся, но только у высших позвоночных — у *млекопитающих* — она захватывает решающее преобладание и непрерывно развивается все дальше и дальше. Именно кора больших полушарий есть орган мозга, обладающий неограниченной способностью *впитывать в себя личный жизненный опыт* животного, запоминать его, со смыслом осваивать и создавать на его основе разовые решения новых, раньше не встречавшихся задач.

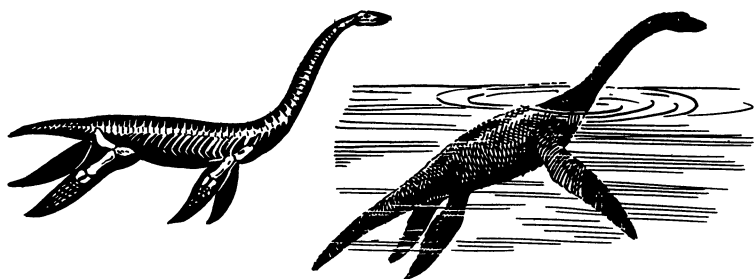
В плане умственной деятельности эта способность есть сообразительность, сметливость, разум; в *плане двигательных актов эту же самую способность мы и называем ловкостью*. Недаром нередко про человека, наделенного ярко выраженной ловкостью, говорят: «Какие у него умные движения! Какие умные руки!»

Расцвет царства пресмыкающихся

Список движений самых низших позвоночных — *рыб* — почти полностью состоит из плавательных локомоций. Характерные для рыбы движения — волнистые, плавные, монотонные синер-



Остатки *Ichthyosaurus quadriscissus* с кожей (внизу) и его реконструкция (наверху)



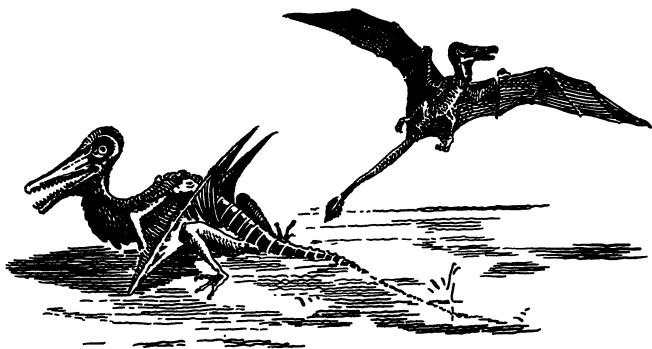
Скелет и очертания тела плезиозавра и его реконструкция

гии, охватывающие все тело рыбы (от головы до хвостового пропеллера). Эти движения не прекращаются ни на минуту даже во время спокойной стоянки рыбы на одном месте, даже во время ее сна. Эти, еще крайне жалкие, двигательные возможности, очевидно, вполне достаточны для рыбы, потому что рыбий обиход удовлетворяется ими и по сию пору. Положение вещей стало круто изменяться в ту эпоху, когда океаны Земли становились все меньше, а жителей в них делалось все больше, и до неминуемости назрело завоевание суши и воздуха.

Мы не будем задерживаться здесь на второй ступени позвоночных — на *земноводных*. Они явились, в сущности, лишь переходною формой и ни в какую эпоху не преобладали ни по своему количеству, ни по разнообразию видов. Такая господствующая роль на Земле на очень долгий срок досталась *рептилиям*, или *пресмыкающимся*, следующей по порядку ступени развития позвоночных. Рептилии пробыли хозяевами Земли значительно большее время, чем с тех пор успело достаться на долю победивших их млекопитающих (это видно из цифр, приводившихся нами выше, в сводной таблице эволюции позвоночных). Млекопитающие истребили рептилий быстро и наверняка (ниже мы увидим, почему именно). Когда-то пресмыкающиеся существовали на земном шаре в огромном количестве отрядов и видов,



Слева — реконструкция рамфоринха, справа — скелет птеродактиля

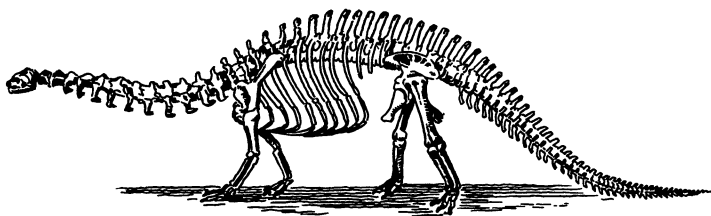


Ползущий рамфоринх и летящий рамфоринх — реконструкция

владея и поверхностью моря, и сушей, и воздухом. В наше время от всего этого обилия гадов уцелели только остатки, всего четыре отряда: ящерицы, черепахи, змеи и крокодилы, как будто и поныне мстящие своим победителям — млекопитающим — ледяною свирепостью и убийственным ядом — последним, что у них осталось.

Рептилии начали бурно развиваться в так называемую Триасовую эпоху; это было их «древнее царство», когда большая их часть была еще водными обитателями (гигантские рыбащеры — ихтиозавры, ящеры с лебедиными шеями — плезиозавры и др.). В следующую, Юрскую эпоху они владеют уже всеми стихиями. По воздуху носятся, наверно издавая при это резкие, дисгармоничные крики, зубастые летучие пальцекрылы — птеродактили. На суше ящеры размножены в изобилии и огромном разнообразии. Надо сказать, что рептилии первые из живых тварей начали освоение суши и воздуха, конкурентов-предшественников у них не было, и завоевание не было трудным, не потребовало ни борьбы, ни разработки усовершенствованных органов для нее. В еще теплом, парниковом климате медленно остывавшей Земли, на жирном перегное богатой каменноугольной растительности, покрывавшей сушу в предшествующие эпохи, без сколько-нибудь опасных врагов, они разрастались, как гигантские поганки разрастаются на навозе, достигая чудовищных размеров, более уже не возрождавшихся на земной поверхности.

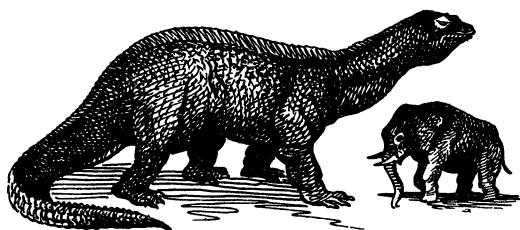
В эту Юрскую эпоху — так сказать, «среднее царство» пресмыкающихся — они достигли своего наибольшего расцвета. Палеонтология — наука об ископаемых останках — предъявляет нам в эту эпоху полный альбом типов сухопутных рептилий. Лишь немногие из них действительно «пресмыкались», т. е. ползали на брюхе. Тут были травоядные и хищные, малые и большие; были и грызуны, и насекомоядные, и кошкообразные, и слонообразные. Именно в эти долгие миллионы лет Землю населяли великаны — бронтозавры и атлантозавры, исчислявшие



Скелет гигантского бронтозавра

свою длину десятками метров, которые могли бы использовать наши трех- и четырехэтажные дома в качестве внутриквартирной мебели. По сравнению со своими старейшими собратьями — земноводными — рептилии этой эпохи обладали рядом ощутительных преимуществ. Они имели прочные чешуйчатые покровы тела вместо тонкой кожицы лягушек и тритонов*. Их головной мозг был обогащен еще одним этажом — парным нервным ядром *стриатумом* (уровень CI в нашем обозначении), которое возглавляло собою ядра уровня В земноводных и рыб и резко увеличивало их двигательные возможности. Наконец, их дальнейшие органы чувств, телерецепторы, начали уже формировать для себя первые, самые старинные участки мозгового образования совсем особого устройства. Это были зачатки мозговой коры — будущей коры больших полушарий, которых у рептилий в ту пору еще и следа не было, как нет и посейчас. Мы уже вскользь упоминали о том огромном перевороте, который совершился в значении и положении головного мозга с появлением коры полушарий, об этом доведется говорить и дальше. С мозговой корой дело шло иначе, чем было в далеком прошлом с поперечнополосатой мышцей. Та, как мы видели, определилась сразу, и, вместо того чтобы прилаживать и пришлифовывать ее к своим потребностям, обладатели мышцы начали покорно приспособлять себя самих к ее нелегкому нраву — вроде сестер Золушки, подрезавших себе то палец, то пятку, чтобы им пришелся впору царский башмачок. В отношении коры полушарий мы, наоборот, оказываемся свидетелями огромной подготовительной работы, предварительных промежуточных форм, исканий и т. д. Все это известно нам потому, что живая история коры сохранилась целиком в мозгах современных нам животных и в нашем собственном мозгу. В нашем (человеческом) головном мозгу имеются и древнейшие двигательные ядра уровней А и В и верховные ядра пресмыкающихся — *стриатумы* (уровень CI), только возглавленные гораздо более новыми и совершенными мозговыми надстройками; есть в нем и странные, «старомодные» участки мозговой коры, очень мало похожие по своему строению на то, как устроена наибольшая ее часть. Рассматривая под

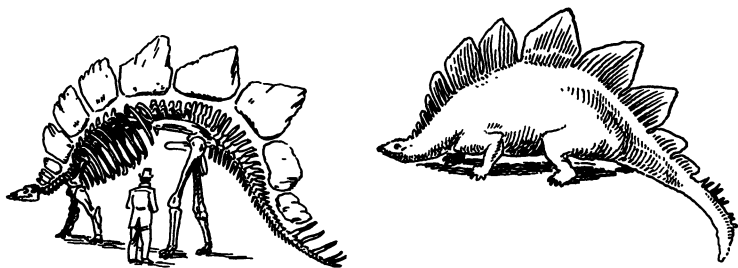
* За такое отсутствие прочных покровов тела земноводные имеют в зоологии еще другое название — «голые гады».



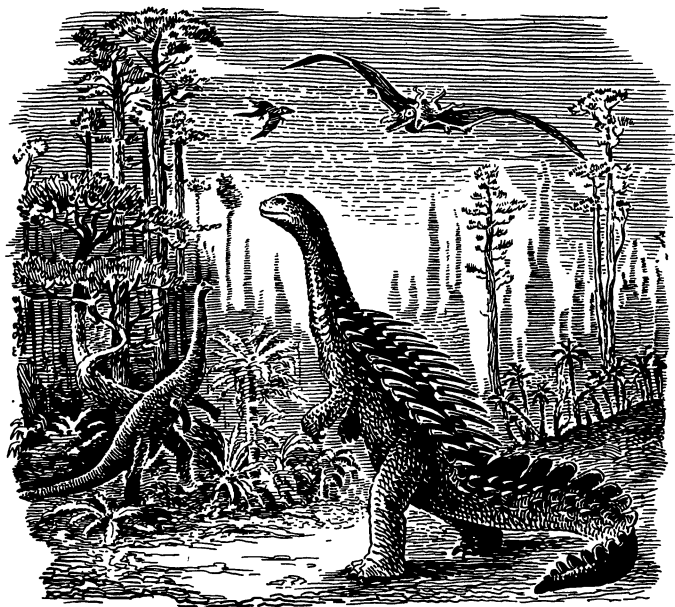
Реконструкция бронтозавра в сопоставлении с современным слоном

микроскопом кору больших полушарий человеческого мозга, участок за участком, как будто бродишь по различным улицам большого, давно основанного города. И вдруг в этой прогулке мы попадаем в квартал, застроенный совсем необычными зданиями, ни в чем не похожий на новые части города и дышащий глубокой исторической стариной. Такое приблизительно впечатление производят при микроскопическом обзоре мозга древнейшие отделы его коры — обонятельные доли и отчасти зрительная область. Эти участки, прямо связанные с главными телерецепторами обоняния и зрения, в действительности возникли в эпоху ящеров, первыми из всей коры, и были тем исконным ядром, вокруг которого за неисчислимые годы вырос гигантский «город» коры человеческого мозга.

Двигательные ресурсы пресмыкающегося несравненно богаче предшествующей ступени, представляемой рыбами: разные виды ящеров эпохи их расцвета могли и бегать, и летать, и плавать, и прыгать. Помимо разнообразия способов локомоций, эти животные, как и их нынешние потомки, были способны к затормаживанию и регулированию своих движений в противоположность с вечно шевелящейся рыбой. Они умели застывать на месте неподвижно, как статуи, делая стойку. Они умели двигаться медленно, тягуче, как в вязком тесте, и умели, когда нужно, мчаться стрелою или делать порывистые и точные целевые брос-



Скелет и реконструкция стегозабра (см. также рисунок на стр. 90)



Юрские ящеры (игуанодон, компсогнат, птеродактиль) в лесу

ки. Наконец, рептилии блестяще владеют равновесием, а многим из них (мелким змейкам, а особенно ящерицам) нельзя временно отказать в настоящей ловкости.

Борьба за первенство мира

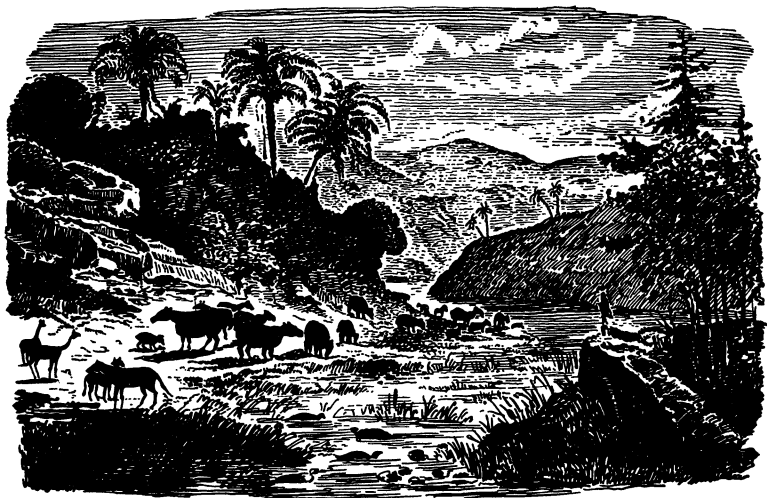
Следующая геологическая эпоха — меловая — застала рептилий еще властелинами Земли, но оказалась уже роковой для них. История этого «нового царства» пресмыкающихся — это история непрерывающейся жестокой, истребительной войны — войны и на воздухе, и на море, и на суше, исходом которой явилось бесповоротное вытеснение рептилий из господствующего положения и уничтожение их вплоть до ничтожных остатков, уцелевших донныне, а, вернее будет сказать, близящихся уже к полному и окончательному вымиранию. Из воздуха их вытеснили *пернатые*, происшедшие по прямой линии от них же самих, но главное поражение потерпели они на суше от молодой тогда ветви теплокровных позвоночных — *млекопитающих*, обнаруживших ряд бесспорных преимуществ перед ними.

В чем были причины гибели царства рептилий? Таких причин было несколько, и все они представляют прямой интерес для

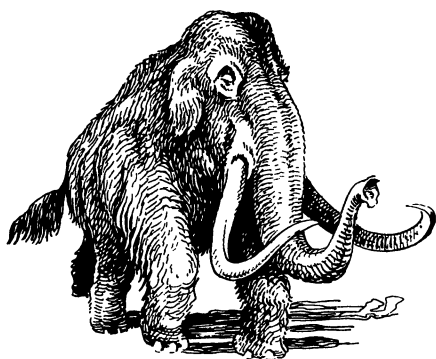
нас, позволяя проникнуть глубже в природу движений и двигательной координации.

Прежде всего для гигантских представителей ящеров юрской и меловой эпох явилась гибельной сама их величина. Каждая реакция имеет, как выражаются в физике, свой «температурный коэффициент», т. е. протекает тем быстрее и энергичнее, чем выше температура. Это справедливо и для явлений в нервно-мышечной системе. Известно и точно измерено, например, что скорость, с которой распространяется вдоль нерва электрохимический сигнал возбуждения — нервный импульс, очень различна у холоднокровных и у теплокровных животных. Волна возбуждения бежит по нерву лягушки со скоростью 8—10 метров в секунду, а по нерву кошки или человека — со скоростью 100—120 метров в секунду. Точно установлено, что эта скорость зависит только от специальности данного нерва (двигательные — самые быстрые) и от температуры тела, а никак не от величины животного. Поэтому у нас есть все основания считать, что нервные импульсы распространялись по нервам ящеров-гигантов не быстрее, чем у нынешних лягушек, жаб и крокодилов. А теперь сделаем несложный расчет.

Представим себе, что кто-то укусил тридцатиметрового великана-ящера за заднюю лапу, и он, почувствовав боль, отдернул лапу или ударил ею обидчика. Для пути ощущения боли имеем: лапа 6 метров, туловище 10 метров, шея еще 10 метров, итого 26 метров, т. е. три секунды в один конец. Положим столько же для ответного двигательного приказа от головного мозга к ножным мышцам; к этому нужно прибавить еще хоть секунду



Начало царства млекопитающих



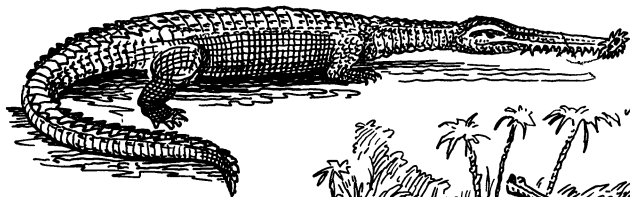
Реконструкция мамонта

на скорость реакции в самом мозгу. В итоге получается, что от момента укуса до начала ответного движения пройдет семь секунд — срок очень немалый, если посмотреть на секундную стрелку своих ручных часов и «вытерпеть» семь секунд, внимательно следя за ней. А не надо забывать, что мы еще не учли времени, которое требовалось полуторасаженой мышце, чтобы возбуждаться, напрячься и сдвинуть с места ногу-башню.

Теперь легко себе представить, что если нападающим является лев или мечезубый тигр тех времен (махайродонт) с общей длиной нервного пути от задней лапы к мозгу и обратно в 3 метра и продолжительностью реакции меньше пятой доли секунды, то такой теплокровный хищник, пожалуй, отгрызет ящеру лапу начисто прежде, чем тот вообще успеет что-то почувствовать и сообразить. Оказавшись (силою воображения) свидетелями этой схватки, мы, вероятно, перевели бы протяжный, скучный вой заживо поедаемой четвероногой горы приблизительно



Враждебная встреча хищного (слева) и травоядного (справа) игуанодонов юрской эпохи



Ископаемый крокодил — телеозавр. Отметить ничтожную вместимость черепа.



Современный аллигатор и его яйца

такими словами: «М-е-е-ня... ка-а-же-тся... кто-то... куса-а-ет?!...» Исход подобной борьбы не так уж трудно предугадать.

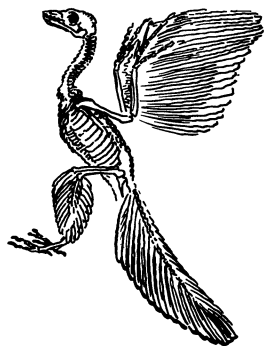
Измерение сохранившихся скелетов юрских и меловых гигантских ящеров показывает, что у них на длинной мощной шее сидела крохотная голова, так же подходившая им по пропорциям, как нам подошла бы мышинная. И в этой-то непомерно малой голове большая ее часть была занята лицевым скелетом — зубастой пастью, на долю же головного мозга оставалось совсем тесное, ничтожное вместилище. Мы легче поймем это, если учтем, что животное, которое было бы вынуждено «спрашивать» обо всех своих движениях у головного мозга и дожидаться ответов по семи секунд, было бы нежизнеспособным даже вне столкновений с хищниками, покрытыми шерстью. Очевидно, преобладающая часть их двигательных реакций протекала под управлением одного только спинного мозга. Это давало очень значительное укорочение нервного маршрута: секунд до двух-трех. И действительно, у очень многих из этих ящеров в позвоночном канале — вместилище спинного мозга — имеется вздутие в области поясницы и крестца, там, где начинаются нервы задних лап. Это вздутие говорит о том, что в этом месте спинной мозг был расширен, и очень значительно: он был здесь даже больше головного. Конечно, это очень снижало качество и разнообразие движений, раз к более совершенным, верховным ядрам головного мозга — стриатумам — можно было обращаться только в исключительных и не спешных случаях. Очень возможно, при такой самостоятельности поясничного вздутия спинного мозга, что при ходьбе и темп задних лап получался свой особый; не зависимый от темпа шагания передних. Странное это, должно быть, было зрелище!

Вторая причина гибели царства пресмыкающихся была уже общей для рептилий всяких размеров. Все они, как правило, несли яйца, клали их в теплую землю или песок и не высиживали их. Потомство вылупливалось из яиц само, и, таким образом, каждый экземпляр проводил всю свою жизнь, от вылупливания до той или иной своей кончины (кроме мимолетных спариваний), в полном и безусловном одиночестве. Не существовало ни семьи, ни воспитания, ни какой-либо передачи молодняку опыта. Каждый из этих мизерных мозгов начинал накопление личного жизненного опыта сначала, а при отсутствии коры полушарий (ее зачатки были еще ничтожны) мозги эти были совсем плохо приспособлены к запечатлеванию и освоению такого опыта.

Новый, молодой класс млекопитающих — теплокровных, темпераментных, с очень обогащенными как мозгом, так в связи с этим и двигательными средствами, — оказался для рептилий неодолимым противником. Некрупные, ловкие хищники накинулись на эти медлительные, как будто нарочно для них заготовленные горы мяса и своим действительно хищническим хозяйствованием быстро вывели их из употребления.

Двигательные достижения птиц

Прежде чем обращаться к последнему яркому преимуществу млекопитающих — их двигательной одаренности, мы для последовательного изложения бросим взгляд на приобретения в этой области у непосредственно предшествовавшего им класса — у пернатых. *Стриатум* — верховное двигательное ядро мозга у пресмыкающихся — у птиц достиг своего наивысшего развития и совершенства. В паре с ним развился до высокой степени совершенства и *мозжечок*, верховный орган равновесия и «владения своим телом». Стриатум (уровень С1) возглавляет собою сложную нервнодвигательную систему, развивавшуюся у позвоночных, как мы уже видели, очень постепенно, этаж за этажом. Эти этажи: самый древний из всех уровень А, более новый, главенствующий у лягушки, уровень *паллидума* В и, наконец, достигший расцвета у птиц уровень *стриатума* С1 — образуют в совокупности так называемую *экстрапирамидную двигательную систему*, которую мы будем сокращенно, по первым буквам, обозначать *эдс*. Та постепенность, с какою она исторически возникала, объясняет многое и в ее устройстве. Во-первых, все ее ядра, или уровни, находятся между собой в отношениях начальников к подчиненным, т.е. образуют то, что называется иерархией. Во-вторых, последовательный ход «обращения» головного мозга сверху новыми этажами повел к тому, что более молодые этажи-ядра уже не вырабатывали для себя новых нервных путей к мышцам тела, поскольку такие пути ко всем мышцам и так имелись готовыми. Поэтому получилась систе-



Реконструкция ископаемого предка птиц — археоптерикса



Археоптерикс в полете. Отметить когти на крыльях.

ма (см. рис. на стр. 148, в самом деле заслуживающая названия многэтажной.

На рис. стр. 148 видно, что прямые, «беспересадочные» нервные пути к мышцам имеются только от нервных клеток спинного мозга, так сказать, *праклеток* всей двигательной нервной системы. Нервные пути уровня А, от красных ядер, служащие для передачи его импульсов (-приказов) к мышцам, доходят только до этих спинномозговых праклеток. Импульсы, прибывающие от ядер А, возбуждают эти двигательные клетки спинного мозга, и тогда те, уже от себя, посылают новые импульсы по двигательным нервам тела к тем мышцам, к которым они подсоединены. Тем же порядком нервные проводники от ядер В доходят только до ядер А, проводники от ядер С1 — только до ядер В. Для того, чтобы побуждение к движению, исходящее из стриатума, могло достигнуть мышцы, требуются четыре последовательных нервных потока: С — В, В — А, А — спинной мозг и спинной мозг — мышца, обуславливающих один другого. При всех достоинствах и совершенствах стриатума как верховного двигательного центра это исторически сложившееся устройство обладало большими неудобствами. Одно из них связано с тем, что (по точным современным замерам Лоренте де-Но и других ученых) на каждое такое перешагивание, или «пересадку», нервного потока с одного перегона на другой требуется *добавочное время**. Оно очень коротко у теплокровных; у холоднокровных, естественно, удлиняется, а если вдобавок такая задержка случается на пути двигательного импульса три-четыре раза, то это составляет чувствительную добавку к их нервному процессу и без того медленному.

* Так называемая в физиологии синаптическая задержка.

Экстрапирамидная двигательная система (*эдс*) достигла у птиц своего наивысшего расцвета (у этих, вообще говоря, некрупных животных с очень высокой температурой тела обрисованный сейчас недостаток *эдс* чувствовался гораздо меньше, чем у огромных рептилий). Высокоразвившиеся у птиц органы чувств обеспечили им полное и совершенное владение всеми видами *локомоций*: бегом, полетом, лазанием. Все это — движения уже не «туловищного» стиля, как у рыбы или змеи, а «конечностного», более нового в эволюции. Насколько важно для летания безукоризненное владение равновесием, опирающееся на соответственные виды чувствительности, мы знаем очень хорошо с тех пор, как человек сам овладел воздухом. Регулирование и притормаживание движений, умение чередовать полное застывание тела, медленные движения и порывистые, «спуртовые» броски стали развиваться уже у пресмыкающихся, как упоминалось выше; птицы и в этом направлении достигли большего совершенства и разнообразия. Наконец, опись двигательных актов, доступных птицам, включает в себя еще несколько совершенно особых классов действий, которых у пресмыкающихся нет. *Во-первых*, у них появляется целый ряд сложных инстинктов. Действия птиц, руководимые их инстинктами, иногда так искусны, точны и совершенны, что производят впечатление сознательной деятельности, так же опирающейся на мышление, как и трудовые действия человека. Это совершенно ложное впечатление. Помимо того, что птицы лишены и самого органа настоящего мышления — коры мозговых полушарий, они и при прямой проверке опытом обнаруживают глубокую, не оставляющую сомнений разницу между своими действиями и сходными с ними разумными действиями человека. Когда птица, например, сооружает сложное и мастерски свитое гнездо, иногда прямо сшивая его, как делает птичка-портной, или когда она, руководясь совершенно еще не разгаданным чутьем, находит через сотни километров дорогу к родному гнезду, — все это выглядит так же, как и смысловые цепные действия искусного и сведущего человека. Однако достаточно сбить птицу каким-нибудь немудреным добавочным осложнением или затруднением, чтобы сразу вскрыть всю глубину разницы. Как только требуется выйти хоть слегка из рамок постоянного и неизменного шаблона, как только требуется *сообразить* хоть какую-нибудь мелочь, *изловчиться* в маломальски непредвиденном случае и т. д., так сейчас же мы оказываемся лицом к лицу с уже знакомой нам по низшим животным реакцией суматошливой растерянности. Таким образом, эти чрезвычайно впечатляющие сложные инстинкты перелета, вития гнезд, высиживания и выкармливания птенцов и т. п. только с первого взгляда похожи на истинно разумную деятельность, для которой все подобные мелкие препятствия не имеют значения.

Тем не менее инстинкты перечисленных типов являются показателями высокой степени целесообразного биологического

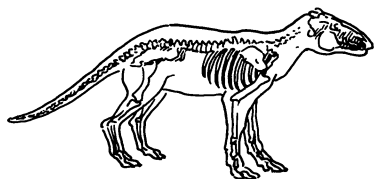
приспособления и ярко свидетельствуют о двигательных достижениях птиц по сравнению с более древними классами позвоночных.

Во-вторых, птицы, в резком отличии от пресмыкающихся, живут (в большинстве) *семейно* и сами воспитывают своих детенышей. Понятие *матери*, идея *материнства* впервые появились на Земле в тот день, когда первая птица высидела снесенные ею яйца. Помимо глубоко принципиального значения этого события, о чем речь будет дальше, оно связано с новым большим обогащением списка движений: с прямо воспитательскими действиями кормления, ухода за птенцами, приучения их к полету и т. д. Наряду с этим домовитая птица имеет еще ряд сложных движений личного туалета, чистки и смазывания перьев, уборки гнезда и т. п. Затем с птицами же впервые появились на Земле *выразительные звуки* призыва, тревоги, настоящей *песни*, сменившие собой мертвенные крики лягушек. Появился на свет и *танец*. Весь двигательный «потолок» птиц несравнимо выше, чем у рептилий, и только в одном, но, правда, чрезвычайно важном отношении этот потолок ощутительно придавливает их книзу. Практически все еще полное отсутствие коры мозговых полушарий делает птиц, даже наиболее одаренных и высокостоящих среди них, туго способными к приобретению личного опыта; к освоению новых сложных двигательных навыков и к ловкости в разрешении непредвидевшихся, неожиданных двигательных задач.

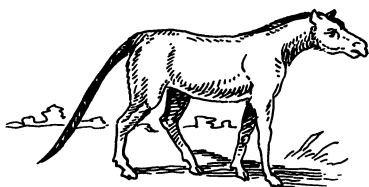
Как пирамидная система съела экстрапирамидную

Наше утверждение о том, что развившаяся до предела *эдс* таила в себе ряд глубоких биологических неудобств, — не простая догадка. Оно опирается на тот факт, что млекопитающие, на долю которых досталась ликвидация «устаревшего» типа пресмыкающихся, проделали в развитии своих мозговых двигательных устройств один совершенно революционный шаг, круто покончивший в первую голову как раз с двигательной многоэтажностью. У *млекопитающих*, даже у самых древних и низших форм, *мозговая кора представлена несравненно полнее*, чем у птиц и рептилий, и, главное, на нее перенесено у первых основное ударение. Стриатум и мозжечок, прошедшие через вершину своего развития у птиц, пятятся у млекопитающих даже несколько назад в их развитии, начинают в известной мере хиреть. В коре полушарий млекопитающих имеются уже представительства от всех органов чувств, и ближних и дальних.

Мы видели в области *движений*, какое обогащение достигалось постепенным формированием новых мозговых ядер, возглавлявших прежние. Как и почему именно такое появление новых верховных ядер и образование *многоэтажной системы под-*



Ранний предок лошади — *anoplotherium* величиной с собаку (эоцен)

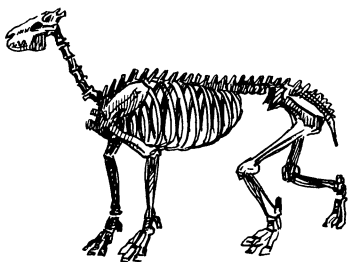


Он же — реконструкция

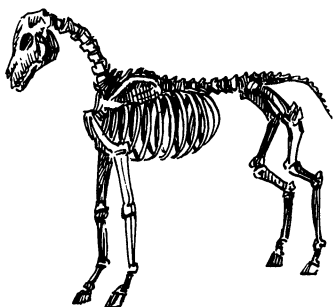
чинения способствовало огромному качественному росту двигательных возможностей, еще не очень понятно, но самый факт — вне сомнений. Теперь, следя за образованием и развитием мозга млекопитающих, мы оказываемся перед лицом такого же точно хода событий по отношению к *органам чувств*.

У рыбы и лягушки путь, например, от сетчатой оболочки глаза до мозговых центров зрения состоит из одного нервного «перегона», представляя собой прямой, беспересадочный маршрут. У человека (минуя для краткости все другие виды животных) от глаза до верховных центров зрения в коре (так называемых полей № 19) — четыре «перегона», т. е. столько же, сколько и во вполне развитой *эдс*. И в этой области высших органов чувств подобная многоэтажность говорит о большом качественном усовершенствовании. *Замедления*, связанные с многоэтажностью, в области зрения или слуха несравненно менее чувствительны и опасны, нежели в области движений, по очень простой причине: путь от головного мозга до иной мышцы где-нибудь на подошве у человека почти 2 метра, у лошади или слона еще много больше; глаза же и уши у всех них удалены от головного мозга лишь на малое число сантиметров.

И вот по мере того, как *кора* оказывается вооруженной всеми видами чувствительности в высокосовершенной форме, и центр тяжести управления всеми движениями естественным образом переносится в нее — все ощутительнее становятся неудобства столь далекой и косвенной связи головного мозга с мышцами. В этом случае вместо того, чтобы идти по пути осторожных и постепенных прошупываний и прилаживаний, как мы видели в других сходных случаях, жизнь разрешает создавшуюся проблему сразу, одним ударом, точно разрубая легендарный гордиев узел. Случай в истории развития мозга — единственный в своем роде. Из коры мозговых полушарий пробивается и прорастает прямо до двигательных праклеток спинного мозга беспересадочный, не имеющий никаких перерывов *собственный двигательный нервный путь коры*. Он носит название *пирамидного* нервного пути по совершенно случайным причинам, идущим от старых времен науки о мозге (заодно такое наименование объясняет нам и то, почему древняя двигательная



Скелет вымершего непарнокопытного
типа ламы

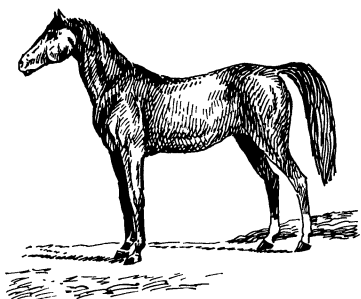


Скелет современной лошади

система мозга называется экстрапирамидной, т. е. не пирамидной или вне пирамидной).

Более или менее подробная характеристика того, что приносит с собою и обеспечивает *пирамидная двигательная система* (*пдс*) для движений вообще и для специально интересующей нас ловкости в частности, найдет себе место в нашем V очерке. Здесь мы ограничимся немногими краткими штрихами, чтобы не выходить из рамок исторического описания.

Прежде всего, чтобы не осталось почвы для каких бы то ни было недоразумений, необходимо сказать веско и точно, что появление и развитие пирамидной системы (*пдс*) ни в какой мере не означало собою упразднения древней *эдс*. В этом управлении все дело ограничилось, как уже было упомянуто, незначительным снижением относительного размера (инволюцией) ее ядер. Рептилии и птицы, обзаведясь стриатумом, не ликвидировали паллидума, а сохранили его вместе со всем списком его движений, только добавив к нему новый список более сложных, точных и разнообразных движений стриатума. Точно так же и млекопитающие сберегли полностью всю *эдс* для тех движений (и элементов движений), какие умели совершать и их далекие предки. Новую же *пдс* — собственный двигательный аппарат коры, установивший для себя, как мы видели, прямую связь без всяких посредников с двигательными клетками спинного мозга, — млекопитающие смогли использовать при этом для совершенно новых списков движений и действий, бывших по плечу только мозговой коре. Это по преимуществу точные, меткие, сильные *целевые движения*: нацеливание, прикосновение, схватывание — точный и сильный *удар*, далекий и меткий *бросок*, верный и точно рассчитанный *нажим*. А за этими (и бесчисленными другими, о них см. очерк V) простейшими движениями постепенно развивается целое множество *смысловых цепных действий*; обращение с *предметами*, применение *орудий и инструментов* и, наконец, *разумный труд*.



Современная лошадь

У млекопитающих резко вырастает по сравнению с птицами, а особенно с пресмыкающимися, относительное количество *однократных целевых движений* нападения, охоты и т. д. Все эти движения не шаблонны и не одинаковы от раза к разу, а отличаются большой, точной и быстрой *приспособительностью*. У них все больше возрастает способность мгновенно создавать *новые, незаученные двигательные комбинации*.

как раз подходящие к возникшему случаю. Если можно применить здесь сравнение из области музыки, то млекопитающие относительно все меньшую часть своих движений исполняют наизусть или по нотам, а все больше импровизируют. Вполне понятно в связи со сказанным, что у них все более возрастает *способность к приобретению двигательных навыков*: они все легче поддаются дрессировке. У них сильно увеличивается количество и разнообразие движений самообслуживания и туалета: умывание, чистка и точка когтей, вылавливание насекомых, подготовка и обработка пищевого сырья и т. д.

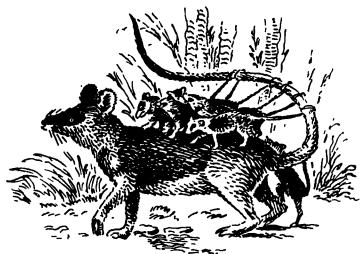
В постоянный и широкий обиход вступает *семья и воспитание* детенышей. Кто не видел, как кошка приносит котятam полуприрушенную мышь, чтобы приучать их? Кто не наблюдал, как львица или тигрица в зоопарке щедро, но разумно раздает детям «педагогические» оплеухи? И волчица, и бобриха, и макака обучают потомство особенностям их жизненного промысла.

Семья вырабатывает и огромное количество душевных оттенков и переживаний, неведомых рептилиям: привязанность, самоотвержение, благодарность, послушание, дружбу.

Очень обильными становятся действия, образующие уже переход к настоящим, так называемым *предметным и цепным, действиям*: всевозможные игры в компании, показывание примера с педагогической целью, орудование с предметами и т. п. Птицам доступны звуки-сигналы и звуки-песни, у млекопитающих появляется уже целый ряд выразительных и смысловых звуков — почти слов. Как разнообразны и осмысленны, например, звуки, издаваемые по различным поводам умной собакой! Сетон-Томпсон говорит то же о медведях, Пришвин — о бобрах, Киплинг — о морских котиках. Появляются и мимика, совершенно отсутствующая у птиц, и выразительные движения. Каждый из нас наблюдал, как изменчивы и как понятны без слов выражения «лица» у собаки, когда она рада, или пристыжена, или оскорблена.

Вся совокупность движений у млекопитающих благодаря

вступлению в действие пирамидной двигательной системы теряет тот особенный, как будто вязкий и липкий характер, то чередование движений с застываниями тела наподобие статуи, которые свойственны птицам и пресмыкающимся. Когда ящерица, крокодил, черепаха или змея неподвижны, то они действительно неподвижны, как бревно. То же хорошо заметно на сидящей сове



Суринамская двуторбка с вы-
водком

или попугае. Тем и другим одинаково присущи медленные, тягучие движения головы с шеей или когтистых лап. Этот характер и движений и неподвижности очень типичен для *эдс*; очень интересно, что нечто чрезвычайно сходное получается и у людей, у которых заболевание мозга приводит к относительному выпячиванию деятельности *эдс* и ослаблению пирамидной системы. У «пирамидных» животных — млекопитающих — движения становятся упругими, напоминающими движение пружины. Абсолютной неподвижности у млекопитающих не бывает никогда. Их «покой» — в кавычках — всегда насыщен то настораживательными движениями головы и шеи, то наставлением и поворотами ушей, то еще какой-нибудь привычной и произвольной двигательной мелочью. Вот собака или кошка замерли, подстерегая жертву. Они застыли на одном месте, недвижимые, но полные скрытого напряжения, как взведенный курок. А посмотрите в то же время, что выделяет их хвост...

Теперь мы подошли вплотную к третьей и *самой главной причине*, положившей конец царству пресмыкающихся на Земле и утвердившей до текущего дня господство млекопитающих. *Рептилии были бескорковыми животными*, их верховной двигательной системой была *эдс*. Млекопитающие ввели в мир принцип мозговой коры с ее неограниченными возможностями, а аппаратом, приводившим в действие их теплокровные поперечно-полосатые мышцы, была *пирамидная система* со всеми теми богатствами, которые мы успели бегло обозреть выше. Важнейшими из них были: 1) быстрота, сила и точность движений; 2) неограниченная способность к впитыванию в себя личного жизненного опыта (усугубленная еще тем, что этот опыт копился и передавался от родителей к детям) и 3) способность тут же, на месте создавать новые двигательные комбинации, как дома из кубиков или слова из типографских букв. Внешняя сторона события, разыгравшегося в Меловую эпоху истории Земли, заключалась в том, что теплокровные млекопитающие переели всех холодных гадов. Внутренняя сторона этого же события была несравненно важнее и глубже. Она состояла в том, что *пирамидная двигательная система съела экстрапирамидную*



Высшие обезьяны.
Слева направо: шимпанзе, горилла, гибон, орангутанг

и утвердилась над ее обломками. С этого времени вот уже 2 или 3 «года» нашего условного исторического масштаба млечопитающие главенствуют над всем животным миром. Последнюю «неделю» или полторы на троне Земли восседает *человек*. Закончим этот очерк небольшою прикидкой на тот же масштаб времени более близких к нам исторических событий. Непрестанно развиваясь, мозг хозяина Земли все увеличивает и утверждает свое реальное господство над миром. Около «часа» назад в нашем масштабе человек изобрел письменность и положил начало историческому периоду своего существования. Он перенес тяжелую мигрень мрачного средневекового застоя мысли, но здоровые начала преодолели ее. Опытное изучение природы, настоящая позитивная наука начались около 5 «минут» назад. Физиология мозга и нервной системы существует вторую «минуту». Извиним ей ее все еще чувствительные и большие пробелы, ее многочисленные пока «белые пятна», более чем естественные при столь коротком сроке ее существования.

Очерк IV *О построении движений*

Миф о Зевсе и о человеке



ачнем этот очерк с небольшой легенды. Предположим, что мы нашли ее среди запыленных рукописей в углу старой букинистической лавочки.

Когда Зевс создавал живых тварей и населял ими Землю, то он давал каждому новому существу и подходящие для него мозги. Он дал рыбе мозги, позволившие ей плавать, и извиваться, и глотать вкусную, сытную воду. Он дал лягушке мозги, сделавшие ее прыгучей, как мокрый резиновый мячик. Он дал мозги змее и черепахе, он наделил,

как сумел, птиц бегающих и плавающих, птиц лазающих и птиц летучих, наполняющих собой заоблачные выси. Он оделил и всех четвероногих тварей, покрытых шерстью, и сумчатых, и однопроходных, и грызунов, и насекомых, и парнокопытного носорога, и непарнокопытного коня, бобра и белку, моржа и котика, и медведя, и барса, и борнейского пузатого оранга, и мрачного плечистого гориллу из душной Африки... Последним пришел к нему человек.

— Вот, — сказал Зевс с некоторою горделивостью, подавая человеку на блюде нечто похожее на большой розовый паштет. — Ты останешься доволен мной. Это — кора больших полушарий, которую я наделил нарочно для тебя многими чудесными свойствами. Вот это место даст тебе речь. С помощью этого ты будешь понимать язык других людей. Эта извилина сделает тебя грамотным; благодаря этой бороздке ты сможешь писать; этот уголок дарует тебе наслаждение музыкой; эта вот часть делает твою правую руку твоим верным и надежным помощником и позволит ей овладевать самыми тонкими



инструментами. Всеми этими дарами я наделил одного тебя, мое любимое дитище, и ни одно из дышащих созданий не будет обладать ими, кроме тебя. Ну что же, доволен ли ты?

— Недоволен, — отвечал человек. — Прости, Отец, но ведь это Ты сотворил меня таким ненасытным. Я не могу ограничить себя одной духовной пищей. Я не хочу жить только умственной жизнью, быть молодым стариком, монахом, отрекшимся от благ мира, который Ты создал таким прекрасным! Посмотри на коня: какие у него резвые ноги и выносливый бег. Взгляни на орла: как могуч его лет, как метко бросается он на свою жертву, подобный твоей молнии, о Громовержец! Брось твой взор на ласточку, мчащуюся точно стрела. Я хочу бегать, прыгать, лезать, я хочу научиться летать, черт возьми! Не обидь же меня!

— Хорошо, — сказал Зевс. — Я придам тебе еще мозг орла и ласточки. В отдохновение от умственных трудов ты сможешь бегать и прыгать. В боях с врагом ты будешь могуч, как орел, и быстр, как ласточка. Доволен ли ты теперь?

— Нет, еще недоволен, — отвечал человек. — Мне надо быть гибким, как змея. Мне нужно, чтобы мое туловище свертывалось и развертывалось, по-

добно пружине, чтобы прыжки мои не уступали прыжкам блохи и лягушки, чтобы мое ловкое тело не знало усталости и чтобы во всех стихиях я чувствовал себя вольготно, как рыба в воде.

— Ты многого просишь, и это начинает надоедать мне, — сказал хмуро Зевс. — Ладно, я дам тебе в придачу еще мозг рыбы и лягушки, но уже больше не приставай ко мне. Итак, я провозился с тобой впятеро дольше, чем с любым другим существом. Но вот что я скажу тебе. Чтобы и ты, и все твоё потомство навсегда запомнили мою щедрость, каждый из твоих детей и детей твоих детей будет с детства проходить через жизнь тех животных, с которых я собрал дань в твою пользу. Я даровал тебе достаточно долгий век на Земле, чтобы ты успел в детстве побывать в шкуре всех этих тварей. Хватит тебе и на полноценную человеческую жизнь. Теперь можешь идти.

Вот и получилось по словам Зевса-Тучегонителя, отца всего сущего на Земле. Человек начинает свое существование рыбкой и девять месяцев плавает в материнских водах. Потом он выходит на вольный воздух и расправляет свои легкие, но еще долго беспомощно барахтается и извивается всем телом, как рыба, вытасненная на песок, и при этом квакает свои «агу» без смысла и выражения, подобно лягушке. После полугода жизни у него созревает мозг птицы; он научается сидеть и стоять, владеть своим равновесием, потом ходить и бегать, научается метко схватывать вещи и тащить свою добычу в рот и кудахчет при этом без умолку, повторяя как попугай чужие слова. А за второй год жизни созревает у него и мозг млекопитающего и человека. У дитяти отрастают зубы — отличие млекопитающего от птицы. Оно обретает дар речи и начинает понимать язык окружающих. Понемногу передние лапки его превращаются в руки. И когда дитя научается руками не только ломать вещи, но и как-то орудовать ими, тогда оно перестает быть зверенышем и становится человеком. Его сажают за указку или за верстак, и — прощай, беззаботное детство!

Так гласит миф о Зевсе и человеке. Извлечем из него научный прок.

Мозговой небоскреб

Наша сказка-миф права во многом насчет движений человека. Нужно только кое-что выразить поточнее, а кое-что подчеркнуть и углубить.

Во-первых, верно, что мозг человека — настоящее многоэтажное сооружение, этажи которого возникали поочередно, один за другим. В очерке III мы проследили более или менее подробно историю их появления на свет. *Низовой отдел* взрослого человеческого мозга составляют нервные ядра, соответствующие *паллидумам* лягушки — ее верховным мозговым образованиям*. Подчиняя их себе, выше их располагается у человека этаж *стриатума*, возглавляющего двигательные мозговые устройства у пресмыкающихся и у птиц. Еще выше находится в мозгу человека *пирамидная двигательная система (пдс)* коры полушарий мозга. Это образование возникло еще позднее — только у млекопитающих. Кора мозговых полушарий резко отличается по виду от всех более древних образований мозга. Она выглядит, как известно, одним сплошным слоем, правда смятым и «сплоенным» извилинами и бороздами. Но эта смятость коры получилась только потому, что кора стремилась разрастись как можно шире, а тесная костяная коробка черепа препятствовала ей в этом. Если же отвлечься от извилин и борозд и разгладить кору полушарий мысленным утюгом, то перед нами будет один однородный на вид широкий слой, который, подобно плащу, обволакивает со всех сторон большие полушария мозга**. Однако если подойти к коре с точки зрения ее внутреннего, исторически сложившегося устройства, то она окажется совсем не такой однородной. Самые древние (чувствительные) зачатки коры появились уже в эпоху пресмыкающихся; они уцелели и в мозгу человека, сохранив в нем и свое строение, и свои функции. В последующем у птиц, а затем у млекопитающих время от времени возникали все новые и новые участки коры, укладывающиеся друг подле друга, точно в мозаике. Каждый из таких участков приносил с собою возможность каких-нибудь новых отправлений, и каждый сохранился более или менее точно с тою же «профессией» и в мозгу человека. Все они не отличимы один от другого по внешнему виду, и только микроскоп вскрывает их глубокие различия. Несмотря на то, что они все укладывались в развивавшейся коре рядом, сливаясь краями друг с другом, и здесь, как и в более древних частях мозга, более новые образования подчиняли себе более старые. За время эволюции млекопитающих, уже после появления *пдс*, в мозгу успели сформироваться

* Не считая еще ниже стоящих вспомогательных центров уровня А, о которых будет речь в очерке V.

** В анатомии мозга кора полушарий исстари так и именуется — «мозговым плащом» (*pallium cerebre*).

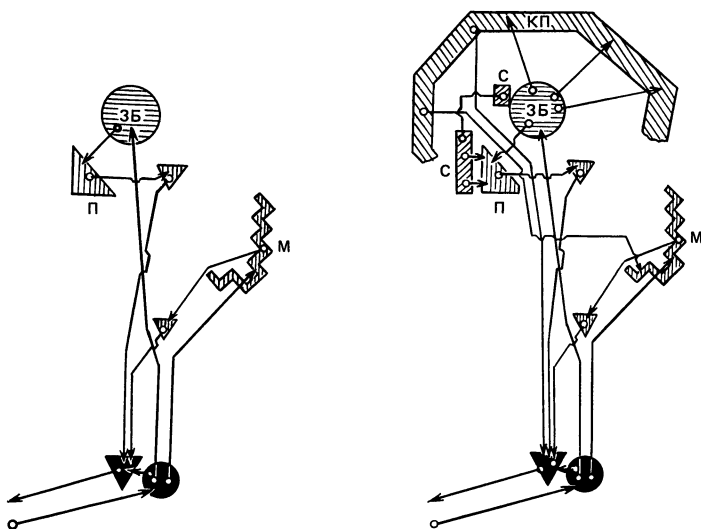
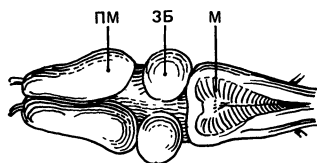


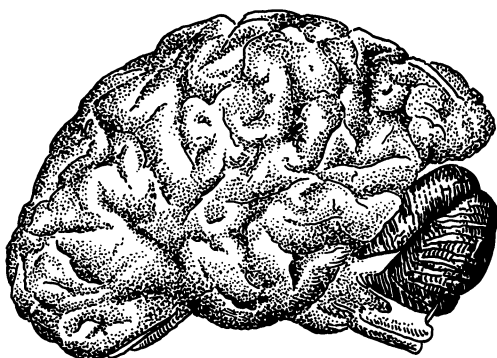
Схема обрастания мозга по ходу его развития. Обозначения: *П* — паллидум, *ЗБ* — зрительный бугор, *С* — стриатум, *М* — мозжечок, *КП* — кора полушарий большого мозга. Слева — ступень развития рыбы и лягушки: внизу (черные) — ядра спинного мозга; верховными центрами являются: зрительный бугор (чувствительный) и паллидум (двигательный). Справа — мозг человека с надстроившимися поверх нижних новых этажами — центрами: стриатумом и корой полушарий

еще по крайней мере две двигательные системы, полностью корковые и возглавляющие собою *пдс* вполне подобно тому, как возглавляют друг друга последовательные этажи в древней экстрапирамидной двигательной системе (*эдс*). Самая верхняя и новая из этих систем имеется, несомненно, только у человека, составляя его исключительное преимущество перед всеми животными. Эти несколько этажей, скрытые в однослойной на вид коре и все вместе возвышающиеся над многэтажной постройкой



Мозг лягушки (со спинной стороны): *ПМ* — двигательные ядра (паллидум), *ЗБ* — чувствительные ядра (зрительные доли или бугры),
М — мозжечок

Головной мозг человека



эдс, образуют вкупе с нею целый мозговой небоскреб. Каково значение и смысл такого многоэтажного сооружения, увидим дальше.

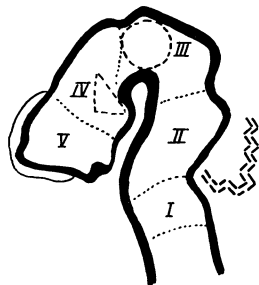
Доношенный недоносок

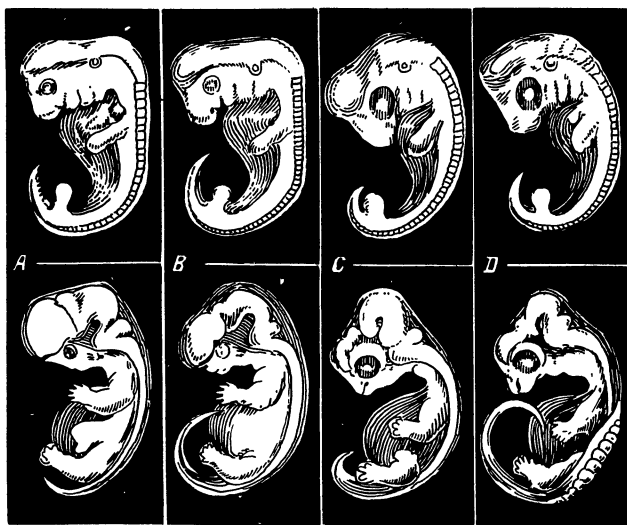
В школьные годы один шалун товарищ морочил меня и всех одноклассников уверениями, будто англичане рождаются слепыми. Не скажу, чтобы мы ему верили, но, во всяком случае, эта басня пробуждала в нас недоумение и соболезнование по поводу того, почему, в самом деле, детеныши самых близких нам животных, кошки и собаки, появляются на свет такими беспомощными и недоделанными? И эти недоумения смешивались с некоторой горделивой уверенностью в том, что по отношению к человеку — царю природы — дело обстоит гораздо благополучнее. Мы и не подозревали того, что у человека остается к моменту рождения не меньше, если не больше, недоделок в центральной нервной системе, так что ребенку требуется не меньше двух лет жизни, чтобы окончательно ликвидировать в ней все структурные «хвосты» и окончательно дозреть, подобно тому, как дозревает выставленный на солнце сорванный еще зеленым помидор. Это дозревание мозга совершается очень постепенно: система за системой вступает в строй в определенные плановые сроки, все обогащая и обогащая двигательные возможности ребенка. Следовательно, и в этом отношении наша сказка верно передает факты.

В третьем очерке был уже упомянут вскользь один интересный биологический принцип, открытый известным последователем Дарвина Геккелем. Этот принцип, названный им *биогенетическим законом*, правильнее было бы называть не «законом природы», а «обычаем природы»: закону природы подобает соблюдать неукоснительно, по примеру хотя бы закона всемирного тяготения.

Принцип же Геккеля, разделяя участь очень многих положений науки о живой природе, далек от подобной непогрешимости. Все, что можно с уверенностью сказать о нем, это то, что он, несомненно, значительно чаще выполняется, нежели не выполняется.

Очень ранняя зародышевая стадия развития головного мозга человека, имеющего в этом периоде вид трубки со слепым передним концом. В последующем стенки трубки утолщаются, а она сама перепоясывается на пять пузырей, что намечается уже и на этом рисунке (показано римскими цифрами). Тонкими пунктирными очертаниями намечены (в той же форме и расположении, что и на рисунке стр. 122). центры, которые в последующем развиваются из соответствующих пузырей





Зародыши: *A* — человека, *B* — собаки, *C* — курицы и *D* — черепахи, наверху — на 4-й, внизу — на 6—8-й неделе развития (для курицы соответственно на 4-й и на 8-й день. Все изображения подогнаны под один размер. На всех рисунках нижнего ряда хорошо видны перепоясывающиеся пузыри мозговой трубки, такие же, как на рисунке стр. 123.

Биогенетический «обычай природы» состоит в том, что все важнейшие ступени, которые были пройдены предками животного в истории развития его вида, повторяются в виде краткого конспекта в начале развития каждой отдельной особи. Каждый организм, развиваясь и формируясь, как будто совершает одни за другими поминки о прошлых великих переворотах, повторяя их сокращенно в самом себе. Так, например, времена, когда наши отдаленнейшие предки по прямой линии — рыбы — дышали жабрами, миновали бесконечно давно, но и до сих пор каждый человеческий зародыш обладает в первые утробные недели жаберными щелями и жаберными дугами, которые впоследствии преобразуются такая во что: в подязычную косточку, в слуховые косточки среднего уха, в ухо-глоточную евстахиеву трубу и т. д. В отношении к двигательным нервным аппаратам и к движениям биогенетический принцип проявляется как раз очень четко, и в этом отношении «миф о Зевсе и человеке» тоже прав.



Мозг вызревает у человеческого младенца этаж за этажом в том самом порядке, в каком они возникали в животном мире. Младенец *родится на свет* с только-только кончающим свое развитие *этажом-уровнем паллидума В* — «потолочным» уровнем земноводных. Поэтому

ребенок не в состоянии совершать никаких движений, которые выходили бы за пределы скудного списка этого уровня. Дело осложняется еще тем, что более древний и более низко расположенный *уровень А*, о котором



будет рассказано ниже и который управляет движениями и положениями шеи и туловища, *не успевает созреть* и вступить в строй к моменту рождения. Из-за этого получается прежде всего то, что новорожденный не может владеть основной опорой всего тела — туловищем и шеей, держащей голову, и поэтому не в состоянии воспользоваться и его «динамическими подпорками» — конечностями. Его туловище беспомощно лежит на спине, тяжелое и неподвижное, и все четыре лапки могут совершать только беспорядочные брыкательные движения по всем направлениям вхолостую. А кроме этого имеется и другое осложнение: уровень-этаж В, как уже было сказано, имеет доступ для своих импульсов к двигательным праклеткам спинного мозга, а через них — к мышцам не иначе как «транзитом», через ядра нижележащего уровня А. Поэтому он и сам вынужден дожидаться в бездействии, пока наконец созреет уровень А и начнет пропускать через себя его двигательные импульсы. Это лишает ребенка *синергий*, которые несет с собою уровень В, — согласованных целостных движений конечностей и тем более совместной работы всех конечностей. Практически говоря, в течение первых двух-трех месяцев после рождения какая бы то ни было двигательная координация отсутствует. Только к концу первого квартала жизни начинают организовываться правильные совместные движения глаз, повороты со спинки на живот и т. п. Около конца первого полугодия более или менее одновременно вступают в строй: самый нижний уровень А, дающий младенцу слаженное и укрепленное туловище, и уровень стриатума (СІ), который дает ему возможность сидеть, вставать на ножки, стоять, потом ползать на четвереньках (опять биогенетическое воспоминание о наших четвероногих предках!) и, наконец, ходить и бегать.

Пирамидная система коры (пдс) запаздывает еще больше. Чувствительные отделы коры вступают в работу гораздо раньше: ребенок начинает и узнавать то, что видит, и понимать обрабатываемые к нему слова, и находить толк во вкусовых, гастро-



номических ощущениях. *Пдс* начинает понемногу проявлять себя на протяжении второго полугодия, вслед за системой стриатума. Это сказывается в том, что ребенок научается схватывать то, что он видит перед собою, класть и перекладывать вещи, показывать пальчиком и т. д. К этому же времени относятся и первые односложные осмысленные звуки *речи*, обычно приказательно-просительные (вроде «дай!»). Движе-

ния ручек еще очень неточны, ребенок часто и грубо промахивается, но до этого времени он и вообще не покушался делать такие движения, как схватывание или бросок. Ему и нечем было их делать! Разница между младенцами после и до полугода в отношении этих движений примерно такого же порядка, как разница между обладателем велосипеда, еще едва умеющим ездить на нем, и человеком, вообще не имеющим велосипеда.

Выше расположенные этажи-уровни коры, появившиеся в эволюции много позже *пдс*, созревают позже нее и у подрастающего младенца. Коровая система уровня действий (D), о которой будет рассказано в очерке V, формируется примерно на протяжении второго года жизни. Эта система приносит ребенку, во-первых, возможность хоть как-то, самым грубым образом, *обращаться с вещами*: есть ложкой, открывать коробочку, мазать карандашом, стягивать с себя чулочки и т. п., а во-вторых, *новую стадию речи: называние предметов*. Она соответствует большому шагу вперед в развитии личности ребенка. Теперь уже скоро он ясно осознает в себе эту личность, и тогда из его уст впервые, вместо невыразительного «*Боря хочет*» вылетит гордое «я хочу!».

Хотя *анатомическое дозревание мозга* уже заканчивается к двухлетнему возрасту, однако до завершения двигательного развития в целом еще далеко. О сколько-нибудь полном овладении движениями можно будет говорить не ранее 14—15-летнего возраста. До этого времени подросток еще в очень многих отношениях неловок, быстро утомляется, почерк у него еще совсем ребяческий и т. д. Это ясно говорит о том, что *срабатывание* всех частей и отделов мозга между собою (как говорят физиологи, его *функциональное дозревание*) затягивается намного дольше анатомического. В очерке V будет сделан краткий обзор развития движений в этом периоде, от 2 до 15 лет. Сперва же нужно пояснить более точно, к чему приводит описанная многоэтажность мозга человека и как она сказывается на его двигательных отправлениях.

Новые задачи и обрастание мозга

Мы уже видели выше, в очерке истории движений, как протекало постепенное усложнение мозга. Борьба за жизнь обострялась все сильнее и сильнее и требовала непрекращающегося роста двигательных «вооружений». Двигательные задачи, которые животным приходилось решать, становились все более трудными и разнообразными. Именно *двигательные задачи*, двигательные потребности, неумолимая жизненная необходимость двигаться *все проворнее, все точнее, все ловче* — вот что было ведущим началом в развитии мозга и всех его вспомогательных органов почти на всем протяжении его многовековой эво-

люции. Разве лишь только в самый последний, относительно очень короткий, отрезок времени условия, быть может, несколько переменились. У человека в связи с выходом его совсем особенного мозга на положение абсолютного диктатора движения утратили свое решающее значение и начали отступать на второй план перед умственными и трудовыми потребностями. Во всяком случае, этот сдвиг совершился совсем недавно — едва ли более «недели» назад в нашем условном масштабе.

Итак, обострение борьбы за существование постепенно накапливало все более значительные количества однородных между собою двигательных задач, пока что непосильных животным. Необходимость совладать с ними назревала с течением времени с возрастающе неотвратимостью. Этим усложнившимся двигательным потребностям животное должно было удовлетворить во что бы то ни стало, если оно не хотело погибнуть. А на пути к такому удовлетворению стояла одна преграда, главная и основная: необходимость овладеть *новыми сенсорными коррекциями*.

Во втором очерке было подробно рассказано о сенсорных коррекциях как об основе управления двигательными органами нашего тела. Для того, чтобы органы движения слушались приказаний мозга и точно выполняли то, что ему требуется, нужно, чтобы мозг был в состоянии иметь *непрерывный контроль* за ходом движения. Это значит, что органы чувств (или рецепторы, как мы обозначили их в третьем очерке) должны все время сигнализировать мозгу о том, как протекает предпринятое движение, и обеспечить этим возможность немедленно вносить в него требуемые поправки (*коррекции*). Всего *одна лишняя степень свободы* подвижности сверх той первой, которая соответствует движениям по одному неизменному пути и без которой вообще нет подвижности, — и это прибавление уже означает *безграничную свободу для выбора движений*. Поэтому для управляемости каждая лишняя степень свободы должна быть оседлана и обуздана соответственной подходящей сенсорной коррекцией. Очевидно, что рецепторы должны быть способны осветить мозгу в первейшую очередь самые существенные стороны каждого движения, т. е. те стороны, неправильное выполнение которых поведет не просто к разлаживанию движения, а к его полному срыву. Новые накапливающиеся задачи были вначале не по плечу животным именно потому, что у них не находилось необходимых качеств сенсорных коррекций, без которых задачи этого рода неразрешимы. Например, пресмыкающиеся не могут пользоваться своими передними лапами для чего-либо кроме локомоций (передвижения). Млекопитающие, напротив, уже в состоянии применять их для целого ряда действий, более сложных по смыслу и разнообразию: придерживать пищу, как собака или волк, с размаху наносить пощечину, как кот, раскапывать снег, как олень, брать и держать на весу предметы, как белка. У пресмыкающихся не развились еще те особые оттенки восприятий, а

самое главное, те *слитные сочетания* (так называемые *синтезы*) разнородных ощущений (осязательных, суставно-мышечных, зрительных и т. д.), которые требуются для управления движениями этого рода. Точно так же полугодовалый ребенок, которому еще далеко до вступления в обладание всеми коррекциями взрослого человека, не может схватить в ручки вещь, которую он видит и которая явно влечет его к себе, судя по его энергичным, хотя и беспомощным барахтаньям. Все его покушения остаются втуне, потому что у него еще *недоразвились те сочетания ощущений*, которые позволяют нам, взрослым, сразу попасть руку в любую видимую нами точку.

Мы уже видели в очерке III, что развитие головного мозга совершалось у позвоночных наступающими время от времени скачками, каждый из которых обозначал какое-то качественное обогащение мозга. Каждый такой скачок или переломный момент в развитии означал, что назревший вопрос об овладении новой группой двигательных задач, длительно тяготевший над животными, наконец успешно решился. Центральная нервная система получила в свое распоряжение *новый класс, или вид, сенсорных коррекций*, созвучных этим новым насущным задачам и пригодных для их решения. Новый класс, или вид, — это означало либо прямо новое качество ощущений, либо новый способ осмысливать свои ощущения, сочетать и сливать их между собою, точнее оценивать их и т. п. Вполне понятно, что такой новый класс сенсорных коррекций требовал и соответствующего ему *нового мозгового оснащения*. Естественно, что и формирование мозга шло не в порядке непрерывного разрастания, а происходило отдельными скачками и крутыми качественными изменениями. С каждым из таких скачков развития у мозга нарастал сверху новый этаж, новая двигательная система, так что весь ход развития мозга в целом выглядит как история *последовательного обрастания* его сверху все новыми и новыми этажами и надстройками. Мозг человека напоминает дом, который был когда-то давно выстроен одноэтажным, сообразно со скромными потребностями его обитателей. У следующего поколения владельцев потребности возросли, средства — тоже, вкусы стали менее патриархальными, и вот они надставили над старым первым этажом второй. Жить они стали теперь в обоих, разместив в нижнем этаже все подсобные и служебные помещения, а главные хозяйские комнаты перенесли в новый, второй этаж. Сыну этого владельца, человеку еще более деловому и состоятельному, уже мало было второго этажа с его спальней, моленной и конторой, где справлялся со всеми делами его старозаветный отец. Ему потребовались рабочий кабинет, бюро, чертежная и т. д. Он возводит над обоими старыми третий этаж и не только сохраняет стены прежних, но и очень мало меняет в их назначении и содержании, приспособив их только в подробностях к изменившимся условиям быта и работы. Можно представить себе, что когда

дело дойдет подобным же порядком до шести или семи этажей, надстраивавшихся поочередно один над другим на протяжении стольких же поколений владельцев, весь дом в целом будет очень далек от какого бы то ни было архитектурного единства и художественной цельности. Этот же упрек с полным правом можно поставить и головному мозгу человека. Он — по крайней мере, в отделах, управляющих движениями, — непомерно сложен, часто капризен в своей работе и легко разлаживается. В нем слишком многое приходится объяснять историческими причинами и слишком многое оправдывать ими. Каждый имевший дело с клиникой нервных заболеваний помнит, какими гнетущими были его первые впечатления от огромного изобилия и разнообразия расстройств работы мозга и от той легкости, с какою они возникают. Однако вопрос о коренной реконструкции человеческого мозга, к сожалению, пока не стоит в порядке дня, а нам незачем отвлекаться в сторону для бесплодных сожалений по этому поводу. Ограничимся указанием на то, что приспособительная и пригоночная работа между частями мозга была проделана, несомненно, огромная. В результате этой многовековой взаимной пришлифовки всех его разновозрастных отделов мозг человека стал в конце концов совсем неплохим и работоспособным аппаратом — когда он не ранен и не болен.

Обогащение чувственных восприятий

Итак, каждый новый скачок в развитии двигательных устройств мозга — это прежде всего *завоевание ключа к целому новому классу двигательных задач*, до этого недоступных. Мы видели, как пресмыкающиеся овладели многочисленными видами наземных передвижений и летанием по воздуху, как птицы приобрели сложные и совершенные двигательные инстинкты, как у млекопитающих приумножение их двигательных богатств и возможностей пошло уже совсем бурными, нарастающими темпами: и сложная охота, и воспитание, и зачатки строительства. Все эти приобретения, отвоевывавшиеся ступень за ступенью, опирались всегда на одно: на *усовершенствование* и уточнение *сенсорных коррекций*, т. е. в конечном счете — чувственных восприятий, лежащих в их основе. Базой для каждого нового класса коррекций всегда является новый анатомический *мозговой этаж*. Этот новый структурный этаж и приносит с собою в качестве упомянутого ключа новый *список движений*, новый перечень освоенных координаций, который подшивается к более древним, существовавшим и раньше.

Вся эта совокупность явлений, тесно сплетенных одни с другими и взаимно обуславливающих друг друга (новый *класс задач*, новый *тип коррекций*, новый *мозговой этаж* и как итог всего этого — новый *список движений*) называется очередным *физиологическим уровнем построения движений*.

Мы дадим в ближайшем очерке по возможности краткие зарисовки уровней построения движений у человека — от самых низших до верховных. До этого, однако, необходимо сделать несколько общих разъяснений.

Во-первых, постараемся разобраться в том, в какую сторону и как развиваются и обогащаются *ощущения*, на которых строятся сенсорные коррекции новых, более высоких и сложных уровней построения. К сожалению, наши познания о том, что и как ощущают животные, особенно низшие среди них, и насколько их восприятия похожи на наши, находятся еще в самом зачаточном состоянии — ведь у нас нет никакого способа спросить их об этом*.

Однако об обогащении ощущений и восприятий *говорят* нам сами *движения*. В каждой новой ступени развития движений как в зеркале отразились и изменения к лучшему в работе органов чувств. Если сами по себе ощущения животных недоступны для нас, поскольку мы не в состоянии влезть в черепную коробку суслика или ящерицы, то движения этих животных открыты для сколь угодно пристального изучения. И мы можем со всей ясностью проследить, как расчленяются, уточняются, насыщаются смыслом и движения, и обеспечивающие их чувственные сигналы сенсорных коррекций. Мы уже видели это и на примерах из истории развития животных и на ходе развития маленького ребенка.

Исследование показывает, что восприятия животных тем скуднее, ограниченнее и расплывчатее, чем ниже стоят их обладатели на лестнице развития, и наоборот, восприятия органов чувств высокоразвитого мозга обладают прежде всего большей точностью, четкостью и расчлененностью. Именно поэтому семи-или восьмилетний школьник не может читать обычный книжный шрифт и нуждается в самом крупном, хотя само по себе его зрение острее, чем у взрослых.

Во-вторых, более высокоразвитый мозг совсем по-другому упорядочивает и осмысляет то, что сообщают ему внешние чувства. Он не просто отдается потоку впечатлений, но перерабатывает их, сочетает их между собою, быстро делает им очные ставки и чинит им искусный, многое дающий перекрестный допрос. Так, опытный врач одним взглядом своих слабых стариковских глаз только по одному внешнему облику больного безошибочно распознает его застарелое заболевание, чего не в силах сделать своими молодыми глазами его ученики. Такое осмысление впечатлений совершается, конечно, совершенно бессознательно и во многом произвольно. Для него придумано

* Очень обходный и далеко не всегда применимый путь представляет здесь лишь метод условных рефлексов, разработанный знаменитым русским ученым И. П. Павловым и его школой.

даже особое словечко — «интуиция», которое, впрочем, ровно ничего не объясняет.

Восприятие внешнего мира, пропущенное через такой «переплет» и обработку, несомненно, кое в чем и проигрывает: оно становится менее свежим и непосредственным, более схематическим, может быть, иной раз и предвзятым*, но зато оно выдвигает на первый план основной смысл и сущность воспринимаемого и тонко разбирается в нем.

Третья особенность в развитии чувственных восприятий ярче всего выступает именно в коррекциях, в том, что наиболее тесно связано с координацией движений. Чем выше стоит по своему развитию уровень построения движений, тем меньше участия в управляемых им движениях принимают сырые, непосредственные впечатления, прямо идущие от того или другого органа чувств. На их место становятся целые слепки или слитки ощущений от самых разнородных органов чувств, сросшиеся между собою до полной нераспознаваемости. Ограничимся здесь одним только примером зрения, в том виде, в каком это чувство работает у человека. Если бы мы могли застопорить наши глаза так, чтобы они не были в состоянии совершать никаких движений, то мы оказались бы бессильными распознать зрением не только расстояние или величину, но даже и форму видимых нами предметов. Нам кажется, что мы «видим», непосредственно ощущаем с помощью глаз, и расстояние предмета от нас, и его действительный размер, и его форму, тогда как на самом деле те ощущения, которые сообщают нам об этих свойствах предметов, отнюдь не зрительного происхождения. Мы оцениваем расстояния до видимых вещей по ощущению *того напряжения* глазных мышц, которое требуется, чтобы изображения предмета в обоих глазах перестали двоиться и слились в одно; одним глазом мы их вообще никак ощутить не можем. Мы определяем глазом величину и форму видимых предметов благодаря тому, что обводим взором их очертания, приводя точку за точкой в центр сетчатой оболочки глаза — в так называемую центральную ямку, и при этом опять-таки мышечное чувство подсказывает нам, насколько велик или мал предмет и каковы его очертания, по тому размаху и характеру движения глаз, какое потребовалось сделать для такого обвода. Иногда мы бессознательно помогаем себе при этом и ощупыванием предмета, т. е. осязанием. Кто из нас не помнит, как неприятно чувствуется необходимость сдерживать в музее

* Знаменитый миланский астроном XIX века Скиапарелли, посвятивший всю свою жизнь изучению Марса и составивший подробные карты его поверхности, видел на нем в свой среднего качества телескоп больше подробностей, чем по сию пору удалось запечатлеть фотографическим путем через могущественнейшие инструменты, но зато он «видел» в их числе и ряд вещей, о которых сейчас уже неоспоримо доказано, что их на Марсе не существует (например, двойные каналы).

скульптуры свои руки, которыми так и хочется потрогать статуи, и как обедняются наши впечатления от них из-за запрета сделать это в действительности! В *управлении* многими нашими *движениями*, в особенности движениями рук, как мы увидим в дальнейшем, важнейшее и господствующее место занимают как раз эти слитные, *синтетические*, как их называют, восприятия пространства, расстояний, величины и формы предметов.

Наконец, это уже в-четвертых, впечатления и восприятия высокоразвитого мозга обнаруживают еще одну интересную черту: они становятся *более активными*, деятельными. Глаз не просто видит предметы: он смотрит, рассматривает, всматривается. Ухо не просто допускает до себя звуки внешнего мира: оно не «слышит» звуки, а «слушает», вслушивается, вылавливает и вычленяет те, которые имеют для нас наибольшее значение, как будто просеивая с выбором все то, что до него доносится. Этот деятельный характер «вбирания» в себя впечатлений особенно ярко замечается тогда, когда от органа чувств требуется все его искусство и напряжение всех его сил. Так бывает, например, у слепых, которым осязание, худо ли, хорошо ли, возмещает утраченное зрение. Всякий наблюдавший слепых вблизи знает, как деятельно они ощупывают все интересующие их предметы: черты лица, скульптуру, всевозможные вещи. У нормальных людей подобная же «ощупывающая» работа зрения менее бросается в глаза, но занимает в нем очень важное место, как было уже указано выше. Не пользуется широкой известностью, но справедлив факт, что движения глаз у человека более разнообразны и их координация обладает большей тонкостью, чем у животных, в том числе и у тех, которые превосходят человека остротой зрения. В этом возрастании активности органов чувств возрождается в новом виде очень древняя форма их работы, бывшая в ходу еще до поперечнополосатых мышц и сенсорных коррекций — у червей и у мягкотелых. Однако возрождается она в очень сильно измененном виде и в теснейшем содружестве с работой сенсорных коррекций. Здесь образуется совершенно неразрывный и очень сложный клубок взаимодействий, в котором чувствительные сигналы — сенсорные коррекции — подталкивают и подправляют движения, а эти последние изменяют и углубляют впечатления, получаемые органами чувств. Но анализ этого клубка завлек бы нас слишком далеко.

Списки движений и фоновые уровни

Нам нужно сделать еще одно вступительное разъяснение по поводу уровней и списков движений каждого из них.

Предположим, что у некоторой породы животных имеется в качестве самого верховного уровня — ее двигательного «по-

толка» — какой-нибудь уровень X. По прошествии очень многих веков вырабатывается новая порода, вступающая в обладание более высоким уровнем построения Y. Список движений, принесенных с собой этим новым уровнем, добавляется к прежним, унаследованным от предков спискам, обрывавшимся на возможностях уровня X. Следует ли из этого, однако, что с одним новым уровнем построения Y прибавляется и один только новый список движений?

Оказывается, что нет и что тут действует не простая арифметика. Движения обогащаются от прибавления нового уровня построения в большей степени, и вот по какой причине.

Дело в том, что когда новый, более сильный и ловкий, уровень построения уже сформировался, обеспечив собою новый пласт движений, мало-помалу обнаруживается, что есть целый ряд движений, как раз приходящихся под силу новому уровню по своему смыслу и тем не менее недоступных ему чисто технически, по второстепенным и все же неодолимым причинам. Действительно, новый уровень принес с собою более мощные сенсорные коррекции, чем те, что были раньше в распоряжении особи: более точные, более глубоко проникающие в смысл движения, более активные, чем раньше, и т. д. И все-таки эти коррекции не исчерпывают собой всего, что может понадобиться для управления тем или иным движением, не могут покрыть собою всех его сторон. И тут может получиться, что недостающие коррекции для того или другого сложного движения как раз имеются в распоряжении старого уровня построения X. Ясно, что здесь речь не может идти о самых основных, ответственных коррекциях по данному движению, о таких коррекциях, отсутствие которых равносильно срыву всего движения. Но сплошь и рядом бывает (ниже мы увидим, что это в гораздо большей мере правило, чем исключение), что в этих основных, или ведущих, коррекциях недостатка нет, и тем не менее движение не ладится потому, что ему еще очень многого не хватает, хотя и не самого первостепенного. Вот в этих-то случаях и приходит на помощь кооперация с нижестоящим уровнем X. Верхний уровень Y занимает в совершаемом движении положение ведущего уровня, т. е. берет на себя самые основные коррекции, ответственные за смысл движения, за успех или неуспех решения данной двигательной задачи в целом. Низовой же уровень построения X ведет себя подобно смазке у машины. Его коррекции облегчают движение, делают его глаже, быстрее, экономичнее, ловче, увеличивают процент благополучно удавшихся решений задачи и т. д. Напрашивается сказать, что эти вспомогательные коррекции обеспечивают движению его подкладку, или фон. Поэтому мы говорим в таких случаях, что нижестоящий уровень X берет на себя в движениях подобного рода роль *фонового уровня*.

Приведем два-три примера, которых давно уже ждет чита-

тель. Мальчик бежал и на бегу, сделав прыжок, ловко сорвал яблоко с дерева. Для движения срывания нужен целый ряд коррекций, которых нет в инвентаре уровня, выполняющего движения бега и прыжка. Движение срывания выполняется более высоким уровнем и иными мозговыми системами, как будет показано дальше. Но если яблоко висит настолько высоко, что не разбежавшись, сорвать его нельзя, то *уровень*, ведущий движение срывания, *сам по себе* оказывается беспомощным и ему нужно содействие в виде разбега, локомоции. Этот разбег и оказывается в данном примере тем *вспомогательным, или техническим, фоном* с низового уровня, о котором и шла речь. Верхний уровень как бы берет займы у нижнего те под-



Нина Думбадзе, рекордсменка и чемпионка Союза ССР по метанию диска. Подписи под фотографиями спортсменов (как и под другими иллюстрациями) сохранены в книге в том виде, как они были составлены Н. А. Бернштейном (прим. ред.)

собные элементы движения, те необходимые коррекции, которых у него самого не хватает.

Еще ярче выступает роль технических фонов в таком, например, сложном движении, как метание диска. Само движение броска обеспечивается в основном тем же самым уровнем построения, который был ведущим и в движении предыдущего примера. Но для того, чтобы оно могло сколько-нибудь правильно и успешно совершиться, необходимо очень большое число разнородных вспомогательных коррекций. Нужно, чтобы поддерживался *правильный тонус*, т. е. произвольное напряжение шейных и туловищных мышц. Нужно, чтобы слажено и стройно осуществлялась та огромная *синергия мышц* всего тела сверху донизу, которая создает винтообразное закручивание тела и его раскручивание наподобие расправляющейся пружины. Нужна, наконец, в этом движении и *локомоция*, только более сложная, чем в первом примере: разбег, потом поворот на одном месте.

Все эти фоны необходимы, чтобы основное, решающее движение броска могло совершиться, как бы проехав верхом на них всех, и каждый из этих фонов находит нужные для себя коррекции в другом уровне построения. В этом примере буквально все низовые уровни оказываются вовлеченными в фоновую работу. Нужна дружная и гармоничная деятельность всех их, чтобы главная цель и смысл всего движения — бросок диска — могли с наибольшим успехом осуществиться, посаженные на фоны, как всадник на лошадь.

Итак, с появлением нового уровня Y над прежним X, кроме его прямого собственного списка движений Y, образуется еще и другой список, который можно было бы обозначить символом $\frac{Y}{X}$, т. е. список движений, для которых уровень X поставляет вспомогательные фоны. Излишним будет особо оговариваться после разобранных примеров, что *каждый* из имеющихся в распоряжении человека уровней построения может использовать для своих технических фонов *любые* ниже его располагающиеся уровни и в каких угодно сочетаниях. Дальнейший текст этой книги будет изобиловать примерами такого рода комбинаций.

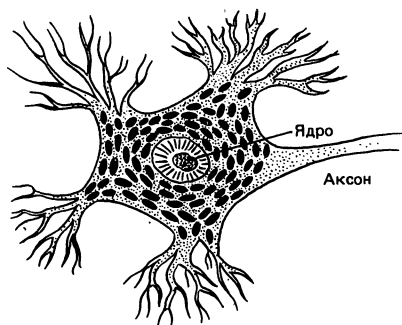
Нельзя, конечно, ожидать, чтобы такая сложная и в то же время стройная кооперация нескольких уровней построения, какую мы вскрыли в рассмотренных сейчас примерах, могла возникнуть сразу и сама собою. Для ее формирования требуется по каждому новому виду движения *большая подготовительная работа*. Эта работа и есть то, что называется *упражнением* или *тренировкой*. При упражнении как раз совершается выработка наиболее подходящих для данного движения *технических фонов* и *срабатывание* всех этих фонов между собою и с *основным, ведущим уровнем этого движения*. Выработка

фонов движения в низовых уровнях носит еще название *автоматизации движения* — ниже мы ясно увидим почему. Вопросам выработки двигательных навыков, упражнения, автоматизации и т. д. посвящен в этой книге особый очерк — шестой.

Пусковой аппарат спинного мозга

В качестве самого низового и самого древнего по своему происхождению уровня у человека следовало бы назвать *уровень спинного мозга*. Именно на этом уровне, в нервно-клеточных скоплениях спинного мозга, залегают те двигательные *нервные праклетки*, о которых была речь в очерке III. Все двигательные импульсы, т. е. побуждения к сокращению тех или иных мышц, которые возникают в двигательных центрах головного мозга, могут воздействовать на мышцы не иначе, как через посредством этих спинномозговых клеточек.

Как уже было пояснено в очерке III, каждая мышца нашего тела состоит из нескольких десятков или сотен тоненьких пучков, так называемых *мионов*. К каждому из таких мионов подходит одно-единственное волокно двигательного нерва, разветвленное на конце и сращенное с каждым из мышечных волокон своего миона. Это нервное волокно начинается от одной из нервных праклеток спинного мозга, которая представляет собой своего рода пусковую кнопку данного миона. Сколько тысяч мионов содержится в скелетной мускулатуре нашего тела, ровно столько же имеется налицо двигательных нервных волокон и пусковых нервных клеток в спинном мозгу. Эти тысячи пусковых клеток образуют своего рода клавиатуру, совершенно точно отображающую в себе все мышечное оснащение тела. Если нужно включить в работу мион № 17411, то необходимо возбудить пусковую клетку № 17411.



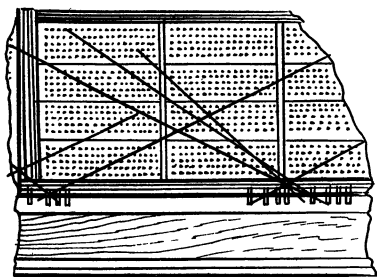
Полусхематичный вид нервной клетки под микроскопом. Древоподобные разветвления — дендриты

Как сказано выше, ни один нервно-двигательный импульс из головного мозга не имеет сам доступа к мышцам; эти импульсы действуют на только описанную сейчас *клавиатуру пусковых клеток* спинного мозга. Нервные волокна, строго заизолированные друг от друга, тянутся из головного мозга вдоль по спинному и оканчиваются на той или другой высоте внутри его, так что их ветвистые окончания вплотную подходят к спинномозговым клеткам-клавишам. Двигатель-

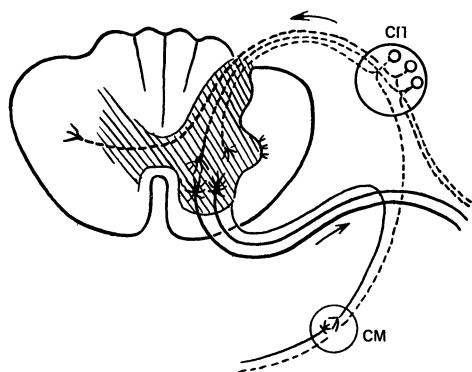
ный импульс от того или другого из «этажей» или уровней головного мозга сбегает вниз по спинному мозгу и возбуждает собой пусковую клетку того номера мииона, который необходимо в данный момент пустить в ход.

Когда-то у низкоразвитых позвоночных животных спинной мозг обладал порядочной долей самостоятельности. Чувствительные сигналы, приходившие в него с поверхности тела, тут же на месте переключались на его пусковые клетки, производя простейшие, однообразные движения. Мы имели случай упомянуть в очерке III, что еще у гигантов ящеров спинной мозг обладал даже особым утолщением в той части, которая была связана с задними лапами, для того чтобы не приходилось при большинстве их движений обращаться к головному мозгу, что чрезвычайно замедляло бы передачу.

Все это давным-давно изменилось у высших млекопитающих и человека. Спинной мозг никогда не совершает у них —

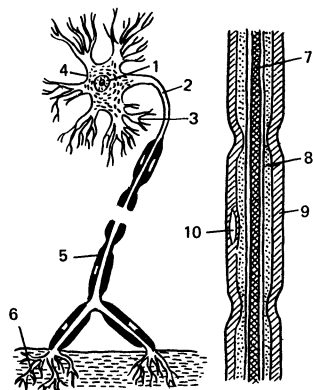


Коммутаторная доска телефонной станции для соединения различных абонентов между собой. Нечто подобное этой коммутации происходит между нижними окончаниями нервных клеток от головного мозга и дендритами пусковых клеток

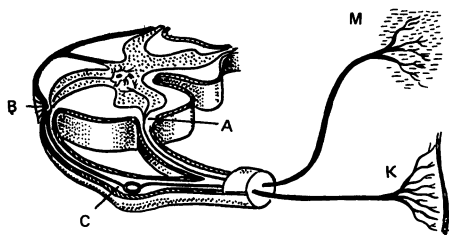


Полусхематический поперечный разрез спинного мозга на уровне одной из пар нервных корешков. Заштрихованная область — серое (клеточное) вещество; окружающие белые поля — белое вещество спинного мозга (проводящие пути)

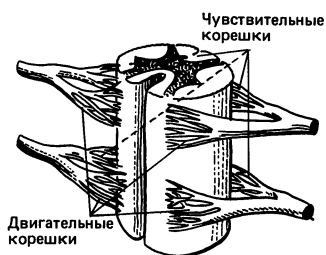
Двигательные нервные волокна изображены сплошными, чувствительные — пунктирными линиями; тонкие линии — симпатические волокна. СП — спинномозговой межпозвоночный узел, СМ — симпатический узел



Строение нейрона (слева) и аксона (справа): 1 — ядро нервной клетки, 2 — аксон, 3 — дендрит, 4 — тело нервной клетки, 5 — оболочки нервного волокна, 6 — концевой орган, 7 — аксон, 8 — миелиновая и 9 — шванновская оболочки аксона, 10 — ядро оболочки



Схема, показывающая строение спинномозговых корешков и ход периферических нервных волокон: А — место выхода переднего корешка из спинного мозга (изображенного в виде среза); В — место входа заднего корешка; С — межпозвоночный узел; М — мышца, К — кожа



Два сегмента спинного мозга в нервные корешки

в здоровых условиях — никаких самостоятельных движений. Все управление движениями ушло от него кверху, к двигательным центрам головного мозга. Устарел, как мы уже видели, и сам принцип строения спинного мозга — члениковый или сегментарный, при котором каждый участочек от позвонка до позвонка обладал какою-то самостоятельностью и независимостью. С тех пор, как живые организмы стали быстрыми и подвижными, как важнейшую роль в их жизни стали играть перемещения с места на место — локомоции, потребовавшие объединенной, согласованной работы всей мускулатуры тела под верховным управлением головы, — с этого времени члениковое строение осталось простым ненужным пережитком прошлого. С этих пор спинной мозг все больше переходил на роль простого передатчика импульсов — пускового механизма, как мы его сейчас определили, и у человека этот переход уже полностью позади. Вот почему *не уцелело у нас и уровня спинного мозга*: он умер вместе с последними могиканами, которым он еще в какой-то форме был нужен, — с первобытными ящерами.

Обращаемся к настоящим, и поныне действующим, *уровням построения движений* в нашей центральной нервной системе. Мы просмотрим их один за другим по порядку, от самых низовых и древних до наивысших, управляющих самыми сложными, насыщенными разумом движениями и действиями. Конечно, в такой книге, как эта, где вопрос об уровнях построения является лишь необходимым пособием для разбора основной проблемы — о *ловкости*, можно дать только самые беглые зарисовки тех уровней, которые к настоящему времени удалось вычлениить науке о движениях человека.

Очерк V

Уровни построения движений

Уровень тонуса (А)

...По знаку летчика парашютист выбрался на крыло. Механический ветер рвал и свистел. Казалось, что шири пейзажа внизу, до краев налитые в глубокую чашу горизонта, мерно покачиваясь, трепещут пружинящей дрожью. Не хотелось разжимать инстинктивно стиснутых рук. Парашютист преодолел слабость и, свернувшись комочком, выронил себя вниз.

Свист оборвался разом, как отзвучавший выстрел. Человек стукнулся о мягкие подушки воздуха и пошел книзу ласточкой, расправив тело и откинув голову.

Опытный в затяжных прыжках, он спокойно ограждал себя от штопора, не напрягаясь и лишь легко шевеля левой рукой. Тело само принимало нужные положения, пока стрелка секундомера оттикнувала условленные километры...



Зарисовка, которую начат этот раздел, — один из очень не частых примеров выступления уровня А в роли ведущего уровня. В далеко преобладающем числе движений он уступает ведущее положение более молодым своим собратьям, но не стушевывается окончательно. Напротив, вряд ли найдутся такие движения, в которых не лежала бы в самом их основании работа этого «фона всех фонов». То, что она не бросается сразу в глаза, вполне вяжется



Прыжок на лыжах с трамплина

с ролью этого уровня как глубокого фундамента движений — ведь и фундаменты зданий глубоко скрыты под землю, и ребенок или дикарь и не подозревают об их существовании. В более или менее чистом виде он выступает как ведущий уровень в те быстротечные доли секунды, пока длятся полетные фазы некоторых (но не всех) видов прыжков: стартового прыжка и прыжка с вышки в воду, прыжка на лыжах с трамплина и т. д. Эта редкость его появлений в качестве инструмента, исполняющего «соло» при молчании остального оркестра, объясняется его крайней древностью. Уровень А и выполняемые им движения — солиднейший документ-доказательство нашего прямого происхождения от праматери рыбы, старейшего из позвоночных. Редкость его выступлений в ведущей роли прямо связана с тем, что человеку только в очень исключительных случаях доводится оказываться в положении, в котором рыба проводит все свои дни: *в положении равновесия с окружающей средой, вне ощутимого действия силы тяжести*. Очевидно, что у нас это может случаться только в редкие и краткие моменты так называемых состояний свободного падения. У водных существ как нельзя более у места были эти плавные движения, даже не столько движения, сколько выравнивающие шевеления, наклоны и скругления тела. Уровень А, как уже было сказано о нем в очерке III, был уровнем еще доконечностным, естественно специализировавшимся на мускулатуре *туловища и шеи*. Таким же туловищно-шейным он остался и по сию пору, вплоть до нас, людей, в то время как более новым образованием — конечностями — завладели и более новые уровни, начиная с В и выше.

Каждый, кто приглядывался к своим движениям, несомненно, знает по себе, как разнo между собою ведут себя в движении, с одной стороны, стволовая система тела — туловищешейная, а с другой — его же конечностное оборудование. Достаточно вникнуть в такие движения, как метание, прыжок с разбега, косьба, упражнения на снарядах и т. п., чтобы обнаружить упомянутую разницу со всей ясностью. В поведении *туловища и шеи*, держащей голову, преобладают плавные, упругие, выносливые движения; это приспособительное, подвижное поддерживание, которое представляет собою своего рода смесь равновесия и движения — статики и динамики. Оно удачно названо *статокинетикой**. Наоборот, движения

* Кинетика — раздел механики, изучающий движения тел под действием сил.

конечностей сильны, резки, они часто состоят из чередований (туда и обратно) и нацело и насквозь *динамичны*.

Объяснение этому приходит опять-таки из истории движений. С переходом жизни из водной среды на сушу получили сильно повышенный спрос движения твердые, резкие и сухие, как сама почва, на которой они совершаются, и отошли на далекий задний план движения плавные и текучие, как вода. В эту же пору выработались и конечности, а с конечностями пришел и новый верховный уровень В, с самого начала приладившийся к ним.

Можно было бы подумать, что самая суть этой яркой разницы движений — в различиях костно-суставных устройств туловища и конечностей. В шейно-туловищном стволе — мелкие звеньишки многочисленных позвонков, упруго, но не очень подвижно скрепленных в один гнущийся прут, подобный резиновой палке. В конечностях — жесткие, длинные звенья, между которыми находятся подвижные шарниры-суставы, отлично смазанные и сгибаемые почти без всякого трения. Однако первоисточник различия — не в этом. Без сомнения, и костно-суставные устройства, и нервно-мышечная система развивались, все время взаимно влияя друг на друга, но первую скрипку заведомо играла нервно-мышечная система. В итоге их взаимного срабатывания природе удалось возродить в туловищно-шейной системе почти всю допозвоночную, древнюю мягкость и изгибаемость. О чем хоть мало-мальски подобном могли бы помыслить для себя членистоногие — насекомые или раки? Что-то сходное имеется среди них разве лишь у сороконожек. И уж совсем своеобразно, что эта *беспозвоночная* по своему складу гибкость получилась у нас не в каком-нибудь ином месте тела, а как раз в области нашего *позвочника*.

По самой грубой схеме уровни А и В так и поделили между собой территорию тела: уровню А — ствол и опора, уровню В — движители* (конечности). Разумеется, это разделение является очень упрощенным, прежде всего потому, что над работой как того, так и другого уровня у человека довлеют высшие, корковые отделы головного мозга. Но, кроме этого, указанное разделение труда осложнилось и неизбежным взаимным вмешательством. Уровню В необходимо пришлось принимать участие и в работе *мышц туловища*, поскольку старинные и слабоватые «моторы» уровня А не управлялись с мощными и быстрыми движениями всего тела и отставали от конечностей. Наоборот, для уровня А нашлось настолько важное ответственное применение в управлении движениями *конечностей*, что он твердо вышел там на очень видные роли, но только в качестве «уровня фонов».

* Движители — части машины, служащие для приведения ее в движение за счет энергии, получаемой ими от источников последней — от двигателей. Примеры: паровозное колесо, пропеллер самолета, гребной винт и т. д.

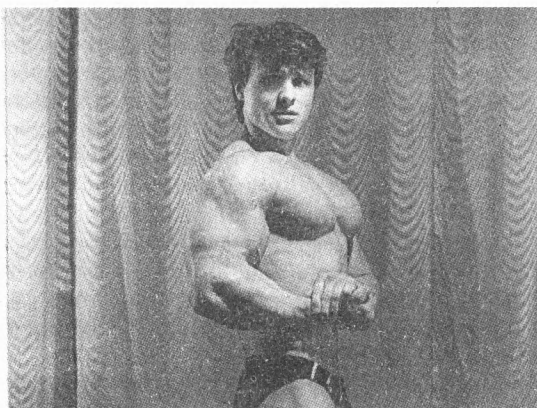
В очерке III, в разделе «Пороки поперечнополосатой мышцы», шла речь о крайне неудобных свойствах и манерах поперечнополосатой мышцы, точнее говоря — *ее анизотропии*. Там были указаны важнейшие недостатки: выстрелообразная *грубость сокращений*, их чрезмерная *кратковременность* и при всем этом *неуправляемость по силе*. Там же был упомянут и обходный способ преодоления последнего недостатка: поочередное, постепенное вовлечение в работу мышечных пучков там, где по смыслу движения требуется усиление напряжения, и такое же постепенное выключение их в обратном случае. Этот обходный прием очень напоминает собою способ, употребляемый в театрах для постепенного затемнения зала: групповое выключение ламп. Этот способ дает, конечно, не вполне плавную, а только ступенчатую постепенность, но отдельные миомы так мелки, что ступеньки совершенно незаметны. Тем не менее этот путь уж слишком окольный. В том же разделе очерка III мы обещали сообщить о другом, более тонком способе регулирования мышечной силы. Об этом мы сейчас и расскажем.

Первым делом необходимо отметить, что импульсы уровня А отличаются, может быть, из-за их исторической давности преобладанием в них древнего, химического возбуждательного начала, о котором было рассказано в первых разделах очерка III. В работе уровня А все еще, как в седую старину, во времена господства гладких мышечных клеток и бесскелетных устройств тела, электрические колебания остаются в роли побочного спутника при химическом посреднике — *медиаторе*. Этот химический способ передачи возбуждения, давным-давно оставленный всеми более новыми уровнями построения, целиком переключившимися на электрическую, телеграфную передачу, сохранился у человека во внутренних органах, которые и у нас оснащены гладкими мышечными клетками: в стенках желудка, кишечника, матки и т. д. Там он господствует и сейчас. И вот он же поднял вновь свою голову и в настоящем центральном мозговом уровне и нашел себе совершенно неожиданное применение по управлению скелетной новомодной поперечнополосатой мускулатурой. Обнаружилась возможность заставить поперечнополосатую мышцу работать совсем особым образом. Импульсы, испускаемые двигательными центрами уровня А, оказались способными вызывать у этой упрямой и непокорной мышцы точно такие же медленные, плавные, экономичные, умеренные по силе удлинения и укорачивания, какие присущи гладким мышечным клеткам мягкотелых животных и человеческих внутренностей. Что такое сокращается этим способом в поперечнополосатой мышце — те ли самые анизотропные элементы, которые от импульсов других уровней рвут, точно динамитные патроны? Или полужидкое вещество — саркоплазма, в которую погружены мышечные волокна? Это до сих пор неизвестно, но факт остается фактом. Физиологам пришлось пока ограничиться

удовольствием дать этим плавным, тонко управляемым по силе, медлительным сокращениям название. Их называли *тоническими сокращениями*, а самый образ действий поперечнополосатой мышцы по точному подобию с гладкими мышцами — *мышечным тонусом*. Из всех уровней центральной нервной системы почему-то только один уровень А умеет заставить поперечнополосатую мышцу говорить на этом чужом для нее языке, его одного она слушается в этом, и это создает ему очень веское и влиятельное положение в системе уровней. Как уже было сказано, более молодые уровни оказывают ему иногда помощь по части шеи и туловища своими мощными двигательными импульсами, но зато сам уровень А в гораздо большей мере помогает этим более новым уровням по адресу мускулатуры конечностей. Он обеспечивает всем конечностным мышцам *тонус*, т. е. то, что можно было бы назвать фоновым напряжением; он дает всему движению основную загрузку, на которой более новые и более тонко расчлененные (дифференцированные) уровни могут уже дальше рисовать узоры выводимых ими быстрых, ловких или силовых движений. Но и этого еще мало.

Как выясняется в последнее время, импульсы уровня А обеспечивают скелетным мышцам не только тонус и тонические сокращения. Может быть, еще важнее то, что они же могут очень тонко *управлять возбудимостью* как спинномозговых пусковых клеток, так и прикрепленных к ним мионов. А свойства поперечнополосатой мышцы таковы, что за изменениями в ее возбудимости совершенно точно следуют и изменения в той силе, с какою она сокращается в ответ на импульсы новых уровней построения. Уровни В или С, которыми мы займемся дальше, могут изменять силу своих двигательных импульсов в какой им угодно мере, и это, как мы видели в очерке III, *не произведет никакого впечатления на мышцу*, отгородившуюся от всех изменений законом «все или ничего». На все эти импульсы, если только они не слабее известного минимума, каждый мион будет отвечать сокращениями одной и той же неизменной силы. Но если уровень А своим языком скажет миону «усилься» или «ослабей», если он, прибегая к другому сравнению, предварительно подкрутит в ту или другую сторону фитиль у пусковой клетки миона, то этот последний послушно начнет отзываться на эти же импульсы с верхних уровней либо большей силой сокращений, либо меньшей, либо вовсе потухнет и совсем перестанет работать, как вкрученный до отказа фитиль керосиновой лампы.

Последний факт и играет огромную роль в координации движений. Управляющая мышечную возбудимость власть уровня А доходит до того, что он может вовсе угащать возбудимость пусковых клеток спинного мозга, как говорят «*блокировать*» их для идущих сверху двигательных импульсов. Один



пример, зато относящийся к явлению первостепенного значения и очень широко распространенному, покажет нам, для чего нужна подобная блокировка.

Так как наши *мышцы* не могут толкать кости, а способны только тянуть их в свою сторону, т. е. *обладают односторонним действием*, то, естественно, что для каждого из направлений подвижности в наших суставах должна иметься *пара мышц взаимно противоположного действия*. В локтевом суставе, например, одна мышца работает как сгибатель — это всем широко известный бицепс плеча*, другая, на задней стороне руки, — как разгибатель локтя (за свою трехглавость она называется трицепсом). Как легко понять, для беспрепятственной сгибающей работы бицепса необходимо, чтобы разгибатель — трицепс, растягиваемый при сгибании локтя, не сопротивлялся бы, не тянул бы свою сторону, как взводимая пружина, а безропотно уступал бы дорогу. В следующей фазе движения очередь дойдет до него, он начнет сокращаться и разгибать локтевой сустав; тут, наоборот, сгибателю — бицепсу придется озаботиться тем, чтобы как можно меньше обременять это движение своею упругой особой.

Тут и начинается закусисная управляющая работа уровня А. Он делает с пусковыми клетками и мионами мышц противоположного действия как раз то, что делают с цилиндрами паровых машин их *золотниковые механизмы*. Как эти механизмы поочередно включают в работу один из цилиндров и выключают другой или другие, так и импульсы уровня А действуют через спинномозговые клетки на возбудимость мышц. Когда надо отключить разгибатель, спинномозговые клетки его мионов становятся невозбудимыми, а их тонус падает, т. е. длина и степень растяжимости

* В локтевом суставе есть и еще одна мышца-сгибатель, работающая сообща с бицепсом, — внутренняя плечевая мышца. Ее наличие ни в чем не меняет дела в тех физиологических взаимоотношениях, которые рассматриваются в тексте.

увеличиваются; в следующей фазе движения — наоборот. Не требует особых разъяснений и подчеркиваний то, насколько этот скрытый, черновой *фоновый механизм* важен для гладкого и экономичного протекания движения.

Как велика и значительна в общем и целом фоновая работа уровня А, ярче всего заметно на болезненных случаях, когда по каким-либо причинам она нарушается в ту или другую сторону. Тут появляется либо общая скованная одеревенелость всего тела, мертвенная маска ничего не выражающего лица, скудные, с большим трудом начинаемые движения либо, наоборот, глубокая разболтанность и расслабленность во всех суставах. Такому больному, лишенному тонуса, можно легко закинуть обе ноги за голову или завязать его всего чуть ли не узлом, сам же он ни одного связного движения, ни одного даже умеренного усилия произвести не может.

Здесь нельзя обойти вопрос о том, имеет ли рассматриваемый уровень какое-либо *касательство к ловкости* и какое-нибудь значение для последней. Так как уровень А *не ведет* у человека никаких движений и даже по отношению к позам тела бывает ведущим только в совсем особых, исключительных случаях, то, очевидно, можно ставить эти вопросы только применительно к его *фоновой службе*. Мы должны выяснить, имеет ли какое-либо значение для проявления качества ловкости та или другая степень развития или совершенства фонов, доставляемых уровнем А?

Несомненно, имеет, и немалое. Сутулая, согбенная фигура, вялость мышц, руки, обвисшие вдоль тела, как белье на веревке, легко наступающие головокружения — вот, может быть, в несколько сгущенных красках, что получается при неблагополучии с уровнем А, даже не имеющем под собой никаких непоправимых, анатомических мозговых повреждений. Ясно, что пытаться проявлять ловкость с таким двигательным аппаратом — все равно что писать сломанным карандашом.

Однако если чрезмерно расширять границы понятия *ловкости*, имеется опасность довести их до совпадения с границами того, что вообще называется *хорошей координацией движений*. Между тем оба эти понятия — не одно и то же, и было бы жаль лишиться по невнимательности четкого понятия настоящей ловкости, ценного и нужного во многих отношениях. Поэтому приходится сказать, что необходимой предпосылкой для ловкости является хорошая двигательная координация, а уж для этой последней столь же необходима безупречная фоновая работа уровня тонуса и осанки (А). Подобно этому для того, чтобы испечь хлеб, нужна мука, а для того, чтобы выросло зерно, из которого она делается, нужен дождик; однако было бы неточно сказать, что необходим дождик для того, чтобы испечь хлеб. В последующих уровнях построения мы встретим гораздо более четкие и непосредственные предпосылки для ловкости.

В заключение этой характеристики необходимо прибавить,

что действия уровня А — и в роли ведущего, и в роли фонового — почти полностью *непроизвольны* и в большой степени ускользают от нашего сознания. Он — глубоко внизу, в трюмах мозга, и нам очень редко доводится спускаться туда, чтобы обозреть и проверить его работу сознательным наблюдением. Но он обычно хорошо оправдывает доверие, не любит вмешательств и так же благополучно обходится без них, как и внутренние органы тела. Двенадцатиперстная кишка или селезенка тоже ведь не часто докладывают нашему сознанию о своей работе!

Уровень мышечно-суставных увязок (В). Его строение

(Из путешествия по удаленным планетам)

...Прямо на меня мчалась изумительная машина, совершенно непохожая на все виденные мною до сих пор. Она неслась так быстро, что я не мог сразу рассмотреть ее. Она заведомо не имела ни одного колеса и тем не менее двигалась вперед с чрезвычайной быстротой. Насколько я мог заметить, основу ее составляли два мощных и гибких стержня, по-видимому состоявших каждый из нескольких частей. Они так быстро меняли свои формы, удлинялись и втягивались, складывались и распрямлялись, мелькая друг мимо друга и описывая сложные дуги необычайной стройности и красоты, что невозможно было проникнуть в суть и секрет их поразительного движения. Как еще далека наша, знакомая мне, техника от подобных механизмов!!!

...Мне протянули трубу, называемую «лупой времени». Глядя в этот прибор, можно было видеть движения предметов замедленными, продленными в несколько раз. Смотря в нее вслед уносившейся машине, я имел возможность подробнее взглядеться в нее. Каждый стержень поочередно проносился вперед по длинной и сложно изогнутой дуге и, внезапно расправясь, мягко опирался на почву, затем точно молния пробежала по нему сверху донизу, и он отталкивался от земли мощным упругим толчком, снова уносясь вверх. В верхней части корпуса машины находились два других подобных же стержня, но значительно меньшей величины. Насколько мне удалось понять, они были связаны с нижними какою-то внутренней передачей и двигались с ними в едином ритме, но их прямого назначения я не сумел разгадать.

...Как мне объяснили, машина эта заключает в себе более двух сотен двигателей разной величины и силы, каждый из которых выполняет свое особое назначение. Центральный пост управления помещается на самом верху машины, где расположены электрические устройства, автоматически объединяющие и согласовывающие работу всех этих сотен моторов. Именно благодаря им рычаги и стержни в состоянии описывать те сложнейшие кривые, которые позволяют машине нестись без всяких колес быстрее, чем мчится ветер...

Читатель извинит автору небольшую мистификацию. Эта картинка не из путешествия земного человека на дальние планеты, а из путешествия жителя одной из планет — Сириуса — на Землю, и увидел этот сириусянин просто... бегуна-спринтера. Эта зарисовка показалась нам подходящим вступлением к характеристике уровня мышечно-суставных увязок (В).

Уровень мышечно-суставных увязок, иначе — уровень синергий, с присвоенным ему буквенным знаком В, читателю уже зна-

ком. Это именно он выработался для обслуживания разнообразных *локомоций* по суше, а потом и по воздуху, когда в них приспела необходимость у позвоночных. Он — современник и партнер их *конечностей*. Он, наконец, первый уровень построения у позвоночных животных, применивший для длительных и сильных сокращений поперечнополосатых мышц тела те частые цепочки импульсов (по 50—100 в секунду), так называемые *тетанусы*, о которых уже было рассказано в разделе «Пороки поперечнополосатой мышцы» очерка III.

Каждый *уровень построения движений* — это ключ к решению определенного *класса двигательных задач*. Очерк III показал нам, что и задачи синергий больших мышечных хоров, и задачи всяческих локомоций возникли очень давно: они гораздо старше всех позвоночных животных и родились вместе с продолговатыми животными формами и их телерецепторами. Оттуда ведет свое происхождение и уровень В. Это почтенный старец, он, по сути дела, старше, чем «рыбий» уровень А. Именно вследствие его старости не удивительно, что на его долгом веку ему довелось пережить много биологических изменений. Он обитал в передних (грудных и головных) нервных узлах членистоногих, обосновался у позвоночных в системе нервных ядер так называемого промежуточного мозга, когда эти ядра еще были верховными во всей нервной системе, и, как увидим вскоре, вынужден был сдать многие из своих позиций и наследственных прав, когда пришли и захватили власть более молодые и сильные передние отделы мозга.

В истории развития головного мозга очень ярко проявляется один неуклонно совершающийся процесс, который получил название *энцефализации**. Он состоит в том, что по мере возникновения новых этажей и надстроек в мозгу в них одни за другими переключиваются отправления, которые раньше обитали в более низовых и старых отделах мозга. Несколько выше у нас был случай упомянуть о том, как постепенно все больше утрачивал свою самостоятельность спинной мозг. Еще у лягушки после полного ее обезглавливания он в состоянии управлять многими сложными и целесообразными рефlekсами. Быстро обезглавленная курица может пробежать сотню своих шагов, может даже взлететь на высокий балкон. Кошка после отделения у нее спинного мозга от головного путем перерезки уже не может ходить, но у нее сохраняется один из важных фонов ходьбы: чередующееся переступательное движение лапами, которое можно обнаружить, если подвесить ее туловище на лямки. У человека, как показывают соответствующие заболевания, и этот чередовательный, переступательный фон требует для своего управления сохранности уровня В, т. е. уже середины головного мозга.

* Энцефализация — от греческого слова «энцефалон» (буквально — «внутриголовное»), означающего головной мозг. Слово это, быть может, знакомо читателю по вошедшему в быт выражению «энцефалит» (воспаление мозга).

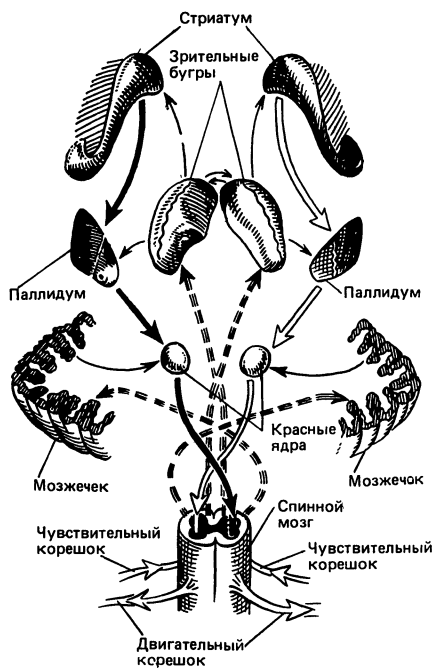
Таким же порядком ушло кверху и многое из того, что долгие миллионы лет было неотъемлемым достоянием уровня В. Он все еще *уровень синергий* и мышечно-суставных увязок, но уже не уровень локомоций, как был когда-то. Мы застаем его у человека на очень и очень ответственных *фоновых ролях*, но значительная часть тех отправок, по которым он был ведущим еще у низших пресмыкающихся, с тех пор эмигрировала из него кверху, к более современно и тонко оборудованным разделам мозга. Мы и найдем их все в следующих разделах, под буквою С.

Ознакомимся вкратце с анатомической основой уровня В у человека. Это стоит сделать еще и потому, что как раз у этого уровня она очень отчетливо отражает в себе принцип *сенсорных коррекций*, который мы выдвинули как самую главную основу всей двигательной координации.

Двигательные нервные ядра уровня В, так называемые паллиумы, или бледные шары, находятся в самой глубине головного мозга. Исходящие из них двигательные нервные проводники тянутся от них не дальше как на 2—3 сантиметра книзу, до так называемых красных ядер, как составы груженных вагонов с го-

родских складов до ближайшей большой товарной станции в предместье. Эти красные ядра представляют собою исполнительные нервные центры низового уровня А; на них-то кроме их самостоятельных отправок по специальности этого уровня и ложится добавочная нагрузка по переотправке импульсов уровня В вниз, к пусковым клеткам.

Конечно, красные ядра не оставляют «грузов», прибывающих к ним сверху, от паллиумов, «нераспечатанными», они их видоизменяют и перерабатывают. При этом, несомненно, красные ядра отправляют вниз импульсы своего собственного уровня А, одним физиологическим способом, так сказать, на одном языке, а транзитные импульсы уровня В — на совсем другом. Здесь физиологии предстоит еще многое доисследовать.



Главные чувствительные и двигательные ядра экстрапирамидной системы. Схема связей и проводящих путей: двигательные пути — сплошные, чувствительные — пунктирные стрелки

Чувствительными (или рецепторными) центрами уровня В служат самые большие из внутримозговых ядер (см. рисунок): это пара нервноклеточных скоплений, носящих старинное анатомическое название *зрительных бугров* или, по-латыни, *тáлямусов*. Эпитет «зрительные» — очень неудачный, отразивший в себе всю глубину неведения тех давнишних ученых, которые были первыми путешественниками по дебрям мозга и окрестили именами все образования, встречавшиеся им на пути. Как раз к зрительным нервам и к зрению талямусы, как оказалось впоследствии, имеют очень слабое касательство.

Тáлямусам очень пристало название мозговых *центров*. В них собираются со всех без исключения пунктов тела нервные проводящие пути *всей осязательной чувствительности* с множеством ее подразделений: чувством прикосновения, давления, тепла — холода, боли и т. д. и *всей суставно-мышечной чувствительности*, которой мы, еще во втором очерке, присвоили название *проприоцептивной*. Все эти нервные пути прибывают в талямусы непосредственно от чувствительных нервных окончаний в коже, мышцах, сухожилиях и оболочках суставов, без каких-либо перерывов или промежуточных станций. Поэтому талямусы получают всю чувствительную сигнализацию указанных видов самым прямым и быстрым порядком, так сказать, из первых рук.

Исторически талямусы были еще богаче. По своему строению они очень напоминают собою большие мировые столицы. Как вокруг Москвы или Нью-Йорка постепенно создались целые семейства предместий и пригородов, почти слившихся с самими этими мировыми центрами и образовавших вкупе с ними огромные скопления («Большая Москва», «Большой Нью-Йорк» и т. п.), — так приблизительно получилось и с тáлямусами. Если причислить к ним мелкие нервные ядра и ядрышки, примыкающие к ним со всех сторон, то окажется, что эта система «больших талямусов» включает в себя буквально всю телесную чувствительность без изъятия. В «пригороды» талямусов сходятся и зрительные нервы, и слуховые, и обонятельные; к ним же подходят и те нервные ветви, которые связывают головной мозг с нервным оборудованием внутренностей и, значит, доводят до «больших талямусов» и сигнализацию внутренностной чувствительности.

Легко представить себе, что при таком абсолютно всестороннем и прямом чувствительном оснащении тáлямусы стали действительно «центрами» всей телесной рецепторики, и ни один отдел мозга не был в состоянии соперничать с ними по части *сенсорных коррекций*. Пока не существовало ни телерецепторики, ни поперечнополосатых мышц, ни локомоций, мало-мальски заслуживающих этого названия, природа кое-как обходилась без сенсорных коррекций. Но уж зато, когда они потребовались неотвратимо, эволюция создала для них первым же делом орган, действительно честно отвечающий своему назначению. Зато ни один уровень, ни уже описанный А, ни один из последующих более но-

вых, не имеет способности управлять такими обширными, всеобъемлющими синергиями, как описываемый сейчас уровень В. Такие движения, как бег, прыжки, кувыркания, упражнения на снарядах, борьба, плавание и так далее, возможны только благодаря богатствам информации, собираемой тэлямусами.

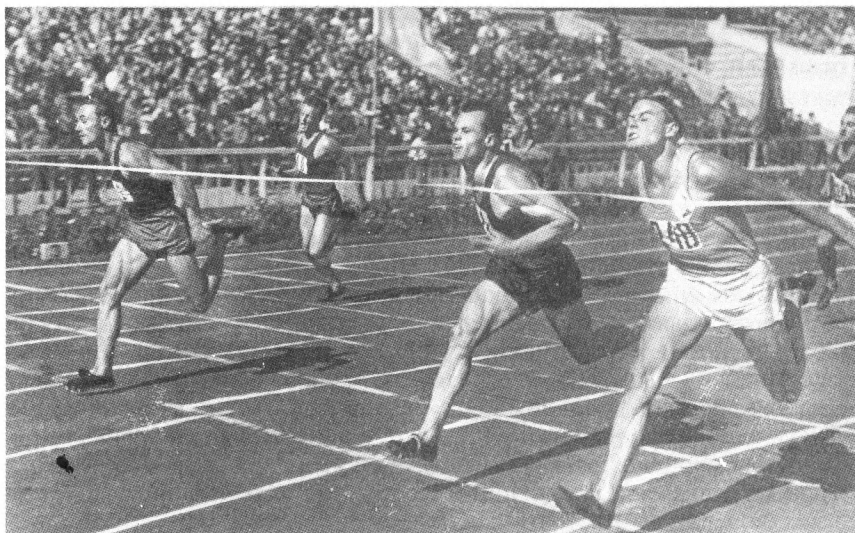
Неумолимая «энцефализация» наложила свою руку и на уровень В. Проводящие нервные пути телерецепторов, органов зрения, слуха и обоняния, делают у человека в области тэлямусов лишь пересадку, перепряжку и направляют далее, кверху, в кору мозговых полушарий, захватывая в ней большие, тонко расчлененные территории. Контактная чувствительность, осязание, боль, суставно-мышечное чувство тоже пробили себе пути в кору и основали там свои крупные представительства, но они сохранили все-таки тесную связь с главными ядрами тэлямусов, куда их сигналы заходят в первую очередь на своем пути от разных точек тела. По части же дальнедействующих рецепторов тэлямусы высших млекопитающих и человека сильно слеповаты и глуховаты.

Этим перекочеванием объясняется и обеднение списка движений, самостоятельно выполняемых уровнем В. Он сохранил влиятельнейшее положение в качестве *фонового уровня*; это видно хотя бы из только что сделанного беглого перечня движений с крупными синергиями, необходимо заинтересованных в нем, но для положения *ведущего уровня* ему, с его подслеповатостью, уже многого не хватает.

Уровень мышечно-суставных увязок (В). Его отправления

Для того, чтобы ясно представить себе служебное положение и рабочую нагрузку уровня В у человека, просмотрим сперва вкратце его плюсы и минусы.

Главный плюс этого уровня уже указан. Это — его исключительная, не повторившаяся ни в одном из позднейших уровней способность управлять большими хорами мышц, большими синергиями. Мы нарочно сделали упор на это его свойство в эпиграфе, изображающем бегуна-спринтера, по недоразумению принятого за машину. После всего сказанного в очерке II о степенях свободы, о том, как наиболее мощная сегодняшняя техника едва-едва начинает осваивать только вторую из них, — после всего этого нам легко будет понять то удивление, какое способно было бы вызвать зрелище бегущего человека у абсолютно неискушенного наблюдателя. Наша беда в том, что мы бесконечно привычны ко всему тому неисчерпаемому потоку чудес, которые ежечасно расточает перед нашими глазами живая природа. Для того, чтобы вновь обрести способность удивляться им, кажется, в самом деле



Финиш бега на 100 м

необходимо залезть в шкуру экскурсанта с Сириуса. Может быть, не мешало бы нам почаще делать это!

Движения, лежащие на ответственности других, более высоких уровней, несравненно более сдержанны и скупы в отношении одновременно запрягаемых ими мышц, если только они не делают займа и уровня В, привлекая его в качестве фона, например при всякого рода локомоциях. Указанная особая способность уровня В делает его, так сказать, главным пультом управления по всем мышечным двигателям нашего тела. Он выступает в роли важнейшего фона отнюдь не только тогда, когда требуется мобилизация всех сотен мышц тела, сверху и донизу; не будучи таким гордым, он с готовностью берет на себя всякие синергии, даже в пределах одной только руки (например, в действиях письма, вязания крючком, завязывания узелка одной рукой).

Опять-таки благодаря теснейшей связи уровня В со всей рецепторикой движения под его управлением получаются всегда очень складными и стройными. Они выходят грациозно даже у совсем не грациозных людей. Они прекрасно налажены не только в каждый данный момент; этот же уровень мастерски организует движения и во времени, *управляет ритмом* движения, обеспечивает чередование работы мышц сгибателей и разгибателей и т. д. Что еще очень характерно для движений, за управление которыми берется этот уровень, — это необычайная, отекающая *одинаковость* последовательных повторений движения (так называемых *циклов* его) при всевозможных ритмических движениях. После-

довательные шаги при ходьбе или беге получаются одинаковыми, как монеты одной и той же чеканки: последовательные циклы движений при работе пилой, напильником, косой, молотом и т. д. похожи друг на друга гораздо больше, чем две капли воды.

Это свойство очень тесно связано с образованием *двигательных навыков* и с *автоматизацией* движений, и мы еще вернемся к нему в следующем очерке.

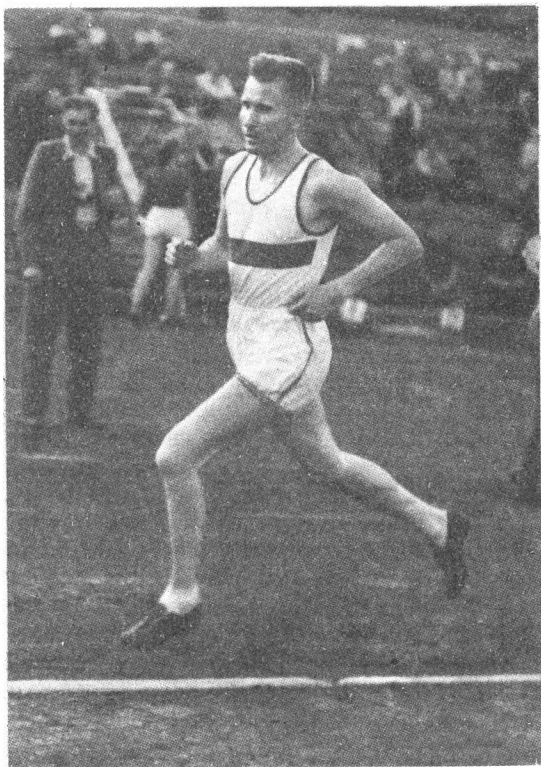
При таких богатых возможностях, казалось бы, уровень мышечно-суставных увязок (В) мог бы управлять очень большим числом всякого рода движений. Препятствием для этого оказывается уже упомянутый пробел в его чувственной информации: *он плохо связан у человека с телерецепторами* зрения и слуха, нервные пути которых ушли от него кверху. Поэтому, как очень легко представить себе, он прекрасно приспособлен к тому, чтобы обеспечить всю *внутреннюю увязку* движения, согласовать между собою поведение мышц, наладить нужные синергии и т. д. Но приноровить скомпанованное таким порядком сложное и стройное движение к внешним условиям, к реальной окружающей обстановке — вот это ему не по силам.

В качестве примера взглянем на *ходьбу*. Даже при выпрямленной, двуногой походке, присущей человеку, в этот двигательный акт втянуты все четыре конечности, качающиеся взад и вперед в общем ритме. Нет такой мышцы во всем теле, которая не была бы как-то вовлечена в работу либо опорную, либо основную динамическую шагательную. Если бы человек оказался вдруг где-то в межзвездном беспредельном пространстве, то, наверное, уровень В сумел бы без добавочной помощи обеспечить ему в этом «отсутствии всякой обстановки» точное выполнение всех движений нормальной ходьбы. К сожалению, только она была бы там бесполезной. Действительная же ходьба, от которой может получиться реальный прок, совершается по какой-то поверхности, в каком-то направлении, в каких-то условиях: почва твердая, мягкая, скользкая, неровная и т. д.; под ногою то камешек, то канавка, то лужа, то ступенька; в пути то уклон, то поворот, то порыв ветра, то встречный пешеход... На все это нужно своевременно и соответственно откликаться. В первую голову для всего этого нужны *сигналы телерецепторов*; главное же, как увидим в следующем разделе, даже не они сами по себе (слепые могут же ходить без помощи зрения!), а особенная форма организации всех внешних впечатлений в целом, до которой уровень В «не дорос» и которая одна только в состоянии доставить потребные для всего перечисленного сенсорные коррекции.

Здесь напрашивается одно сравнение, которое лучше всего пояснит роль уровня В и его слабые места. В движениях, подобных ходьбе, бегу и т. д., этот уровень делает то же, что бортмеханик на самолете: следит за правильной работой и главных ведущих моторов, и всех вспомогательных механизмов на борту,

и всех приборов управления, и т. д. Роль же ведущего уровня при ходьбе или беге (это будет, как увидим ниже, уровень С) — это роль летчика-пилота, который ведет машину по требуемому курсу, выравнивает ее при качаниях, воздушных ямах, переменах ветра и т. д., уже не заботясь о том, что творится внутри машины. Уровень В *неоценим для внутреннего управления движением*, когда какой-либо из *вышестоящих уровней берет на себя его пилотирование*.

Как призванный *фоновый уровень*, он работает по большей части *без привлечения сознания* — это вообще участь всех фонов. Многие в его отправлениях *непроизвольно*, полностью или в какой-то мере, хотя они несравненно более доступны для произвольного вмешательства, чем глубокие, «подземные», тонические фоны из уровня А. Нельзя, конечно, ожидать, чтобы в уровне мышечно-суставных увязок имелись в каком-то заранее заготовленном виде фоновые, вспомогательные координации для всевозможных движений и навыков, приобретаемых человеком в



Александр Пугачевский,
рекордсмен и чемпион СССР на средние дистанции

течение его жизни. Этого и нет на самом деле. Уровень В хорошо приспособлен у человека к *усвоению жизненного опыта*, к построению новых координаций и хранению их в сокровищнице двигательной памяти. (Это будет рассмотрено подробнее в следующем очерке). К зрелому возрасту уровень В бывает переполнен всевозможными фонами, выработанными им по заявкам вышележащих уровней, которым эти фоны требовались по ходу выработки навыков. Эти «фоны на заказ» и есть то, что называется *автоматизмами* (о них будет речь ниже). Нет ничего удивительного, что такой обогащенный всяческими «заказными» фонами зрелый уровень В легко может подобрать в своей, так сказать, фонотеке прекрасно подходящие или, на худой конец, более или менее подходящие фоны для очень многих незнакомых или непривычных движений, с которыми человек столкнется впервые в эту пору своей жизни. Это дает ему большую маневренность, легкость овладения самыми различными навыками и сноровками и очень увеличивает его средства к быстрой ориентировке в любом положении. Человеку с хорошо разработанной коллекцией фонов в «фонотеке» уровня В несравненно легче, чем другому, *без промедления найти двигательный выход из любого положения*. А это, как мы видели во вступительном очерке, и есть первоначальное и самое основное *определение ловкости*.

Анализ следующих вышестоящих уровней построения покажет, что двигательные возможности, заключенные в хорошо развитом уровне В, не есть еще сама ловкость, но это необходимые предпосылки для нее. В дальнейшем придется в связи с проводимой нами классификацией движений по уровням расчленить проявления ловкости на два больших класса, один из которых мы будем называть *телесной ловкостью*, а другой — *ручной ловкостью, предметной ловкостью или ручной сноровкой*. Мы увидим тогда, что двигательные средства уровня В являются важнейшей и единственной опорой для первой и одною из важных предпосылок для второй. Самое качество телесной ловкости мы впервые отчетливо обнаружим в ближайшем следующем уровне С. Но один этот уровень, если он будет предоставлен самому себе или будет обречен опираться в своей работе на плохой беспомощный уровень мышечно-суставных увязок, в состоянии будет сделать по части ловкости не больше, чем смелейший и искуснейший рыцарь, если он оседлает себе для турнира хромую клячу.

После всего сказанного читатель уже не будет удивлен, увидев список самостоятельных движений, ведущихся на уровне В, осыпавшемся, как дерево осенью. Большая часть того двигательного слоя, которым он ведал когда-то, ушла от него к вышестоящим отделам мозга.

Что ему осталось по части самостоятельных движений? Полунепроизвольные, полунеосознаваемые двигательные акты,



Татьяна Севрюкова, рекордсменка и чемпионка СССР и Европы по толканию ядра

в преобладающей части — более нежели второстепенной жизненной значимости.

Осталась в его ведении *мимика* —

Ряд волшебных изменений

Милого лица...

(А. Фет).

Осталась *пантомима* или мимика телодвижений: те выразительные произвольные жесты, сопровождающие и речь и все поведение, на которые сравнительно скупы сдержанные северяне и которыми пересыщен весь обиход живых, темпераментных жителей юга.

— А руками-то, я думаю, как работал! — ехидно замечает дядя Петр Иванович Адуев*, описывая растерянному племяннику, как тот, по его пред-

* И. А. Гончаров. «Обыкновенная история».

положению, объяснялся в любви. — Верно, опрокинул или разбил что-нибудь.

— Дядюшка, вы подслушали нас! — восклицает племянник в отчаянии от прозорливости дяди.

— Да, я там за кустом сидел!

Остается уровню В, наконец, из этой же группы движений — *пластика*; не движения западноевропейского, бального танца или народной пляски, близкие скорее к локомоторным актам, а танцевальные движения ленивого Востока, то тягучие, полные сладостной истомы, то прорывающиеся змеистым, страстным устремлением. Дальше пройдут перед нами движения ласки, нежности, осуществленной страсти; движения расправления своего тела, потягивания, зевка; кое-что из вольногимнастических телодвижений в духе Мюллера; наконец, ряд привычных, у каждого человека своих, полумашинальных жестов вроде почесывания за ухом, верчения пуговицы, поигрывания перстами, как у толстого Увара Ивановича из тургеневского «Накануне», и т. п. (эта последняя группа жестов, по существу, очень близка к вилянию хвостом у четвероногих). Вот более или менее и все, что уровень В может нам предъявить.

Совсем другая картина получается, когда мы берем в руки список его же *фоновых выступлений*. Здесь уровень В преобразается, приосанивается и показывает себя во всем блеске и разнообразии своих дарований. Из изложенного уже ясен стиль и смысл его фоновой работы; перечисление же конкретных примеров будет гораздо более уместным в следующих разделах, при характеристиках самих движений, которые он вспомогательно обслуживает.

Уровень пространства (С). Его строение

«Другим его преимуществом была способность верно оценивать время и расстояние. Он, понятно, не делал этого сознательно. Все было автоматически. Его глаза видели верно, а нервы верно передавали видимое его мозгу. Он обладал наилучшей, далеко наилучшей нервной, умственной и мышечной *координацией*. Когда его глаза препровождали в мозг движущееся изображение действия, то мозг его, без осознаваемого усилия, знал уже то пространство, в котором заключено действие, и то время, которое требуется, чтобы выполнить его».

(Джек Лондон «Белый Клык»)

«Слушай теперь, что скажу, и заметь про себя, что услышишь. Завтра наступит он, день ненавистный, в который покинуть дом Одиссеев принудят меня; предложить им стрельяные из лука в кольца хочу я: супруг Одиссей здесь двенадцать с кольцами ставил бывало жердей, и те жерди не близко ставил одну от другой, и стрелой он пронизывал кольца все. Ту игру женихам предложить я теперь замышляю: тот, кто согнет, навязав тетиву, Одиссеев могучий лук, чья стрела пролетит через все (их не тронув) двенадцать колец, я с тем удалюсь из этого милого дома».

...Как певец, привыкший
цитрою звонкой владеть, начинать песнопенье готовясь,
строит ее, и упругие струны на ней, из овечьих
свитые тонко тягучих кишек, без труда напрягает,
так без труда во мгновение лук непокорный напряг он.
Крепкую правой рукой тетиву натянувши, он ею
шелкнул: она провизжала, как ласточка звонкая в небе.
К луку притиснув стрелу, тетиву он концом оперенным,
сидя на месте своем, натянул, и, прицелясь, в кольца
выстрелил — быстро от первого все до последнего кольца,
их не задев, пронизала стрела, заощренная медью.

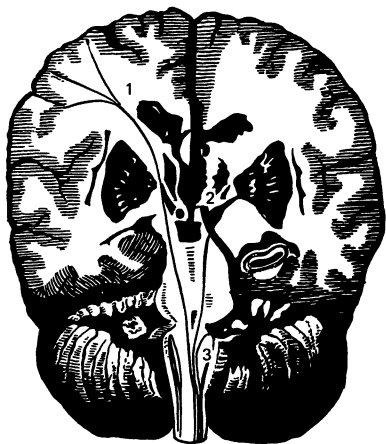
(Одиссея, песни XIX и XXI).

Новый уровень построения входит в приемную на наш очередной смотр.

Это — чрезвычайно интересный и сложный уровень. Он имел бы право на наше пристальное внимание уже потому, что в нем мы впервые сталкиваемся с носителем огромных, богатейших списков самостоятельных движений, а не одних только фонов, как было сплошь раньше. К тому же, как это скоро выяснится, именно в нем нашли себе опору очень многие из движений, интересных для физкультурника: почти вся гимнастика, легкая атлетика, акробатика и еще многое, не говоря о фонах, которыми он обслуживает всю область физической культуры.

Уровень С не так-то просто разгадать и осмыслить у человека с первого взгляда. Он значительно сложнее предыдущих по своему строению и производит впечатление какого-то двойственного, двойного. Он обладает двумя очень разнородными и никак не связанными между собой *системами двигательных нервных центров* в мозгу и двумя же не менее разнохарактерными *системами чувственной, сенсорной сигнализации*. Он имеет такой вид, как будто полностью занимает в головном мозгу два этажа. Между тем это, вне всякого сомнения, один уровень, а не два отдельных, и при этом уровень очень слитный, цельный, обнаруживающий чрезвычайно характерные, больше нигде не повторяющиеся черты.

Что до этой двойственности, то при внимательном анализе дело разрешается просто. Мы застаем уровень С у человека в *переходном состоянии*: в самом разгаре того самого *процесса энцефализации*, о котором уже было у нас несколько упоминаний. Он как раз теперь покидает верхний этаж экстрапирамидной двигательной системы (*эдс*) — этаж уже известного нам (по птицам) стриатума, в котором он обитал нацело до образования у млекопитающих пирамидной, новодвигательной системы. Он завел дело своего переезда на другую квартиру настолько далеко, что в его новом адресе тоже сомневаться не приходится: все низовые разделы корковой двигательной системы — пирамидной (*пдс*) — уже полностью им освоены. Половина имущества и обстановки еще внизу, у старого очага, половина рас-



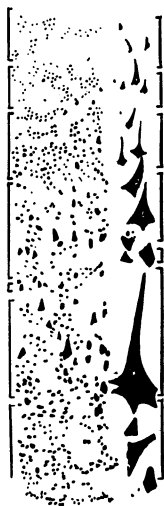
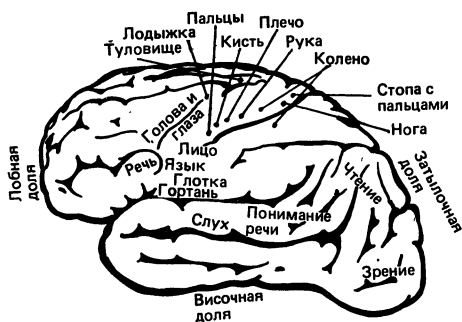
Вертикальный разрез головного мозга плоскостью, проходящей позади ушей: 1 — маршрут пирамидного пути, 2 — путь паллидума, 3 — путь мозжечка

ставлена по просторной жилплощади передних центральных извилин коры больших полушарий. Конечно, *увидеть динамику* этого переселения по энцефализационному ордеру нашей сегодняшней науке не под силу. Объективному изучению мозга еще нет 150 лет, а такие переселения заведомо требуют не меньшего количества тысячелетий. Заметить их так же невозможно, как заметить движение часовой стрелки, проследив за ней в течение четверти секунды. Но через 100—200 тысяч лет, несомненно, уровень С человека станет уже окончательно корковым, пирамидным, а стриатумы отойдут скорее всего в распоряжение уровня мышечно-суставных увязок (В), которому они

обеспечат лучшие, более тонкие и совершенные отправления, чем те, что доступны ему сейчас.

У преобладающей части высших млекопитающих, уже имеющих у себя в мозгу *ндс*, уровень С все еще в основном гнездится в системе стриатума. У этих животных (например, у кошки и собаки) полная перерезка с опытной целью пирамидного проводящего пути одной стороны вызывает только небольшую хромоту, проходящую через короткое время без остатка. У человека расстройства, вызываемые выходом *ндс* из строя (это часто бывает после так называемого «удара»; говорят: «с ним случился удар», «его хватил удар»), не выправляются до конца жизни.

Ознакомимся с работой уровня С. Класс двигательных задач, которые вызвали его к жизни и по общему характеру которых мы называем его «*уровнем пространства*», очень стар. Он заведомо старше *ндс*, он старше и стриатума. Это — тот самый класс задач, который возник в связи с переходом позвоночных животных на сушу и в воздушную стихию и с образованием у них конечностей: класс сперва главным образом одних локомоций, а потом, с его развитием, класс вообще владения окружающим пространством. Особенно заострилась необходимость такого высокоразвитого особого уровня пространства, когда оно стало *обширным* — со времени возникновения *телерецепторов* — и притом *доступным* во всех частях благодаря сильным рычажным *конечностям*, вооруженным поперечнополосатой мускулатурой. Энцефализация переселила этот уровень из паллидумов в стри-



Слева — вид левого полушария мозга человека с обозначениями важнейших центров мозговой коры. Справа — разрез мозговой коры в той области, откуда начинается пирамидный двигательный путь при увеличении около 40:1. У правого края при еще большем увеличении образцы клеток соответствующего слоя коры. Пирамидные аксоны начинаются от самых крупных клеток (клеток Беца) в пятом слое от наружной поверхности

атумы; на протяжении последних страниц эволюционной истории ему уже стало тесно и в стриатумах, и вот мы застигаем его между небом и землей, между *эдс* и *ндс*, на двух стульях.

Конечно, уровню пространства просторнее и лучше в новом корковом обиталище — мы увидим это воочию на примерах движений. Но он очень хорошо сумел извлечь все выгоды и из того двойственного, переходного положения, в котором он сейчас находится. Для тех движений, которыми он управляет, он использует *обе двигательные системы* — и экстрапирамидную, и пирамидную, со всеми оттенками и особенностями обеих; для своих сенсорных коррекций он опирается на чувственные сигнализации той и другой системы, а они очень заметным образом отличаются друг от друга и по составу, и по способу слияния и переработки сырых чувственных впечатлений. Это создает ему такие богатые *сенсорные «фонды»*, которые смело могут поспорить с фондами уровня В. Особенно богато и тонко расчленена чувствительная информация, которую доставляет кора полушарий мозга для *верхнего этажа* обсуждаемого уровня пространства. Здесь имеются обширные *зрительные* и *слуховые* области (первые — в затылочных, вторые — в височных долях полушарий) и особенно развитая, подробно отображающая всю поверхность тела *осязательная* область в самом непосредственном соседстве с пирамидной областью. Она же содержит в себе и представительство *мышечно-суставной чувствительности*. Рас-

положение всех перечисленных областей в коре хорошо видно на левом рисунке.

Пирамидная *двигательная* область коры и *чувствительная* область осязательных и мышечно-суставных (проприоцептивных) ощущений тянутся на каждом из полушарий мозга вдоль по обоим берегам глубокого, прямого оврага, называемого центральной или Роландовой бороздой; первая по переднему, вторая по заднему берегу. Нервные клетки — начала и концы соответствующих нервных проводников — не разбросаны по этим областям коры как придется. Наоборот, здесь царит самый точный и рациональный порядок. В *чувствительной* полосе в точности отображающих все тело сверху донизу, только в дважды обращенном виде а) левая половина тела отображена в правой полушарии мозга и наоборот; б) как в правой, так и в левой области тело воспроизводится *вверх ногами и вниз головой*.

Пункты *двигательной*, передней, полосы коры приходятся против соответствующих пунктов задней, чувствительной, полосы, размещаясь точно наравне с ними: как раз «через дорогу» от участка, на котором представлена, например, чувствительность кожи и мышечно-суставной оснастки бедра, находится участок, содержащий двигательные нервные клетки мышц бедра и т. д.

Пункты поверхности передней, двигательной полосы обладают *электрической раздражимостью*; если подвести слабый переменный ток к обнаженной поверхности мозга в пирамидной области (у человека это удобно и совершенно безвредно можно сделать во время операции на мозге), то можно получить сокращения любой мышечной группы тела по желанию, аккуратно перемещая концы проводников от точки к точке. Таким именно способом и составлены карты пирамидной области, подобные изображенной на (см. стр. 159) рисунке.

Однако та чувствительная сигнализация, на которую опираются сенсорные коррекции разбираемого уровня, обслуживает его не в сыром виде. Уже была речь о том, что снизу вверх по уровням все больше и больше возрастает переработка чувственного материала, слияние сигналов разных органов чувств друг с другом и сплетение их всех с многочисленными следами прежних воспоминаний. То сложное, тонко расчлененное соединение, или *синтез*, на котором покоится работа уровня С, мы называем *пространственным полем*.

Что такое пространственное поле?

Пространственное поле — это, во-первых, точное *объективное* (т. е. соответствующее действительности) *восприятие внешнего пространства* при сотрудничестве всех органов чувств, опирающемся вдобавок на весь прежний опыт, сохраняемый памятью.

Во-вторых, это есть своего рода *владение* этим внешним окружающим *пространством*. Мы можем без всякого труда и раздумья попасть пальцем в любую точку пространства, которую мы видим перед собой или ясно представляем себе. Это значит, что мы умеем мгновенно включить в работу то сочетание мышц руки, в той самой силе и последовательности, какие нужны для немедленного и безошибочного попадания в эту точку. Конечно, такое умение мгновенно сделать «перевод» с языка нашего представления о точке пространства на язык потребного сочетания мышц (как говорят, «мышечной формулы» движения) относится отнюдь не только к руке и пальцу. Нам также легко, не задумываясь, попасть в ту же точку пространства кончиком ноги, носом, ртом и т. п., не труднее сделать это и концом любого предмета, который мы держим в руке или в зубах. При несколько большей ловкости мы можем попасть в любую намеченную точку и путем меткого броска. Вот это и есть то, что называется «*владение пространством*» — вторая определяющая черта *пространственного поля*.

Нельзя обойти молчанием нескольких основных свойств пространственного поля, очень важных для уяснения работы разбираемого уровня построения.

Во-первых, это поле пространства, в котором мы «*владеем*» в указанном смысле каждой точкой, *обширно*, простирается далеко во все стороны от нашего тела.

Во-вторых, мы с уверенностью воспринимаем его как нечто *несдвигаемое*. Когда мы, например, поворачиваемся кругом на полный оборот, то нам, ни на мгновение не кажется, что весь окружающий мир повернулся вокруг нас, хотя сырые, непосредственные ощущения всех органов чувств говорят нам именно это. Те случаи (например, головокружение), когда нам начинает мерещиться, что поворачиваемся не мы, а внешний мир, мы относим, конечно, уже к болезненным нарушениям нормальной работы уровня пространства.

В-третьих, мы воспринимаем внешнее пространство как совершенно *однородное*, одинаковое во всех своих частях. Наши глаза, как известно, изображают нам все предметы в перспективе: близкие — крупными, далекие — маленькими; параллельные между собой рельсы кажутся нашим глазам сходящимися в одну точку на горизонте и т. д. И для нашего осязания, и для мышечно-суставного чувства разные точки пространства, безусловно, неравноценны между собой: на коже чередуются сильно и слабо чувствительные участки, с часто или редко размещенными по ним осязательными точками; мышечное чувство также имеет очень разную степень восприимчивости (в зависимости от положения тела или конечностей и т. д.). И тем не менее, несмотря на все это, внутренняя переработка этих сырых впечатлений в мозгу так глубока, что, когда целостное и слитное *восприятие пространственного поля* доходит до нашего ясного

сознания, все части и кусочки его становятся уже такими же однородными между собой, как в учебнике геометрии. Все те, очень многочисленные, искажения действительности, которые содержатся в непосредственных показаниях органов чувств, погашаются, исключаются и выправляются настолько полно, что мы и не подозреваем о многих из них. Многие из этих искажений действительности (так называемых чувственных иллюзий) и наукой-то были открыты всего лишь за последнее столетие — так полно умеет освободиться от всех них законченное, «набело переписанное» отображение пространственного поля, каким оно попадает в наше сознание и каким оно руководит коррекциями уровня С.

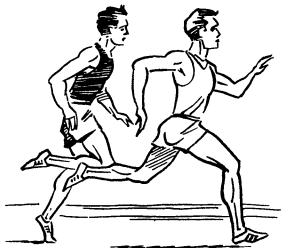
К этим трем важнейшим свойствам пространственного поля — его *обширности*, *несдвигаемости* и *однородности* — надо добавить еще то, что мы отчетливо воспринимаем *размеры* находящихся в нем вещей и *расстояния* их между собой, ясно отдаем себе отчет в *форме* предметов, окружающих нас, верно оцениваем *углы* и *направления*, узнаем и можем воспроизвести движения (например, нарисовать) подобные друг другу фигуры и формы и т. д.

Свойства движений в уровне С

Вот в этом-то пространственном поле и разворачиваются движения уровня С. Теперь нам легко будет уяснить себе, почему эти движения наделены такими, а не другими свойствами.

Они очень непохожи на те плавные, огромные, гармоничные синергии, какие мы видели на витрине движений предыдущего уровня В. Движения уровня пространства (конечно, если только они не пересыщены фонами из уровня В) обычно скупы и кратки. Они обладают какой-то деловитой сухостью, не втягивая в дело сколько-нибудь больших мышечных коллективов. Это, так сказать, камерные выступления мускулатуры.

Типичные движения уровня пространства — это *целевые переместительные движения*. Очень большая часть их — однократные. Они всегда ведут *откуда-то, куда-то и зачем-то*. Они переносят тело с места на место, преодолевают внешнюю силу, изменяют положение вещи. Это движения, которые что-то показывают, берут, переносят, тянут, кладут, перебрасывают. Они все имеют начало и конец, приступ и исход, замах и удар или бросок. Они непременно приводят к какому-то определенному конечному результату. Даже в тех случаях, когда движения повторительные (например, вбивание гвоздя, раскладывание карт по столу, ловля мух), то



за этой повторительностью, относящейся только к внешнему оформлению движений, всегда скрывается ясный целевой финал: гвоздь будет рано или поздно вбит по шляпку, карты все выложены и мухи переловлены.

С этим свойством движений уровня С стоит сравнить то, что типично для ранее описанного уровня В: можно ли говорить о целевом результате улыбки или о конечной цели, достигаемой зевком?

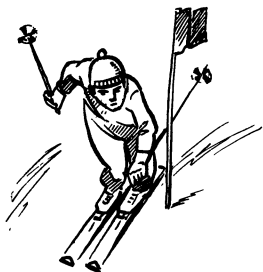
Вторая черта движений, ведущихся на уровне пространства, не менее выразительна, нежели описанный сейчас их целевой характер. Прежде всего, им присуща большая или меньшая степень *точности и меткости*; во всяком случае, оценка качества движений этого уровня прямым образом зависит от того, насколько они точны или метки. Ехать на велосипеде надо уметь так, чтобы проехать по узкой прямой доске; бросить или отразить ракеткой мяч так, чтобы этот выстрел мог потягаться с выстрелом Вильгельма Телля или Одиссея, о котором говорится в эпиграфе, и т. д. Оглянемся снова на уровень В: какая может быть точность у нахмуренных бровей или у движения ребенка, ласкающегося к своей матери?



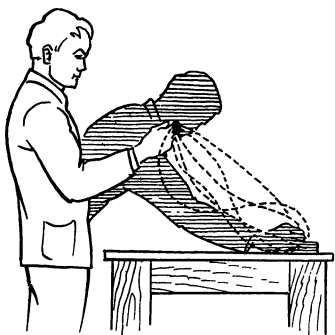
С другой стороны, эта же сторона движений уровня пространственного поля проявляется еще в одном свойстве, имеющем самое близкое *отношение к ловкости*.

Возьмите несколько раз подряд с одного и того же места какой-нибудь небольшой предмет, например коробку спичек. Сделайте это быстрыми и точными движениями и постарайтесь наблюдать за ними. Если вы опасаетесь, что наблюдение за собой сможет исказить ваши движения, сделайте те же наблюдения над другим лицом, не сообщая ему о цели опыта.

Вы непременно убедитесь, что *концы* всех повторяемых вами движений — моменты прикосновения к коробочке — очень точно сходятся в одно место, как лучи света собираются в фокус. Самые же *пути* движения руки от исходного согнутого положения к цели окажутся все непреднамеренно *разными*, расходящимися друг от друга больше чем на десяток сантиметров.



Непосредственная *причина* этого факта легко угадывается. Ответственная, смысловая часть проделанных движений — это их конец, взятие коробочки. За этой частью и следят со всей пристальностью коррекции уровня С, ведущего эти движения. Промежуточные, средние части движения не имеют значения для результата — ведущий уровень и ос-



Взятие спичечной коробки со стола (подробности в тексте)

тается к ним совершенно равнодушным.

Гораздо труднее понять то, каким образом такая полная *беззаботность коррекций* к средней части движения *уживается с их высокой бдительностью* к его концу — ведь кончик движения «насажен» на его предыдущую часть, как стальное перо на ручку или как наконечник копья на древко. Если древко копья будет разболтанное и непрочное, то какой меткости можно ожидать от острия?

Не углубляясь далеко в этот сложный вопрос нервной механики, наметим только в кратких словах, как *разрешается* в действительности *эта трудность*. Мы уже говорили, что огромный, накопленный день за днем, за всю жизнь опыт выработал в нашем мозгу — именно в уровне С — навык быстрого и безошибочного *перевода с языка представления* о точке пространства на *язык мышечной формулы* движения к этой точке. Каждый уголок пространства, до которого могут достигнуть наши конечности, так хорошо освоен нами, что все возможные способы достать до него или попасть в него для нас равны. Благодаря этому опыту, обработанному и впитанному в себя полушарий, нами давно достигнута полная взаимозаменяемость всех движений, ведущих к одной и той же пространственной цели. И в тех случаях, когда нам действительно все равно, которую из тысячи мышечных формул, ведущих к пространственной точке N, включить в работу, уровень С и включает первую, какая ему подвернется.

В этом свойстве заключается существенная разница между поведением коррекций уровней В и С. Уровень мышечно-суставной увязки (В) всегда исходит из *собственного тела*. Его чувствительность непрерывно и обстоятельно информирует его о положениях частей тела, напряжениях отдельных мышц, суставных углах и т. д. Естественно, что, когда строить движение доводится ему, он всячески сообразуется с *биомеханической стороной движения*; соблюдает наиболее удобный и экономный порядок включения мышц, заботится о выборе наиболее плавного и «обтекаемого» пути движения из того бесчисленного множества возможностей, которые предоставляются ему обилием степеней свободы. Именно поэтому его движения обычно так складны, непринужденны, даже изящны.

Не то уровень С. Он исходит из *прост-*



ранственного поля, из отметки той или другой требуемой точки пространства, расстилающегося перед глазами. Как сказано, это пространство — внешнее, обособленное от нас и не зависящее от нас. Поэтому понятно, что и коррекции уровня С, направляя движение, следят только за тем, как оно вписывается в это внешнее, чуждое нашему телу пространство. Как при этом оформится биомеханическая сторона движения, как будут изменяться положения суставов, даже то, удобно или неудобно расположатся промежуточные позы действующей конечности, — до всего этого уровню С чрезвычайно мало дела. Ему твердо известно одно: степеней свободы у руки достаточно, чтобы кисть ее могла быть приведена в любую точку досягаемого пространства, и даже многими способами. А как именно будут для этой цели группироваться между собой суставные углы — его это не касается. Может быть, как раз в этом причина известной угловатости, сухости движений, когда их исполняет уровень С.



Зато полученное этой ценой двигательное «владение пространством» дает нам столько преимуществ, что с избытком окупает эти незначительные минусы. Оно обеспечивает нам *выбор* среди не десятков и не сотен, а неисчислимых тысяч способов пробиться к одной и той же определенной пространственной цели. Когда движение течет без всяких осложнений (вроде взятия коробки со стола), то этот широкий выбор выливается просто в ненамеренное разнообразие неотчетливых частей движения, как мы только что видели. Но если по ходу движения возникнут какие бы то ни было непредвиденные затруднения, уровень С тотчас же мобилизует свои широкие возможности (а у него есть, из чего выбирать). Там, где уровень мышечно-суставной увязки, с его чеканными формулами движений, прекрасно припасованными к свойствам мышц и нравам суставов, встанет в тупик, там уровень пространства шутя покажет всю свою приспособительность и изворотливость.



Отсюда прямо приистекает третья характерная черта движений уровня пространства: *переключаемость*. Попасть в заданную точку пространства одинаково легко не только различными движениями одной и той же конечности, это так же легко сделать и правой и левой рукой, и локтем, и кончиком ноги, и носом и т. д.

Когда мы поднимаемся на высокую гору, мы беспрестанно переключаемся на самые разнообразные формы локомоций: движемся то шагом, то ползком, то карабкаемся, то цепляемся на руках. Гармонисту очень лег-



ко бывает переключиться с одной системы гармонии на другую, хотя расположение ладов или клавишей у различных систем разное. Скрипач легко переходит со скрипки на альт, хотя это требует значительных изменений в движениях левой руки. Лыжники знают, сколько существует разных взаимозаменяемых способов для поворота, торможения на спуске, подъема на косогор. Число примеров можно приумножать без конца, но они все говорят об одном: как только на сцену выступает *уровень пространства*, он неизменно приносит с собой *гибкость и маневренность*. А это свойство, если оно хорошо развито, оказывает движениям серьезные услуги, делая их приспособительными, «сноровистыми», «обладающими неоспоримой ловкостью».

Движения уровня пространства

После той тощей тетрадки, какую выглядела опись самостоятельных движений уровня мышечно-суставной увязки, полное собрание движений, управляемых уровнем пространства, выглядит неисчерпаемым морем. На этот раз речь уже идет не о фонах, которые он доставляет вышележащему уровню действий, а именно о самостоятельных, законченных двигательных актах. Нет никакой возможности составить что-либо вроде их каталога. Все, что здесь можно сделать, это выделить среди их изобилия самые главные и характерные группы так, чтобы в них уместилось все наиболее важное, и привести по каждой из групп по несколько типичных примеров.

Самые старинные и основные движения уровня пространства, ради которых он, несомненно, и организовался в самом начале, — это *локомоции*, передвижения всего тела в пространстве с одного места на другое. Перечислить их со всеми разновидностями, конечно, невозможно. Во главе их шествия выступают прародители всех сухопутных локомоций *ходьба и бег*. Каждая из обеих первичных локомоций ответвляет от себя по целому семейству разновидностей: пригибной шаг, ходьба на носках, церемониальные марши, бег на различные дистанции и т. д. Их окружает толпа локомоций всевозможных других видов: предок всех вообще локомоций на земном шаре плавание, ползание, лазанье, карабкание и т. д., вплоть до ходьбы на четвереньках и на руках. За всеми этими локомоциями, состоящими из бесчисленных повторений одних и тех же *циклов* движений



Рохлин, рекордсмен СССР по прыжкам в высоту

(их так и называют — *циклическими*), следует ряд локомоций однократного, *нециклического* типа: всяческие прыжки в высоту, с высоты и на дальность.

Если во всех перечисленных видах локомоций человек выступал одной только собственной своею особой и мог бы каждую из них выполнять нагишом, без единого предмета на себе и при себе, то дальше в этой процессии локомоций мы увидим передвижения, связанные с *применением* тех или других *вещей*. Перед нами проходят локомоции с простейшими приспособлениями: лыжи, коньки ледовые и роликовые, ходьба на ходулях, прыжки с шестом. Дальше — вереница локомоций, перемещающих вещи: переноска всевозможными способами тяжестей на себе; затем носилки, тележки, санки, тачки, бурлацкая лямка и т. п. Читатель вряд ли ожидал, что в нашем распоряжении такой объемистый каталог локомоторных передвижений.

Все эти локомоции — целостные движения всего тела, не оставляющие на нем без рабочей нагрузки ни единой мышцы. Вполне понятно, что спрос на вспомогательные фоны во всех этих движениях очень высок, особенно на фоны из уровня мышечно-суставной увязки (В). Здесь, в этих сложных, обширных движениях, где требуется стройная, чеканная увязка между десятками суставов и сотнями мышц, конечно, мышечно-суставному уровню выпадает много дела. Можно смело сказать, что девять десятых всей мышечной нагрузки при ходьбе или беге приходится на долю этого фонового уровня и не более одной десятой ложится на уровень, ведущий рулевое управление этими локомоциями. Это и не удивительно. На автомобиле или па-



Николай Озолин, рекордсмен СССР,
Европы, чемпион СССР



Александра Чудина, рекордсменка и
чемпионка СССР по прыжкам в высоту
с разбега

роходе, например, мышечная работа водителя или рулевого тоже ведь ступеньку выдвигается перед рабочей мощностью, которую отдает движущая машина. Тем не менее именно эти небольшие по величине коррекции, управляющие всем движением, являются самыми ответственными; без них как автомобиль, так и шагающий человек тотчас же превратились бы в слепые разрядники энергии, бесцельные или даже опасные. Гигантские мышечные синергии из уровня В создают ту самую мощную и стройную картину движения, которую законно залюбовался пришелец с Сириуса, изображенный нами в эпитафье, но, предоставленные самим себе, они не в состоянии были бы решить двигательные задачи локомоции. Ее решает только «пилотаж» пространственного уровня С.

Во вторую группу естественно будет объединить такие же большие, всеобъемлющие *движения всего тела в пространстве*, как и те, что относятся к числу локомоций, но только не переносящие человека с одного места на другое. Эта группа составит главным образом из спортивных, гимнастических и плясовых движений: всякого рода упражнений на брусьях, на кольцах, на перекладине, на трапеции; всевозможных видов кувырканий, сальто и т. п. Очень многое внесут в эту группу движений акробатика и балет.



Степанченко, рекордсмен и чемпион СССР в барьерном беге

С этой группой мышечно-суставному фоновому уровню не меньше, а, может быть, больше хлопот, чем с предыдущей. *Ходить* по улицам, *бегать* за трамваем, *прыгать* с подножки приходится повседневно и каждому, но нельзя сказать того же об антраша и кувырках. А последние движения, помимо того что их нельзя отнести к числу привычных, предъявляют к координации и более высокие требования. Нужные для них коррекции и мышечные синергии не формируются естественным порядком в детстве, как это случается с большинством локомоций. Эти коррекции в большинстве своем тоньше и строже, они, почти в буквальном смысле слова, головоломнее; их приходится специально выработать путем упражнения. Чем богаче накопленные человеком запасы, или «фонды» фонов, в мышечносуставном уровне, чем искуснее и находчивее умеет извлекать их и пользоваться ими ведущий уровень пространства (С), тем лучше и ловче будут строиться у него движения этой группы.

От всего тела в целом переходим к его частям. В *третьей группе* движений, которыми управляет уровень пространства, мы поместим *точные, целенаправленные движения рук* (и других органов) *в пространстве*. Наши руки и пальцы тоже умеют «ходить» и «бегать», — это не исключительная монополия ног. К очень многим движениям и в разговорной речи привились выражения: «*беглость пальцев*», «*пальцы забежали по клавишам*», «*руки с рабочим инструментом заходили* назад и вперед» и т. п. Встретятся в этой же группе и движения, делающие ос-

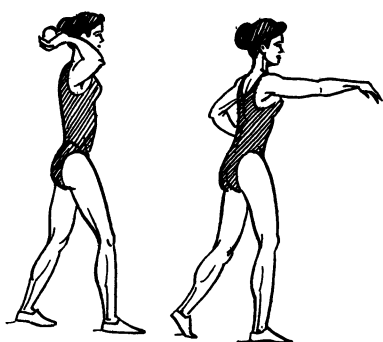
новой упор не на беглость, а на *точность*. Это те самые уверенные, целенаправленные простые движения руки, которые послужили нам первыми образцами и представителями движений уровня пространства: движения, которые что-то берут, несут, выхватывают, показывают и т. п. Они всевозможными способами перемещают вещи: куда-то кладут, бросают, передвигают, сталкивают их. Уровень пространства не умеет сделать с вещью ничего более сложного — на это, как увидим вскоре, нужно уже руководство более высокостоящего *уровня действий*. Но перемещать вещи туда или сюда в пространстве — это прямая специальность уровня С.

С фоновой нагрузкой мышечно-суставного уровня (В) в этой группе движений дело обстоит очень неравномерно. В таких движениях, как, например, простое указывание, ему почти нечего делать; наоборот, в «локомоциях пальцев», как у пианиста или баяниста, он так же ответственно занят взаимной пригонкой всех мышечных сокращений, как и в настоящей ходьбе и беге.

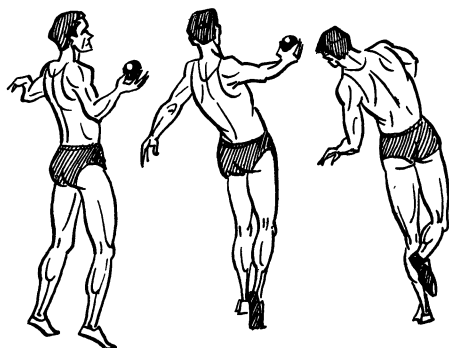
От передвиганий вещей естественно перейти к *преодолеваю сопротивлений*: здесь, в *четвертой группе*, мы сосредоточим всякого рода силовые движения. Не задерживаясь на них долго, вызовем для знакомства пяток представителей их, какие подвернутся первыми: подъем тяжести с земли, подтягивание своего тела на кольцах, натягивание лука, работа тяжелоатлета со штангой, кручение рукояти колодезя или лебедки. Мышечная нагрузка в этих движениях большая, значит, и фоновым уровнем здесь много дела. Каждый знает по себе, насколько улучшает все эти движения выработанный навык или сноровка.

Теперь мы подходим к одной из интереснейших групп движений уровня пространства: к размашно-метательным или, *баллистическим, движениям*. К этой же, *пятой, группе* принадлежат и *ударные движения*. В самом деле, если вдуматься, движение удара с размаху топором или тяжелой кувалдой отличается от движения броска только самым последним моментом. Если пальцы, держащие предмет, разожмутся и выпустят его в тот миг, когда он движется с наибольшей скоростью, это будет бросок. Если пальцы не сделают этого легкого добавочного движения, то получится удар. В основном же те и другие движения очень родственны друг другу: в обеих разновидностях задача сводится к разгону некоторого предмета до возможно большей скорости.

Гораздо целесообразнее разбить эту группу на две части по другому признаку. Одни из размашно-метательных движений делают установку главным образом на *силу* удара или броска. Другие делают главный упор на их *меткость*. Примерами первых могут служить удар молотобойца, рывок штанги, удар топором при грубой рубке, толкание ядра, метание диска, молота или гранаты на дальность. Образцами метких баллистических



Женский прием броска



Мужской прием броска

движений будут: метание копья или мяча в цель; движения при игре в теннис, лапту, городки, крокет; работа жонглера; укол штыком; удары кузнеца, слесаря, обойщика, тонкие ударные движения плотника, хирурга, механика и т. д.

Как важен для баллистических движений хорошо выработанный навык, видно уже из того, как редко встречается умение хорошо и метко ударять и метать. А *раз движение нуждается в навыке, это значит, что оно нуждается в фонах*, — это положение мы уже установили прочно. Действительно, у размахисто-метательных движений самая суть и основа — тонко слаженные синергии из уровня В. Вспомните в общеизвестную разницу между метательными жестами девочек и мальчиков. Девочка бросает почти тем же самым жестом, каким она указывает, только несколько более размашистым. Это — просто распухшее движение указания, на чистых, прямолинейных коррекциях из уровня пространства. Но когда мальчишка изовьется всем телом вправо, как взводимая пружина, и черкнет по воздуху сложную кривую линию замаха наружу, назад и вниз и когда затем взметнется вперед, выстреливая своим камешком, точно ракетой, и с силой перекидывая свой центр тяжести на выставленную вперед левую ногу, — вот тогда перед нами хорошо отработанная большая синергия мышечно-суставного уровня. Здесь трудно сказать, какая мускулатура в большей мере работает: правое ли плечо или левые мышцы таза (на счет последних мальчише вряд ли бы и поверил вам).

Последняя, *шестая, группа движений*, управляемых уровнем пространства, получится у нас сборная, в нее войдут не размесившиеся по предыдущим группам остатки. Нам остается упомянуть движения прицеливания всякого рода и движения подражания и передразнивания. Когда обезьяна копирует движения человека, производящего перед ней какое-нибудь сложное пред-

метное действие из верхнего уровня D, к которому мы сейчас перейдем, то она производит их на своем «потолочном» уровне — уровне пространства, и именно поэтому у нее ничего не выходит:

«Очки не действуют никак»...

Уровень действий (D). Что такое действия?

«... Уже у обезьян существует известное разделение функций между руками и ногами». «... Первыми пользуются преимущественно для целей собирания и удержания пищи, как это уже делают некоторые низшие млекопитающие при помощи своих передних лап. При помощи рук некоторые обезьяны строят себе гнезда на деревьях или даже, как шимпанзе, навесы между ветвями для защиты от непогоды. Руками они схватывают дубины для защиты от врагов или бомбардируют последних плодами и камнями. При помощи рук они выполняют в плену целый ряд простых операций, подражая соответствующим действиям людей. Но именно тут-то и обнаруживается, как велико расстояние между неразвитой рукой даже наиболее подобной человеку обезьяны и усовершенствованной трудом сотен тысячелетий человеческой рукой. Число и общее расположение костей и мускулов одинаковы у обеих, и тем не менее даже рука первобытного дикаря способна выполнить сотни работ, не доступных никакой обезьяне. Ни одна обезьянья рука не изготовила когда-либо хоть бы самого грубого каменного ножа».

«... До того, как первый булыжник при помощи человеческих рук мог превратиться в нож, должен был, пожалуй, пройти такой длинный период времени, что в сравнении с ним знакомый нам исторический период является совершенно незначительным. Но решительный шаг был сделан, *рука стала свободной** и могла совершенствоваться в ловкости и мастерстве, а приобретенная этим большая гибкость передавалась по наследству и умножалась от поколения к поколению.

Рука таким образом является не только органом труда, *она также его продукт*. Только благодаря труду, благодаря приспособлению к все новым операциям, благодаря передаче по наследству достигнутого таким путем особенного развития мускулов, связок и за более долгие промежутки времени также и костей, так же как благодаря все новому применению этих передаваемых по наследству усовершенствований к новым, все более сложным операциям, — только благодаря всему этому человеческая рука достигла той высокой ступени совершенства, на которой она смогла, «как бы силой волшебства, вызвать к жизни картины Рафаэля, статуи Торвальдсена, музыку Паганини».

«Благодаря совместной работе руки, органов речи и мозга, не только у каждого индивидуума в отдельности, но и в обществе, люди приобрели способность выполнять все более сложные операции, ставить себе все более высокие цели и достигать их. Процесс труда становился от поколения к поколению более разнообразным, более совершенным, более многосторонним». (Ф. Энгельс. Диалектика природы. Роль труда в процессе очеловечения обезьяны. К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. XIV, стр. 453, 459).

*Уровень действий***, которому мы присваиваем буквенный знак D, по целому ряду свойств резко отличается от всех тех уровней, которые были описаны раньше.

* Т. е. освободилась от несения опорных и локомоторных обязанностей ноги. — (Пояснение мое. — Н. Б.).

** В нервной физиологии этому уровню даются еще названия: уровня предметных действий, цепных действий, смысловых цепей и т. д.; из дальнейшего будет видно, насколько эти обозначения подходят для его характеристики.

Прежде всего все три ранее рассмотренных уровня построения — А, В и С — происходят вместе со своими задачами из очень глубокой старины. Уровень пространства (С) — наиболее молодой из них по истории развития — и тот своими истоками достигает времен зарождения поперечнополосатой мышцы и суставчатых скелетов. Правда, следуя закону «энцефализации», все более расширяя и обогащая круг доступных ему задач, уровень С непрерывно передвигался вперед и вперед по мозгу, меняя свои места обитания на квартиры со все возрастающим числом «удобств». Мы застали его у человека как раз в самом разгаре такого переезда в кору полушарий мозга — жилище, оборудованное хорошим телефоном (слухом) и телевизором (зрением). Но все же, несмотря на это безостановочное движение вперед, уровень С уже по всем признакам перевалил через вершину своего развития. Какое бы из движений, характерных для этого уровня, ни назвать, почти по каждому из них нам легко будет указать млекопитающее или даже птицу, которые превосходят нас, людей, по совершенству выполнения этого движения. Есть немало животных, которые обладают гораздо более резвым и выносливым бегом, нежели человек, многие и многие из них лучше и ловчее нас лазают, прыгают, плавают, владеют равновесием и т. д.

С уровнем *действий* (D) дело обстоит совершенно иначе. Самые ранние зачатки его проявлений встречаются только у наиболее развитых млекопитающих: у лошади, собаки, слона. Заметно больше их у обезьян, но даже и у них *действий* еще так мало, они так зачаточны, что уровень D можно с полным правом и без натяжек назвать именем *человеческого уровня*. Может быть, и человеком-то человек стал в немалой мере благодаря этому уровню и в связи с ним.

Первым делом необходимо пояснить, что мы подразумеваем под *действиями*. Действия — это уже не просто движения. По большей части это — целые цепочки последовательных движений, которые все вместе решают ту или другую двигательную задачу. Каждая подобная цепочка состоит из разных между собой движений, которые сменяют друг друга, планомерно приближая нас к решению задачи. Все движения — звенья такой цепочки — связаны между собою *смыслом* решаемой задачи. Пропустить одно из таких необходимых звеньев или перепутать их порядок — и решение задачи будет сорвано.

В качестве простейшего, но очень выразительного примера разберем действие закуривания папиросы. Курильщик достает из кармана портсигар, открывает его, вынимает папиросу, разминает ее, вкладывает в рот; достает коробку спичек, открывает ее, достает спичку, беглым взглядом проверяет целостность ее головки, поворачивает коробку, чиркает спичкой один или несколько раз, смотря по надобности, пока она не вспыхнет; поворачивает ее как надо, чтобы она хорошо разгорелась; если нужно, загораживает ее от ветра, подносит к папиросе и насаживает в нее пламя спички; тушит спичку и бросает ее, наконец убирает все по местам.



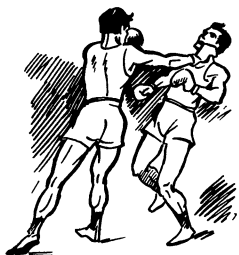
Такой бытовой пустяк, как закуривание, оказался, может быть, даже несколько неожиданно для читателя, состоящим не менее чем из двух десятков последовательных различных движений-звеньев, которые все нужно выполнить без пропуска, не перепутав их порядка и притом приспособляясь к не всегда одинаковым обстоятельствам. Попробуйте проследить пять-шесть раз за одним и тем же человеком при закурива-

нии им папиросы: как ни просто это действие, как оно ни автоматизировано у старого курильщика, ни в одном из этой полдюжины повторений в точности не повторится ни перечень движений, ни их количество.

Те же самые свойства обнаружатся и во всевозможных других действиях. В области быта: надевание той или иной принадлежности одежды, очинка карандаша, умывание, бритье, приготовление яичницы или чая, застилка постели и т. д. В области профессионального труда — необозримое обилие действий, из которых складывается работа по любой из специальностей: закладка детали в станок; заправка нитки в швейную или прядильную машину, обточка, штамповка, поковка, сверление, закалка, закладка бумаги в пишущую машину; все это — лишь бесконечно малая горсточка действий, зачерпнутая наудачу из океана производственного труда. Из области спорта: действия ведущего, гонящего футбольный мяч к воротам противника; тактика бегуна на состязании, направленная к выигрышу дистанции, действия борца, стремящегося положить на обе лопатки уже поверженного на землю противника; деятельность шофера, управляющего мчащейся автомашиной и т. д., и т. п.

В каждом из действий, подобных перечисленным, десятки новых примеров которых без труда подыщет сам читатель, обнаружатся оба указанных свойства: *цепное строение и приспособительная изменчивость* от раза к разу в составе и строении цепочек.

Нетрудно объяснить, почему такая большая часть двигательных актов из уровня D обладает цепным строением, слагаясь из целого, иногда и длинного, ряда последовательных движений разного смысла и назначения. Двигательные задачи, одна за другою включающиеся в круг потребностей человека, все более усложняются в смысловом отношении, и это усложнение происходит несравненно более быстрыми темпами, нежели развитие и обогащение двигательных аппаратов человека — конечностей, которые являются его основными,



природными орудиями. Даже если поставить им на службу какие угодно вспомогательные инструменты и вооружить их самыми тонкими коррекциями из высших мозговых уровней, и то одиночное движение не будет в состоянии целиком обеспечить и осуществить в каждом и любом случае то, чего требует смысл двигательной задачи. Это видно из уже приводившихся примеров действия.

Рука человека неотрывно и несменяемо связана с ними и потому по самой сути должна являться универсальным инструментом, пригодным для наиболее разнородных видов деятельности. Именно в таком направлении и совершалось ее постепенное эволюционное развитие. Но при этом с нею получилось то же, что постоянно имеет место и в области техники. По отношению к любому виду инструмента или станка универсальность и разносторонность применения стоят в прямой противоположности с быстротой их работы. Винт, гайку, шестерню можно изготовить на универсальном токарном станке в течение нескольких минут и посредством сотни последовательных движений, но зато на подобном станке можно изготовить и винт, и гайку любого размера и формы, и еще бесчисленное множество разнородных изделий. В то же время высокоспециализированный автомат способен нарезать сотни гаек в минуту, выкидывая их одну за другой из своих железных челюстей быстрее, чем мы будем успевать их считать, но уж на этом автомате ничего больше и нельзя делать, кроме именно таких гаек. Выигрыш темпа (иногда и качества) покупается не иначе как ценою узкой и жесткой специализации.

В развитии организмов можно наблюдать крайне сходные с этим явления. Те органы, которые могут по характеру разрешаемых ими жизненных задач узко и четко специализировать свою работу, достигают в ней зато очень большой быстроты, решая свою привычную, однообразную задачу в один прием. Так действует, например, рефлекторный аппарат слюноотделения, производя почти мгновенно очень тонкий и сложный химический анализ пищи, попавшей в рот, и откликающийся на этот анализ выделением слюны совершенно точно подходящего химического состава. Так действует — в двигательной области — тончайший и крайне сложный автоматический механизм согласованного вожделения глазами (см. очерк II) или механизм родового акта. Разнообразие же того, что приходится выполнять руке, не может быть перекрыто иначе как только путем длинных и приспособительно-изменчивых цепочек более или менее элементарных движений.

Следующее характерное *свойство действий* — это то, что они очень часто (хотя и не всегда) *совершаются над вещью, над предметом*. Этим объясняется и одно из названий, прилагаемых к этому типу двигательных актов, — *предметные* действия. С *вещью* нередко имеют дело и движения уровня пространства (С), но там все ограничивается либо простым *перемещением* ее с одного места на другое (переложить, достать, вставить, подвинуть и т. п.), либо приложением к ней известного усилия (придавить, ударить, поднять, толкнуть, метнуть и т. д.).

Предметные действия изменяют вещь гораздо глубже, тут речь идет уж не о простой перемене ее местоположения.

Папироса загорается, яйцо варится, фотографическая пластинка проявляется — это все химические изменения. Металлическая деталь обрабатывается, борода подстригается, из глины возникает сосуд или статуя — здесь налицо перемены величины и формы. Мяч забивается в ворота, ферзь берет слона или ладью, металлические литеры, проходя через руки наборщика, образуют типографский набор и т. д. В последних примерах дело сводится как будто только к перемещениям, однако, вникнув, легко убедиться, что это не так. Ведь если бы вся задача футбольных игроков состояла только в том, чтобы мяч оказался за воротами, то было бы гораздо скорее и проще прямо взять и отнести его туда. Если бы самая суть шахматной борьбы состояла только в передвижении фигурок, то, во-первых, тогда игра без доски и фигурок, «вслепую», была бы уже

не игрой; во-вторых, тогда передвигание фигурок, производимое двухлетним сынишкой, забравшимся в отсутствие отца в его кабинет, было бы равноценно с действиями Ботвинника; в-третьих, наконец, в том же случае, надо полагать, искусный игрок в бирюльки был бы и самым лучшим игроком в шахматы.

Ясно, что и в этих примерах за передвиганиями предметов всюду скрыт совсем иной и особый смысл, который и связывает движения во всех таких случаях в целостные смысловые цепи.

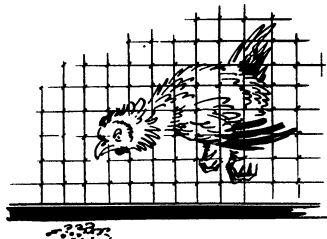
Здесь нельзя не отметить одно очень интересное и характерное свойство действий, которое покажет нам заодно, до чего способны бывают подняться в их применении разные животные. Очевидно, что если за движениями, из которых составляется смысловая цепочка действия, кроется нечто большее, чем простые перемещения и передвижения вещей, то в числе промежуточных движений такой цепочки будут нередко попадаться такие, которые передвигают вещь совсем *не туда*, куда она должна будет попасть в конце концов, после решения задачи.

Если, например, нужно расстегнуть пояс, застегнутый крючком, для снятия петельки с крючка нужно первым делом еще ту же стянуть пояс. Если требуется снять присосавшуюся лечебную банку с тела, то надо не тянуть ее прочь от кожи, а подсунуть под нее ноготь, чтобы впустить внутрь воздух. Если хочется сорвать яблоко, висящее слишком высоко, то следует не прыгать и рваться к нему понапрасну, а сходить в сторону за стулом, влезть на него и спокойно вознаграждать себя за труд.

Посмотрим теперь, как поступают в подобных случаях животные и маленькие дети.

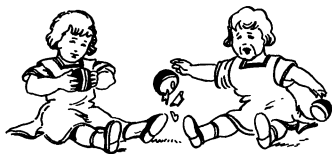
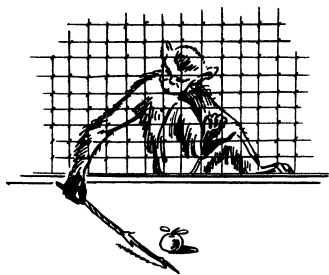
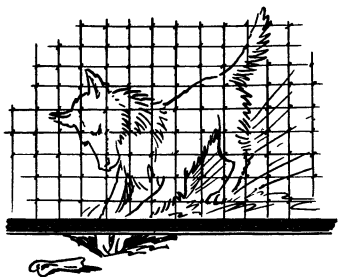
За сквозно проволочной решеткой находится тарелка с кормом. Курица (не обладающая уровнем действий), увидя его, начинает суетливо рваться к нему по прямой линии, пытается перелететь через загородку, долбит клювом проволочку и т. д. Умная собака, может быть, тоже согрешив вначале подобным же «куриным» поведением по отношению к лакомому куску, очень скоро вслед за тем повернется и пойдет *прочь от него*, туда, где имеется, как ей известно, калитка, т. е. сумеет *переключиться из уровня пространства в уровень действий*. У кур в подобных им низкоорганизованных существ есть в распоряжении, кстати сказать, один вспомогательный вид поведения, который, несомненно, выработался у них в порядке приспособления к жизни и который иногда выручает их. Курица начинает возбужденно метаться во все стороны и этим увеличивает свои шансы *случайно попасть* в распахнутую калитку. Может статься, что она действительно с размаху и вбегит в нее. Обезьяна проделала в своем развитии еще один шаг вперед по сравнению с собакой: она способна *сходить за орудием* — за палкой и, просунув ее сквозь решетку, загрести ею приманку.

Полуторогодовалому ребенку досталось большое деревянное разъемное яйцо. Он видывал такие и прежде и твердо знает, во-первых, что яйцо состоит из двух плотно сложенных половинок, а во-вторых, что внутри находится, побрякивая, сюрприз, не менее привлекательный для него, чем пшено для курицы или банан для обезьяны. Но как открыть яйцо? Ребенок делает, по сути, совершенно то же самое, с чего в предыдущем примере начала курица. Он включает в работу *уровень пространства* (С), наивысший из уровней, какие успели у него созреть к это-



му возрасту. Действуя в этом же уровне, курица устремляется к корму *по тому самому направлению* — по прямой линии, — по которому он ей виден. Ребенок принимается раскрывать яйцо *по тому самому направлению*, по которому должны будут разойтись уже разомкнувшиеся половинки. Он и начинает, напрягая все свои силки, тянуть обе половины в стороны прочь одну от другой, в какой-то момент они разлетаются в обе стороны, а вожаденный сюрприз летит в третью. Лишь гораздо позднее, когда у ребенка уже созреет и включится в работу *уровень действий* (D), он дойдет до уразумения того, что в подобных случаях надо *не тянуть* половинки туда, куда хочется их в конце концов сместить, а покачивать или откручивать их.

Винт, который извлекается *не выдергиванием, а вывинчиванием*; чемоданная крышка с застежкой, которую надо сперва придавить *книзу*, чтобы поднять *кверху*; висящий плод, который для того, чтобы сбить и заполучить *к себе*; приходится иной раз ударять палкой *от себя*; футбольный мяч, который посылается ведущим *влево*, потому что в создавшемся положении это — наивернейший путь вогнать его в ворота, находящиеся *справа*; лодочный руль, который нужно повернуть *против* направления часовой стрелки, — вот целая пригоршня примеров движений, которые ведут «не туда». Все это — составляющие звенья *цепных действий*. Все эти и подобные им движения лишены прямого смысла с наивных и прямолинейных точек зрения уровня пространства, и все они (или, по крайней мере, подавляющее большинство их) недоступны ни сколь угодно умным животным, ни маленькому ребенку.



Для полноты характеристики действий остается добавить, что к ним же принадлежит еще одна форма цепных двигательных актов, быть может несколько неожиданная для читателя, а именно — *речь*. Если вдуматься, то все существенные, необходимые признаки цепных действий окажутся в ней налицо. Это тоже целая последовательность отдельных движений-звеньев, в данном случае — движений языка, губ и голосовых связок; здесь тоже отдельные звенья цепочки объединены общим смыслом, отнюдь не сводящимся к перемещению чего бы то ни было; и здесь, наконец, тоже возможны и постоянно на самом деле имеют место всяческие мелкие изменения и отклонения (в произношении, интонации, высоте голоса и т. п.), не искажающие смысла. Тесная связь *трудовых действий, совершающихся на уровне D*, и *членораздельной речи* была подчеркнута еще Ф. Эн-

гельсом в той же статье, из которой заимствован нами и эпиграф*.

Отметим, что так называемые центры речи в коре мозговых полушарий, т. е. те участки коры, повреждения которых сейчас же влекут за собою потерю речи, входят в состав как раз тех обширных отделов мозговой коры, которые представляют собою нервно-двигательный аппарат описываемого сейчас уровня D.

Основные свойства уровня действий

Теперь, обрисовав, что такое действия, мы можем вернуться к характеристике уровня, при посредстве которого они выполняются.

Первое резкое отличие его от всех предыдущих уровней было уже указано — это его неоспоримое право именоваться *«человечьим» уровнем*. Еще и другое свойство сильно отличает его от описывавшихся раньше. Уровень пространства (C) живет у человека уже наполовину в коре мозговых полушарий, но, без сомнения, он совсем неплохо чувствовал себя и на старом своем месте жительства, в экстрапирамидной системе. Вспомним хотя бы таких замечательных мастеров по «владению пространством», как орел, или сокол, или альбатрос, а ведь у птиц нет еще никаких следов пирамидной коры. Что касается уровня действий (D), то он связан с корою полушарий совершенно неразрывно и, судя по всему, просто не мог бы существовать без нее. Развитие этого уровня идет рука об руку с образованием в коре новых участков совсем особого строения, которые частью вырабатываются мало-помалу у самых высших млекопитающих, частью же имеются только в мозгу человека.

Отрывок из прославленного сочинения Ф. Энгельса, который мы предпослали в качестве эпиграфа описанию этого уровня, хорошо обрисовывает еще одно характерное его свойство: его близкую *связь с рукою человека*. Не то, чтобы его мозговые центры или проводящие нервные пути были более тесно связаны с мышцами рук, чем с мускулатурой других органов тела. Этого нет, и нам хорошо известны факты, когда человек, лишившийся в результате несчастного случая обеих рук, отлично научался выполнять многочисленные и очень точные действия ногою или ртом (держа то или иное орудие в зубах). Просто рука чело-

* «Сначала труд, а затем и рядом с ним членораздельная речь явились самыми главными стимулами, под влиянием которых мозг обезьяны мог постепенно превратиться в человеческий мозг, который при всем сходстве в основной структуре превосходит первый величиной и совершенством».

«Обратное влияние развития мозга и подчиненных ему чувств, все более и более проявляющегося сознания, способности к абстракции и к умозаключению на труд и язык давало обом все новый толчок к дальнейшему развитию». (Ф. Энгельс. Диалектика природы. Роль труда в процессе очеловечения обезьяны; К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 456).

века как рабочий инструмент настолько богата по части подвижности (см. очерк II) и настолько великолепно приспособлена к самым тонким рабочим действиям всякого рода, что, естественно, уровень D предпочитает ее всем остальным частям тела в качестве исполнительного органа. Нет сомнения, что развитие уровня действий (D) подгоняло и направляло своими требованиями и запросами развитие человеческой руки, а она, в свою очередь, развиваясь и все далее отходя от былой лапы, подхлестывала и поощряла к усовершенствованию уровень D. Подобные клубки взаимодействий и взаимовлияний двух органов, связанных общей работой, встречаются в истории развития очень часто.

Наконец, несколько слов еще об одном свойстве уровня действий, также обособляющем его от всех прочих. В то время как среди внутренних органов тела, заполняющих собой грудную и брюшную полости, очень много непарных, несимметричных, лежащих резко вправо или влево от средней плоскости тела (например, сердце, печень, селезенка, желудок), *весь костно-суставно-мышечный двигательный аппарат*, наоборот, *строго симметричен*. В прямой связи с этим и все типичные движения и координации, которые мы рассматривали выше, по уровням А, В и С, точно так же двусторонни и симметричны. Возьмем такие характерные для уровня пространства движения, как всякого рода локомоции, всевозможные гимнастические и акробатические движения этого же уровня, движения мимики, пантомимы и пластики из уровня мышечно-суставной увязки (В) и т. д. Все эти движения совершенно симметричны, правая сторона в них равноценна с левой. А в отправлениях *уровня действий* (D), о котором сейчас идет речь, по совершенно неизвестной и пока не объяснимой причине *правая рука резко опережает левую*, во много раз превосходит ее и точностью, и сноровкой в освоении новых координаций, и даже силой. В сравнительно нечастых случаях так называемого левшества или леворукости такими же преимуществами бывает наделена левая рука, но и эти случаи, конечно, тоже асимметрия, только с другого бока. Случаи же *полной симметрии*, или «двурукости» (так называемой *амбидекстрией*), т. е. такие случаи, когда и правая и левая руки одинаково ловки к действиям, *очень редки*.

Чрезвычайно любопытно, что указанное яркое превосходство правой руки над левой в отношении ручной или предметной ловкости нашло себе отражение даже в языке: на большинстве европейских языков слово, обозначающее *ловкость*, происходит от того же корня, что и слово *правый*, т. е. звучит как «праворукость»*.

* По-французски: правый — *droit*, ловкий — *adroit* (и наоборот: неловкий — *gauche*, левый — также *gauche*); по-латыни: правый — *dexter*, ловкость — *dexteritas*; по-английски: ловкость, совсем как и по-латыни, — *dexterity*; по-итальянски: правый — *destro*, ловкость — *destrezza*; по-испански: правый — *destro*, ловкость — *desteridad* или *destreza* и т. д.

Суть этой асимметрии заведомо не в каких-либо особенностях правой руки самой по себе. Ведь, участвуя в простых движениях уровней С или В, она ведет себя совершенно одинаково с левой. Действительная суть в том, что *левое полушарие мозга**, в котором размещено управление всей *правой половиной тела**, является у большинства людей *ведущим*, или преобладающим, по очень многим отправлениям, а не только по одним движениям рук. Параличи правой половины тела сопровождаются, как правило, потерей речи, а левосторонние параличи — нет; это доказывает, что и для управления речью нужна целостность все того же левого полушария мозга. Оно же необходимо и для того, чтобы понимать смысл слышимых слов, и для возможности чтения, и еще многого другого, не относящегося к предмету нашего изложения. Но преобладание левого полушария над правым (у левшей, конечно, наоборот) начинается только с тех верховных, чисто корковых отделов, которые управляют действиями уровня D. И в отношении пирамидных полей, которые были раньше описаны нами как мозговое двигательное оснащение верхнего подуровня пространства (C2), и в отношении лежащих в глубине полушарий нервных ядер уровней C1, В и А оба полушария *вполне симметричны*.

Как этого и следует ожидать от истории развития, полушария млекопитающих животных, у которых «человечьего» уровня D еще нет, тоже симметричны и равноценны между собой. То же самое справедливо и по отношению к мозгу ребенка до того возраста, как у него созреют центральнонервные приборы уровня действий, т. е. до полутора-двух лет.

Нужно, конечно, принять в расчет, что превосходство правой руки над левой в действиях уровня D не могло не отразиться *вторичным порядком* и на общем развитии этой руки самой по себе, и на совершенстве ее координаций уже по любому из уровней.

Дело в том, что чем человек становится старше и зрелее (тотчас по его выходе из отроческого возраста), тем более значительную часть всех его движений начинают составлять именно цепные, предметные, смысловые действия в уровне D. Об этом будет подробнее рассказано в разделе «Разновидности действий» настоящего очерка; сейчас же можно отметить, что ребенок 5—7-летнего возраста еще почти не выходит из круга движений уровня пространства: он ходит, бежит, прыгает, лазит — словом, «резвится» всевозможными локомоторными способами. Недаром он так любит, особенно мальчишки, игры «в лошадки» или в более современные средства транспорта, недаром в его компаниях играх обычно вся соль и суть — в беготне, недаром,

* Напоминаем, что *все* нервные пути, соединяющие головной мозг с частями тела — и чувствительные и двигательные, — *перекрещиваются* с правой стороны тела в левое полушарие мозга и наоборот.

наконец, он так быстро истощается, устает и соскучивается, как только его запрягут в какую бы то ни было деятельность по предметному уровню D. По мере же того как у него начинают один за другим формироваться двигательные навыки по всевозможным действиям и действия начинают вытеснять у него движения более низких уровней построения, в этих низовых уровнях, естественно, начинают вырабатываться и накапливаться во все больших количествах *фоновые координации* для этих действий и навыков. Понятно, что их будет больше по правой руке, на долю которой с этой поры выпадает более значительная и все возрастающая нагрузка. В конце концов, за счет этих праворучных действий, захватывающих себе решающее преобладание, правая рука обогащается немалыми координационными «фондами» и по всем низовым уровням. Правосторонний уровень, как знатный родственник, оказывает покровительство своей более скромной низовой, провинциальной, правосторонней родне, пристраивая и ее на работу в столице.

Более значительная нагрузка, падающая на правую руку, и ее намного большая упражненность постепенно увеличивают даже объем и силу ее мускулатуры; это сказывается, например, в том, что и в таких типичных движениях из уровня пространства (C), как *удар* или *бросок*, правая рука взрослых оказывается не только ловчее, но и сильнее и дальнобойнее левой.

Уровень действий. Коррекции и автоматизмы

Теперь нужно сказать несколько слов об очень своеобразных чертах уровня действий (D) в том, что касается свойственных ему сенсорных коррекций и строящихся в нем двигательных навыков.

По всем предыдущим уровням мы первым делом ставили себе вопросы: откуда этот уровень почерпает свою чувствительную сигнализацию, которая необходима ему для управления движениями посредством сенсорных коррекций? Какова эта сигнализация? Уже когда речь шла об уровне пространства (C), мы обнаружили, что его управляющая сигнализация очень далека от сырых, непосредственных впечатлений, даваемых органами чувств. На месте их там оказался очень сложно организованный и глубоко переработанный слепок или синтез — «пространственное поле». Очень важная черта этого синтеза, которую мы и подчеркнули в своем месте, это то, что в его состав входит много следов предшествующего опыта, сохраненных *памятью*. *Уровень действий (D) управляет действиями* и их составными частями — движениями-звеньями, как мы их назвали, — *посредством* еще более сложного *синтеза* или слепка. В нем уже совсем мало прямых чувственных впечатлений. Его собственные ведущие коррекции, те самые ответственные коррекции, которые определяют,

решится ли двигательная задача или сорвется, опираются уже почти целиком на общие представления и понятия. Как мы подробнее увидим в следующем очерке, источники ведущих коррекций уровня D — это представления о плане действия, о порядке и связи его частей между собой и т. д.

В связи с этим сами его ведущие коррекции проистекают из непрерывного осмысляющего наблюдения за тем, правильно ли идет постепенное решение двигательной задачи, делает ли очередное текущее движение-звено то самое, что требуется от него по сути и смыслу этой задачи. Все остальное, все непосредственные подробности движений-звеньев он целиком передоверяет фоновым, нижележащим уровням. Это создает совсем особенные взаимоотношения между самим ведущим уровнем D и его фоновыми помощниками; в них необходимо разобраться, тем более что ручная или предметная ловкость (см. о ней ниже) целиком зависит своими свойствами от этих взаимоотношений.

Каждое *смысловое цепное действие* составляется из элементов, из *движений-звеньев*. И каждое такое движение-звено — это более или менее самостоятельный двигательный акт в одном из нижележащих, фоновых уровней. При разворачивании такой смысловой цепочки перед нами проходят гуськом одно за другим то движение-звено, построенное в верхнем подуровне пространства C2, то звено в уровне мышечно-суставных увязок B и т. д.

Однако эти движения-звенья имеют две яркие особенности, четко отличающие их от настоящих самостоятельных движений, которые ведутся на соответственных низовых уровнях.

Во-первых, ведущий уровень D, образно говоря, «не спускает глаз» ни с одного из этих движений-звеньев, разворачивающихся под его верховным надзором и руководством. Он предоставляет им очень широкую свободу в их протекании, но тем не менее на каждом из них ставит как бы свою утверждающую подпись или гриф: всего каких-нибудь один-два мазка свойственных ему коррекций, но уже кладущие свой отпечаток на течение всего движения-звена, как один-два мазка учителя-художника, от которых разом меняется весь облик рисунка ученика. Ни низовые, фоновые уровни, ни выводимые ими движения-звенья ни на миг не должны воображать себе, что они делают что-то самодовлеющее, имеющее значение независимо от всей смысловой цепочки в целом. Они должны правильно обслуживать эту цепочку и делать свой очередной шаг вперед к решению той задачи, на которую и нацеливается эта цепочка.

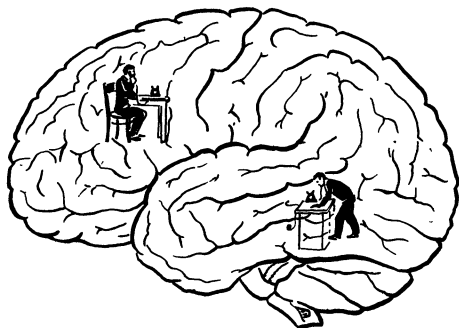
Во-вторых, происхождение описываемых движений-звеньев особенное. Каждый уровень построения сам строит свои движения для решения тех двигательных задач, которые ему под силу и по плечу: таким порядком нижний подуровень пространства (C1) строит локомоции, переключивания и переносы вещей и т. п.; таким путем верхний подуровень пространства (C2) строит свои меткие броски, уколы, указывания, попадания и т. д. Но ни уров-

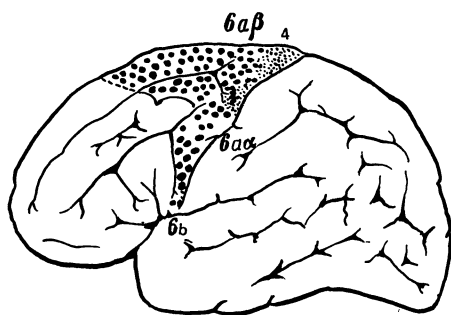
ню С, ни лежащим еще ниже его уровням В и А не под силу *смысл тех предметных, цепных задач*, ради которых и выработался у человека специально «человечий» уровень действий (D). Тем более не может у них быть ни способностей, ни даже побудительных причин к тому, чтобы формировать для самих себя и по своему почину отдельные движения-звенья таких действий.

Подуровень С1, например, полностью оснащен всеми коррекциями для того, чтобы обеспечить движение-звено чиркания спичкой по коробке, но среди задач, доступных этому уровню по смыслу, нет такой, которая заключалась бы в таком вот именно чиркающем движении палочкой по коробочке и исчерпывалась бы им. Ни одно животное, кроме, может быть, чисто подражательной, «обезьяничающей» обезьяны, не предпримет подобного движения чиркания спичкой и не сумеет исполнить его. *Смысл и задача* этого движения лежат за пределами потолка этого подуровня (С1) и недоступны ему.

Поэтому получается, что низовые, фоновые уровни построений вырабатывают движения-звенья, нужные для какого-нибудь цепного действия, не сами по себе, не по собственному почину, как они вырабатывают, например, ходьбу, бег или бросок, а по прямым и точным *заявкам от уровня действий (D)*. Мы увидим в очерке VI, как при выработке нового двигательного навыка центральная нервная система сперва прощупывает и проектирует, где взять наиболее подходящие коррекции для каждого последовательного звена действия и какому фоновому уровню нужно его в соответствии с этим передоверить. И вот тогда-то и начинается отправка в низовые уровни заявок или заказов на построение тех или иных движений-звеньев. «Вы можете полностью обеспечить такое-то движение-звено, — как бы говорит уровень действий (D), соединясь по телефону с низовым уровнем В или С. — У вас есть все потребное для этого оборудование. Более того, ни один из других фоновых уровней не оснащен качественно до такой степени удачно и подходяще для этого звена, как именно ваш. Направляем вам точные рабочие чертежи».

Интересно, что хотя современная нервная физиология не имеет еще никакого представления о том, как именно осуществляется этот вымышленный нами разговор по телефону между уровнями и что представляют собою те импульсы, посредством которых уровень D дает понять фоновому уровню, в чем состоит его заявка, тем не менее те *органы мозговой коры, которые осуществляют это диспетчерское распределение заявок и их передачу в низовые уровни, известны нам уже совершенно точно*. Если кто-либо из читателей ближе





Левое полушарие мозга человека с обозначением пирамидной (4) и премоторной (баа, баб, баб) областей

микропическим строением вычлняются и обособляются впервые только у самых высших млекопитающих, в полном согласии со всем тем, что было выше сказано о происхождении и развитии уровня D. Таким образом, движения-звенья описываемого рода, составляющие обычно преобладающую часть цепочек действий уровня D, управляются целиком (кроме лишь пары пригоночных, «утверждающих» коррекционных мазков из ведущего уровня) теми или иными низовыми уровнями, но формироваться в них могут не иначе как по заявкам и точным заказам со стороны уровня D, передаваемым через посредничество премоторных полей коры мозга. Как уже было сказано в очерке IV, все фоновые коррекции протекают у нас, как правило, без участия сознания, автоматически. Соответственно этому и в движениях-звеньях обсуждаемого типа в сознание попадают только верховные коррекционные мазки, все же прочее совершается в них автоматически.

Те «наборы» сенсорных коррекций, которые вырабатываются описанным порядком в низовых уровнях (В и С) для обеспечения таких движений-звеньев специального назначения, будут обозначаться в последующем как *высшие автоматизмы*. В разговорной речи они именуются в разных случаях по-разному: *двигательные навыки, специальные навыки, умения, сноровки* и т. д.* Название «высшие автоматизмы», несомненно, точнее и правильнее всех прочих, хотя и несколько длинно; зато его уже ни с чем не смешаешь. Из очерка VI будет видно, что действительно высшие автоматизмы образуют собою одну часть или группу автоматизмов вообще, которые и получают там точное определение.

Высшие автоматизмы переполняют собою всевозможные привычные, натренированные действия из уровня D. Они могут образовываться во всех без исключения уровнях построения.

* В английской литературе они называются *skills*, в немецкой — *Handfertigkeiten* или просто *Fertigkeiten*.

интересуется топографией головного мозга, он найдет эти отделы на рисунке под цифрой 6, непосредственно кпереди от пирамидного двигательного поля, обозначенного цифрой 4. Эти диспетчирующие отделы уровня действий носят в анатомии мозга название «*премоторных полей*». Сравнительная анатомия показывает, что корковые поля с таким именно микроско-

Больше того, как те слуги былинной боярыни Мамелфы Тимофеевны, которые, как говорит былина, сами имели целые штаты личной челяди, и эти автоматизмы сами нередко представляют собою довольно сложные структуры, обслуживаемые собственными фонами.

О видах ловкости

Теперь, когда мы вкратце познакомились со всеми уровнями построения, принимающими участие в спортивно-гимнастических движениях и в преобладающей части движений труда и обороны, будет уместно и своевременно наметить подразделение среди тех движений, в которых находит себе спрос и выражение *качество ловкости*. Сама собою является мысль, что если наши движения представляют собою несколько отдельных пластов, отличающихся между собой и по происхождению, и по смыслу, и по очень многим физиологическим свойствам, то и *проявления ловкости* будут, наверное, разными в зависимости от того, к движениям какого уровня они относятся. Мы увидим дальше, что не только мысль эта вполне справедлива, но между отдельными людьми наблюдаются и резкие различия по степени развития у них и самих уровней построения, и свойственной этим уровням степени ловкости. Можно встретить людей, у которых отлично работает, например верхний уровень пространства (C2) и в то же время очень хромает уровень мышечно-суставной увязки (B); у других, наоборот, замечательно стройно и послушно работает уровень B и при этом совсем неблагоприятно с уровнями C или D. Человек, наделенный ловкостью, вовсе не обязан обладать ею по всем ее видам и по всем уровням: в прямой зависимости от того, какие уровни отличаются у него от природы особенно высоким развитием, он и свою ловкость проявит избирательно по отношению к одним видам движений или действий, а в других видах сможет в то же самое время оказаться далеко не на высоте.

Уже из этих фактов видно, какое значение имеет знакомство с уровнями построения движений для составления правильного понятия о качестве ловкости.

Для того, чтобы провести намеченное сейчас подразделение видов ловкости в зависимости от уровневой высоты движений, установим прежде всего *основное* и самое характерное *свойство ловких движений* в том, что касается их физиологического построения.

Ни один уровень построения в одиночку не в состоянии обеспечить качества ловкости тем движениям, которыми он управляет, — это подтверждают все примеры, в которых на протяжении этой книги не будет недостатка. Каждое движение или действие, которое мы не колеблясь признаем выполненным *ловко*, построено непременно не менее чем *на двух уровнях*. При этом *ведущий уровень* этого ловко выполненного движения

или действия обнаруживает яркие, стоящие выше заурядного качества *переключаемости, находчивости, маневренности*, а подслаивающий эти движения *фоновый уровень* — столь же яркие качества *слаженности, послушности и точности* работы. Выше мы сравнили ведущий и фоновый уровни со всадником и его конем. Вернувшись к этому сравнению, мы сможем сказать, что качество ловкости не под силу проявить в этой паре ни всаднику, ни коню по отдельности: ловкость станет возможной тогда, когда всадник изобретателен и находчив, а его конь послушен и точно исполнителен.

Уровень мышечно-суставной увязки ведет у человека так мало самостоятельных движений и они все так незначительны и неответственны, что для проявлений ловкости в нем совершенно не остается места. Мы уже дружески подсмеялись над ним (со всей уважительностью, какой заслуживает этот почтенный и все еще незаменимый ветеран нашей нервной системы) по поводу неприложимости к нему мерок целевой точности. Спросим еще раз, стараясь не обидеть его: где, кроме анекдота, возможны такие сочетания: «человек ловко засмеялся» или «с какой ловкостью она содрогнулась от страха»?

Итак, реальные, ощутительные проявления ловкости начинаются у человека с *уровня пространства* (С). Опираясь на то, что указанное общее свойство ловких двигательных актов, мы можем теперь выделить два вида ловкости. Первый из них относится к движениям, ведущимся на уровне пространства (С) и подкрепленным фонами из уровня В*. Этот вид мы называем *телесной ловкостью*. Второй вид ловкости проявляется в действиях из последнего рассмотренного нами уровня D, со столь же обязательными фонами из обоих подуровней пространства (С), а иногда и из уровня В в придачу. Этот вид мы обозначаем названиями *ручная* или *предметная* ловкость. После того, что было рассказано в предыдущем разделе о высших автоматизмах, будет легко понять, что движения-звенья из уровня С, входящие в состав какой-нибудь сложной цепочки действия, могут сами обнаруживать такие же точно свойства телесной ловкости, как и любое самостоятельное движение в том же уровне С. В этом случае подкрепляющие фоны из уровня В будут для них совершенно обязательными. Таким образом, группа проявлений ручной или предметной ловкости оказывается, в отличие от первой группы (телесной ловкости), очень сложной по своему составу. С одной стороны, эти проявления будут различаться между собой по тому, какие из фоновых уровней и подуровней обеспечивают им обязательные для ловкости подкрепляющие фоны. С другой стороны, в иных случаях мы столкнемся с такими действиями уровня D, которые обладают переполненными *телесной ловкостью движениями-звеньями*; иногда же само *действие в це-*

* Мы не упоминаем здесь фонов из уровня тонуса (А), потому что они обязательно участвуют в каждом без исключения движении здорового человека.

лом будет проявлять все *признаки ручной, предметной ловкости*. Примеры помогут нам разобраться в этом разнообразии. Возможность как-то рассортировать многочисленные проявления ловкости, несомненно, ценнее, нежели необходимость по-неволе сваливать их все в одну пеструю кучу.

Обратимся к примерам.

...С ловкостью обезьянки юнга вскарабкался на мачту. Прежде чем торговка успела опомниться, мальчишка ловко выхватил у нее яблоко и исчез... Полковник ловко проскакал на лошади во главе парада... Гимнаст ловко перепрыгнул через стол, опершись на него одной рукой... Акробат мастерски исполнил двойное сальто.



Вот целая связка примеров *телесной ловкости*, примеров движений, управляемых уровнем пространства С и обеспеченных фонами из уровня мышечно-суставных увязок В. Если обозначить построение движений посредством дробей, в которых числитель выражает ведущий уровень, а знаменатель — фоновые уровни, то ко всем этим примерам подойдет формула $\frac{С}{В}$.

Вот, далее, несколько образцов проявлений *ручной, или предметной, ловкости*, строения которых могут быть уже гораздо разнообразнее.

Боец ловко высвободил пулемет, путавшийся в зарослях и завязнувший в густой грязи ($\frac{D}{C1}$).

Ловкими, точными движениями щипчиков часовщик вставил на место шестерню крохотных часиков ($\frac{D}{C2}$).

Это — примеры более или менее беспримесной подслышки ведущего уровня действий фонами из уровня пространства. Цифры 1 и 2 при букве С в знаменателе дробей относятся к тому расчленению уровня С на два подуровня, о котором было сказано в начале 4-го раздела этого очерка. Знак C1 обозначает нижний, более древний, подуровень, связанный с *эдс* и опирающийся на *стриатумы*; знак C2 — верхний, пирамидный, корковый подуровень. Разница в чувствительной сигнализации, какую снабжаются оба подуровня, сказывается и в оттенках тех движений (или двигательных фонов), которые выливаются из того и другого подуровня. *Нижнему подуровню (C1) более свойственно текучее, непрерывное прилаживание к пространству* и всей внешней обстановке, какое требуется, например, при ходьбе и беге. *Верхнему подуровню (C2), связанному с высокоразвитым представительством органов чувств в коре полушарий, более присущи оттенки*



концевой, целевой точности и меткости, (например, при метком ударе или броске). Не углубляясь дальше в эти оттенки различий, к тому же часто стирающиеся при совместном, слитном действии обоих подуровней, мы сочли все-таки уместным упомянуть о них здесь в нескольких словах.

Приведем еще несколько примеров.

Сестра нежно, быстро и ловко перебинтовала мучительно болевшую руку $\left(\frac{D}{C1, B}\right)$.

С исключительной ловкостью лыжник пролетал один за другими сложные закругления и воротца слалома $\left(\frac{D}{C1}\right)$.

На всем скаку, свесившись с коня почти до земли, джигит зубами схватил воткнувшийся в нее по рукоятку кинжал $\left(\frac{D}{C2, B}\right)$.

Ослепленный яростью бык летел на тореадора, неподвижного, как статуя. И вдруг, изогнувшись одним молниеносным извивом, боец точным, почти спокойным жестом нанес зверю укол в продолговатый мозг. Бык рухнул $\left(\frac{D}{C2, B}\right)$.

В этой группе примеров ловких действий наряду с фонами из уровня пространства четко выступают уже и фоны из уровня В. И здесь мы выделим особо случаи преимущественного выявления подуровней С1 и С2. В первых примерах как по С1, так и по С2 (медсестра и джигит) выступают на первый план проявления *телесной ловкости* движений-звеньев; во вторых примерах (лыжник и тореадор) — проявления *ручной, или предметной, ловкости* всего действия в целом. Вот, наконец, пример проявления качества ловкости *со всеми низовыми фонами*.

«Как ярый пес, Малюта бросился на Перстня; но с необычайной ловкостью атаман ударил его кулаком под ложку, вышиб ногой оконницу и выскочил в сад».

(«Князь Серебряный» А. К. Толстого, гл. 21).

Действия фехтовальщика или боксера — в области спорта, действия хирурга или закройщика кожи — в области труда также могли бы послужить примерами ловкости с использованием фонов по всем нижележащим уровням, по формуле

$$\frac{D}{C2, C1, B}.$$

Разновидности действий

В двигательных отправлениях взрослого человека действия уровня D занимают такое видное место и встречаются в таком

изобилии, что их каталог, если бы его вообще можно было составить, оказался бы намного объемистее, чем опись движений уровня пространства. В них было бы невероятно трудно разобраться, если бы на помощь не пришло как раз то свойство действий, о котором была речь в разделе «Коррекции и автоматизмы». Мы имеем в виду свойственный уровню D обычай строить свои двигательные акты из движений-звеньев, управляемых тем, что было названо там высшими автоматизмами. Каждому подобному *высшему автоматизму* соответствует движение, выполняемое почти с полной самостоятельностью одним из уровней построения, лежащих ниже уровня D. В сложной цепочке действия, где одно за другим следуют звенья, построенные на самых разнообразных фоновых уровнях, среди них всегда можно выделить более и менее существенные. Можно с известным правом говорить о *ведущих* и о *фоновых* или *вспомогательных последовательных звеньях*, вполне подобно тому, как мы говорили о ведущих и фоновых коррекциях в каждом отдельном движении.

Так, например, в действии очинивания карандаша *ведущими* движениями-звеньями, непосредственно осуществляющими решение задачи, будут движения ножа острием вперед — те движения, которые снимают стружки. Возвратные движения ножа, всевозможные движения стряхивания, сдувания, перехватывания ножа поудобнее и т. д. будут играть в этой цепочке роль *фоновых*. В действиях боксера легко отнести к числу ведущих звеньев движения ударов и защитные движения, отражающие удары противника. Возвратные движения рук после перечисленных ведущих, а также многочисленные промежуточные движения, знакомые каждому наблюдавшему бокс, будут относиться к числу звеньев-фонов.

Опираясь на это, можно *подразделить действия* по тому признаку, к какому уровню или уровням принадлежат самые существенные, ведущие движения-звенья этих цепочек-действий. Набросаем такое подразделение. При этом в каждой из намеченных групп (уже совсем условно, но с целью получения большей ясности и определенности) выделим действия: а) из бытовой группы; б) из группы трудовых действий и в) из действий, входящих в число физических упражнений, спортивных и других игр.

Напоминаем, что мы определили проявления *ручной*, или *предметной, ловкости* как случаи действий, *ведущихся на уровне D* и подсloенных фонами из разных нижележащих уровней. Поэтому и здесь применительно к каждой из намеченных групп действий мы рассмотрим попутно некоторые примеры *ловких действий* и особенности их строения.

А. К *первой* вводной *группе* мы отнесем действия, вообще бедные какими бы то ни было высшими автоматизмами. Сюда отойдут действия «разведочного» порядка: действия рассматривания предметов, их ощупывания, сравнивания, выбираяния и т. д. К этой же группе нужно причислить простейшие пред-



Точные действия (с
фонами из C_2)

метные действия, доступные уже трех-четырехлетнему ребенку: поставить предмет, налить или насыпать что-нибудь в сосуд, открыть задвижку, крышку коробки, чемоданную застежку и т. п., схематически нарисовать «солнце» или «домик» и т. д. Очевидно, что к группе действий, бедных автоматизмами, отойдут также и всяческие действия новичка, т. е. действия, для которых еще не успели выработаться автоматизмы «по особому заказу» и не нашлось подходящих автоматизмов из числа накопленных ранее по другим поводам. Выше было уже упомянуто о постепенно скапливаемых каждым человеком фонах фонов, которые мы с помощью небольшой игры слов называли «фонотеками» *головного мозга*. Таким образом, в первую группу мы относим все те действия, для которых — навсегда или хотя бы на первое время — не имеется подходящих материалов в низовых «фонотеках». Очевидно, по смыслу определения ручной ловкости, что ей нечего делать в первой группе действий.

Б. Во *вторую группу* включаются действия, ведущие движения-звенья которых построены (преимущественно) в *верхнем подуровне пространства* (C_2) — в корковом, пирамидном подуровне далекодействующих рецепторов точности и меткости. Здесь нам встретятся из области быта: вдевание нитки в иглолку, накапывание лекарства, острая заточка карандаша и т. д.* Из профессионально-трудовых действий на фоны из подуровня C_2 опираются, например, действия черчения, гравирования, точной сборки механизмов. Пример часовщика, с замечательной ручной ловкостью подгоняющего еле видные простому глазу шестеренки дамских часиков, относится как раз к действиям из описываемой группы. У Золя в романе «Западня» есть очень яркое описание ловкой, быстрой, высокоавтоматизированной работы золотых дел мастера Лорилле, делавшего из тонкой золотой проволочки цепочку, звенья которой почти нельзя было разглядеть невооруженным глазом. Очень многое отойдет в эту же группу действий из числа операций с точными измерительными приборами (счетной линейкой, микрометрическими винтами, теми проволочными дужками у точных химических весов, которые носят картинное название «наездников», и т. д.). Здесь же окажутся многие трудовые действия токаря, резчика, шлифовальщика оптических стекол, хирурга и т. д. Во всех этих операциях ловкость проявляется в сдержанных, тончайших движениях, без спешки, но и без волокиты. Именно здесь больше,

* Само собой разумеется, что для каждой из групп и их подразделений мы приводим лишь по несколько случайных примеров, пригодных в качестве иллюстраций. Ни о какой полноте перечней здесь не может быть и речи.

чем где бы то ни было, пирамидная система показывает все свое искусство постепенности, напрягая до некоторой средней силы все мышцы, окружающие рабочие суставы руки, и с микроскопической точностью подбавляя затем мион за мионом в одних мышцах и убавляя в противодействующих. Зрительный контроль почти всегда решает успех дела в ловких действиях этой группы. В выработанных для них «высших автоматизмах» зрительные впечатления как бы сами собой, без всякого участия сознания, превращаются в едва заметные перемещения пальцев или рабочего инструмента, который точно срывается с работающей рукой.

Поскольку описываемая группа почти нацело область мелких и тонких пальцевых движений, постольку, естественно, относящихся к ней спортивных упражнений не находится. Но существует целый ряд игр-«головоломок», в которых успех прямым образом зависит от степени ручной ловкости и которые по своим ведущим автоматизмам как раз относятся к этой группе. Это, например, всем известные застекленные плоские коробочки, в которых надо посредством покачивания и потряхивания разогнать по ямочкам маленькие шарики-дробинки; малоустойчивые фигурки, которые надо установить в равновесии; наконец, карточные домики и «бирюльки».

В. *Третья группа* объединяет действия, ведущие звенья которых в наибольшей степени зависят от *нижнего подуровня пространства (C1)*, подуровня, опирающегося, как помнит читатель, на двигательные ядра *стриатума*, верхушки *эдс*. Вот несколько примеров бытовых действий, подходящих по своим ведущим звеньям для этой группы: шнуровка обуви, глажение утюгом, раскатывание теста, бритье, причесывание, перелистывание книги. Из подробно разобранных нами примеров длинная цепочка закуривания тоже включается в эту группу действий. По линии профессионального труда могут быть названы: действия сцепщика вагонов при составлении поездов, шофера и паровозного машиниста в их управлении ходом машины, трудовые операции опиловщика, шлифовальщика, прачки и т. п. Здесь мы уже встречаемся с крупными телодвижениями, иногда включающими в себя и локомоции. Главное качество, присущее движениям в этой группе, — плавная, прилаживающаяся, можно бы сказать, чуткая точность. Здесь есть уже в чем проявить себя и спортивно-игровой области. Как подходящие примеры можно привести: действия взлезания по веревке, столбу, веревочной лестнице, стволу дерева и т. п.; затем локомоции на сложных приспособлениях, как езда на велосипеде или гребля. Из области, приближающейся уже к акробатике, к этой группе относятся балансирование предметов (на-



Действия с фонами из С

пример, держание в равновесии длинной стоячей палки на лбу или на подбородке).

Нельзя не сделать оговорки; что почти невозможно подобрать такие примеры, в которых не имелось бы порядочной примеси фонов и из нижележащего уровня мышечно-суставных увязок (В). В одних случаях эти фоны участвуют на равноправных началах с фонами стриаума из подуровня С1, например в актах лазания (ручная ловкость), в других — ответственные фоны из подуровня С1 сами обладают сложным строением и имеют собственные фоны из уровня В. Таковы, например, движения сцепщика вагонов или полевого связиста, прокладывающего за собой телефонный провод (соединение как ручной, так и телесной ловкости).

Г. Четвертая группа содержит действия, в которых фоны из уровня мышечно-суставных увязок (В) явственно преобладают над пространственными фонами из уровня С. Подходящие примеры из круга бытовых действий: завязывание и развязывание узлов, вязание на спицах, намотка клубка, заплетание косы, намыливание и мытье своего тела, надевание на себя одежды. Из трудовых действий назовем: работу молотобойца, землекопа, сноповязальщика, пряжи; работы, связанные с кручением рукоятей (лебедки, колодезь с намоткой, откачка воды помпой и т. п.). Из спортивных действий очень характерные примеры представляет собою французская борьба, а особенно дзю-до (по старинному названию — джиу-джитсу). К этой же группе придется отнести многие действия фокусника, основываемые на «ловкости рук», а также опирающиеся на то же качество многие из воровских и шулерских приемов.

Д. В пятой группе мы объединим те виды действий, которые требуют участия как уровня пространства (С), так и уровня мышечно-суставных увязок (В). Здесь само собой напрашивается разделение на три подгруппы, хотя его очень трудно осуществить на практике. Мы все же попытаемся хоть наметить его, потому что характеризуемая группа действий, самых сложных и богатых по их строению, естественно, содержит в себе и наибольшее изобилие ловких действий, притом наиболее интересных и содержательных.

Мы имеем в виду сочетания с уровнем В:



Действия с фонами из В



Действия с фонами из всех нижележащих уровней

во-первых, *нижнего подуровня пространства (C1)*; во-вторых, *верхнего (C2)* и, наконец, *обоих, т. е. всего оркестра фонов.*

В первой из этих подгрупп (В и C1) мы встретим шитье, выпиливание, заводку часов, чистку овощей и плодов — в быту; косьбу, работу на швейной машине, портняжную плиссировку, накладку бумаги и складывание (фальцовку) отпечатанных листов в типографии, медицинскую перевязку, рациональную закрутку, навивку, обвязку и т. п. — из области труда; слалом, партерную акробатику, фехтовальную защиту — из круга физкультуры и спорта.

Во второй, где дуэт исполняется пирамидным подуровнем точности (C2) и уровнем владения своим телом (В), назовем: вышивание, штопку, вязание кружев — в быту; действия наборщика, закройщика обуви и верхней одежды; кузнеца при точной, художественной поковке, медицинские процедуры, как впрыскивание или ставление банок и т. д. — по линии труда. В области физкультуры и спорта здесь окажутся: ударные (наступательные) действия в фехтовании и боксе, штыковой бой, стрельба из лука, игра на бильярде, метание сложных метательных приспособлений, как гарпун, лассо, бумеранг. Выше мы уже упомянули в качестве примеров высокой ловкости еще о двух действиях из этой же подгруппы: выхватывание предмета (кинжала) из земли зубами на скаку и решающее действие тореадора.

Наконец, третью, самую всеобъемлющую, подгруппу, в которой ведущий уровень D подслаивается всеми низовыми — C1, C2 и В, мы начнем такими двумя абсолютно и исключительно человеческими действиями, как *речь и письмо*. Точный физиологический анализ, в который здесь не место вдаваться, показывает, что каждому уровню построения, какие только имеются в центральной нервной системе, от самого низа до самого верха, отвечает в этих сложнейших и глубоких по своему смыслу актах слоя подходящая и необходимая нагрузка*.

Для этой подгруппы, самой сложной по составу и строению действий, очень трудно подобрать какой-либо пример из области бытовых действий. Вполне естественно, что эти сложнейшие из всех навыков нуждаются в исключительной наложенности, синхронности, в совместной работе всех уровней построения сверху донизу, а поэтому требуют и основательной выучки. Понятно, что их приходится искать в первую очередь у профессионалов — все равно, труда ли или физкультуры и спорта.

Если кому-нибудь случалось видеть работу по прокатке мелких сортов железа на железодельных заводах, то он вряд ли скоро забудет это зрелище.

* Мы не будем останавливаться в этой книге на соображениях, доказывающих существование в нашем головном мозгу еще по крайней мере одного коркового уровня (Е), лежащего выше уровня и являющегося истинным ведущим уровнем для этих актов общения между людьми, поскольку он никак прямо не связан с основным предметом нашего изложения — ловкостью.

Полуобнаженный рабочий, одетый только в брюки и фартук, стоит наготове перед громадным, высящимся как стена, станом, в котором со скрежетом быстро крутятся толстые мокрые валы. Вот из щели между двумя из них вырвалась и помчалась прямо к нему золотистая огненная змея в большой палец толщиной. Но прежде, чем она успела пролететь два-три шага, рабочий уже схватил ее за шею большими клещами, висящими на цепи около него. С поражающей ловкостью он делает полуоборот на пятках, как танцор, исполняющий пируэт, и вправляет голову огненной змеи в новую щель — между валами, крутящимися в противоположную сторону. Ход валов не замедляется ни на мгновение. Задержись рабочий хоть на секунду, завозись лишний миг с засовыванием огненного каната в узкую скрипучую щель — и неумолимые валы первой пары выплюнут петлю, которая захватит, извиваясь, весь пол в цеху. Не поймай он змею за шею в самый момент ее неожиданного выскакивания — это грозит тем, что она пройдет сквозь него, как шило сквозь кусок масла. Схватил он ее, наконец, не за требуемое место, в полуметре от кончика, а немного дальше или ближе от него — ему не удастся вправить в щель ее мягкое, дышащее огнем тело. Ничего этого никогда не случается. Доля секунды — и рабочий уже перешагнул через раскаленную петлю, а она скользит по полу, шипя как настоящая змея и брызжа кругом себя искрами, не удлиняясь и не укорачиваясь более, вылетая из одного стана и с точно такую же скоростью втягиваясь обратно во второй. А он уже снова в позе охотника, легкий, ловкий, гибкий, как взведенная пружина, спокойный, как будто не он играет каждый миг со смертью...

Среди видов профессионального труда можно насчитать немало действий, относящихся к этой сложнейшей подгруппе, и все они требуют огромной, находчивой ловкости, и почти все сопряжены с опасностью и риском для жизни. Много таких действий в профессии пожарного, ими полна жизнь матроса на парусном судне, рыбака, уходящего в море на утлой лодке, водолаза, нагишом ныряющего в глубину за жемчужными раковинами. Весь блеск потребной здесь ловкости обнаружил юноша герой баллады «Кубок»*, и она-то изменила ему во втором его прыжке. В этой подгруппе каждая трудовая операция включает в себя и спортивно-акробатические элементы и элементы опасного боя. Точно так же в каждом спортивном или боевом эпизоде этого рода много настоящей трудовой, профессиональной выучки и опыта. Это сплетение всех уровней — в то же время и неразрывное сплетение всех труднейших видов человеческой деятельности.

В области физкультурно-спортивной, непосредственно сливаясь здесь с областью действий боя в первую очередь следует назвать штыковой бой, фехтование и бокс, взятые в целом. Мы — полуусловно — отнесли оборонительные составные действия этих форм боя к нижнему, а ударные действия — к верхнему подуровню С, но, конечно, в живой действительности они все время переливаются друг в друга, так что разделить их нелегко. Поэтому приходится снова поставить их здесь, даже на первом месте.

Дальше нельзя не вспомнить целого ряда действий горного спорта. Сколько он скрывает опасностей и какие требования предъявляет к ловкости и двигательной изобретательности, изве-

* Ф. Шиллера, перевод В. Жуковского.

стно каждому альпинисту. Сходные положения, ведущие и к сходным по своему строению действиям, встречаются у охотника на опасного зверя, у полярника, борющегося с торосами и заступругами, у парашютиста, если закапризничает парашют или в случаях осложнений при приземлении. Однако в области спорта есть действия, которые, несомненно, приближаются по структуре к действиям этой наивысшей подгруппы и тем не менее не таят в себе никакой опасности. Зато спортивные игры этого рода больше всех развивают разностороннюю ловкость, и телесную, и предметную. К их числу относятся теннис, городки, отчасти лапта. Недаром эти игры интересовали ряд крупных мыслителей, начиная хоть с прославленного физиолога И. П. Павлова.

Формирование движений у подростка

В третьем разделе очерка IV в обзоре развития движений ребенка мы остановились на двухлетнем возрасте. Дело в том, что к этому времени, как там и было сказано, созревание всех двигательных отделов мозга и их проводящих нервных путей заканчивается, и дальше начинается уже длительная работа прилаживания друг к другу всех уровней построения и развертывания заложенных в них возможностей. Охарактеризовать это прилаживание и срабатывание уровней между собою можно было, конечно, не раньше, чем будут очерчены сами уровни, поэтому характеристику этого, так сказать, «второго детства» пришлось отложить.

Теперь мы можем в кратких чертах восполнить упущенное, отметив некоторые, наиболее существенные, черты развития двигательных средств ребенка между двумя и четырнадцатью — пятнадцатью годами — возрастом окончательного созревания.

Развитие двигательной области, так называемой *моторики*, у ребенка идет отнюдь не по плавной, восходящей линии. В нем, как и во многих других областях развития, наблюдаются нередко то остановки, то, наоборот, быстрые скачки вверх, то даже иногда как будто отступления назад. Особенно ярко это проступает в возрасте, непосредственно предшествующем половому созреванию. В это время подростки делают неуклюжими, мешковатыми, неповоротливыми, за все задевают, все роняют, бьют посуду и протирают обувь. Мы скоро увидим, что это, в сущности, только кажущиеся отступления.

И в конце второго, и на протяжении всего третьего года жизни ребенка все еще длится окончательное созревание высших двигательных систем. Именно в этом периоде у ребенка начинает заметно расти и количество и степень успешности *действий из уровня D*. Рассматриваемый возраст — это время, когда ребенок окончательно перестает быть высшей обезьяной и впервые осваивает такие действия, которые совершенно недоступны обезьяне.

Из области *предметных действий* ребенок научается кое-чему из самообслуживания (раздевание, умывание, еда ложкой), успешно играет с игрушками, сооружает кирпичики и песочные пироги, начинает что-то изображать карандашом. В этом же возрасте и именно на перечисленных действиях начинает обнаруживаться и неравноценность между обеими ручками ребенка, т. е. будет ли он правой или левой. Тогда же оформляется и связная речь из целых правильно построенных небольших фраз, а не только разрозненных слов, как было до этого возраста.

Следующий за этим период, от трех до семи лет, — *период преимущественно количественного усиливании и налаживания всех уровней*, какие имеются у ребенка. Анатомически все они к третьему году готовы и теперь начинают заполняться содержанием. Мы уже видели в очерках уровней, что чем выше и новее уровень, тем сложнее по своему строению те движения, которыми он может управлять, и в тем большем количестве заготовленных фонов он нуждается. Можно сравнить уровни построения с сосудами возрастающей величины, которые и заполняются тем дольше, чем они вместительнее.

Отсюда понятно, что хотя между тремя и семью годами ребенок может уже пустить в ход любой из человеческих уровней построения, фактически он применяет главным образом те, более простые, которые скорее успели заполниться каким-то содержанием. А это преимущественно уровни из экстрапирамидной двигательной системы (*эдс*), кончая наверху подуровнем стриатума, т. е. нижним подуровнем пространства (*C1*), подуровнем локомоций и гимнастикоподобных телодвижений.

В прямой противоположности с увальнями-медвежатами, какими представляются детишки полутора-двух лет, дети от трех до семи грациозны и подвижны. Они хорошо и быстро бегают, прыгают, лазают. У них развито уже чувство ритма, они отлично справляются, например, с прыганием через веревку, которую крутят их партнеры. Они обладают разнообразной и выразительной мимикой и, рассказывая о чем-нибудь, оживленно и убедительно жестикулируют. Очень хорошо удается им и подражательное воспроизведение чужих движений: в игре «в короли» по жестам такого малыша всегда нетрудно догадаться, какую деятельность он изображает, а в карикатурном передразнивании двигательных недостатков своего товарища он способен достигать жестокой виртуозности.

Однако, как только попробуешь засадить такого ребенка за какую-нибудь деятельность в подуровне точности (*C2*) или тем более в уровне действий (*D*), сейчас же обнаруживается слабость и быстрая утомляемость. Пресловутая «непоседливость» ребенка этих лет зависит отнюдь не только от его особенно сильной потребности в движениях: в сидячем положении ему еще так мало что доступно и посильно, что ему нечем себя занять и он сразу соскучивается. Стоит засадить его за какое-нибудь дело,

требующее точности (шить или выводить буквы, например), и он улучит первую подходящую минуту, чтобы убежать играть, расправив вольготно крылышки своих стриатумов. Проф. М. Гуревич очень метко указывает, что ярко бросающаяся в глаза неутомимость ребенка только кажущаяся. Ведь почти все движения, которые он производит — это свободные движения, без нагрузки, без работы в прямом смысле, движения, которые не преодолевают никаких сопротивлений, а значит, не требуют и особых затрат энергии.



Преобладание *эдс* в движениях ребенка этого возраста сказывается и в свойственной им складности и грациозности. Мы уже говорили об изяществе движений, вообще присущем уровню мышечно-суставных увязок, и о причинах этого изящества. А ведь именно этот уровень и доставляет главнейшие фоны ребенку описываемого возраста.

Следующий период развития моторики охватывает время примерно от 7 до 10 лет. К этому времени начинает постепенно наполняться рабочими фонами верхний, пирамидный, подуровень пространства (*С2*). В двигательные средства ребенка постепенно входят два новых слагающих — *сила и точность*.

Это кладет свой отпечаток и на игры ребенка и на его труд, в который к этому времени его начинают постепенно втягивать. Не имея никакого понятия о теории движений, которая и в научной мысли развивается только в последние годы, жизненная практика давно и очень чутко уловила тот возраст, с которого уже есть смысл приучать ребенка к каким-то трудовым навыкам. Это как раз возраст перехода в работоспособное состояние пирамидной двигательной системы (*ндс*) ребенка. Хотя ребенок и в эти годы еще не способен к длительной усидчивости и сосредоточиванию внимания, все же у него начинают уже налаживаться мелкие и точные движения и ему есть чем занять себя и сидя за столом. Почерк его, в самом начале обучения состоявший из букв в грецкий орех величиною, начинает делаться мельче и ровнее, нажимы пера не выводят более линий, толстых и как макароны, и он уже ломает свои перья реже, чем два раза в день. У мальчиков усердствуются метательные и ударные движения (недаром самые главные драки и максимум окровавленных носов и разбитых стекол именно в этом возрасте!) и развивается ловкость броска. Само собою понятно, что в этом младшем школьном возрасте следует начинать обучение и тренировку ребенка именно по навыкам верхнего подуровня пространства (*С2*): только что упомянутым ударным и метательным движениям, требующим меткости, точным движениям в пространственном поле и т. п. Правильно поступают педагоги, начинающие в этом возрасте обучение ребенка игре на музыкальном инструменте.

За десять-одиннадцатью годами наступает возрастной пе-

риод большой и сложной ломки, охватывающей все стороны жизни растущего организма. Это возраст, непосредственно предшествующий половому созреванию, и период самого созревания, вплоть до его завершения в основном, т. е. до 14—15 лет. Его не так-то легко охарактеризовать.

С одной стороны, уровни построения настойчиво продолжают обогащаться и наполняться навыками и фонами. Наконец, и уровень действий, который все первое десятилетие жизни должен был пробавляться содержимым самой первой группы нашей классификации — действиями без фонов, начинает получать в свое распоряжение первые «высшие автоматизмы» — основу навыков всякого рода. В это время можно и должно обучать ребенка ручному труду. В этом возрасте в нем легко пробудить вкус к действию, охоту мастерить, и если уловить его направленность и интересы, то можно многого достигнуть.

С другой стороны, гармония и согласие между координационными уровнями, уже как будто достигнутые к этому времени, снова во многих отношениях расклеиваются, и совсем не по вине самих уровней. На них отражаются огромные сдвиги в работе всех желез организма, всей его многосложной внутренней химии. Эта перестройка всего обмена веществ, это переключение всех выделений и отделений в органах тела переживаются организмом как ударное строительство, которому приносят в жертву все остальные текущие отправления. Отсюда и происходит в основном неуклюжая и мешковатая разболтанность движений, замедление двигательных реакций, временное резкое снижение ловкости и даже силы. Хорошо известно, что в этом периоде и душевная жизнь подростка нередко испытывает большую ломку, доходящую иной раз до настоящих нервных расстройств, бесследно изглаживающихся в следующем периоде жизни. Именно потому, что преходящие нарушения движений не связаны ни с какими неполадками в самих двигательных системах мозга, — именно поэтому не следует смущаться бросающейся в глаза двигательной неловкостью подростков и приостанавливать их обучение двигательным навыкам труда и спорта. Наоборот, если только в том или ином отдельном случае нет для этого прямых противопоказаний, например высказанных врачом, особенно важно продолжать деятельно воспитывать в этом переходном возрасте уровни построения, и верхние, и нижние. Такая систематическая работа над ними, в рамках порядка и режима, ничего не произведет, кроме самого благотворного действия и на двигательную область, и на всю душевную жизнь формирующегося человека.

Очерк VI *Об упражнении и привычке*

Как не следует думать о привычке



самых древних времен одна особенность природы человека (и кое-каких близких ему животных) привлекала к себе внимание мыслящих людей. Машины и орудия *чем больше работают*, тем больше изнашиваются, разбалтываются, становятся *хуже*. Самые лучшие машины — это те, которые не скоро обнаруживают надобность в ремонте. С «человеческою машиною» положение как раз обратное. *Чем человек дольше* предается какому-нибудь занятию, тем скорее, тем *лучше* у него идет работа. Живой организм не только не портится от работы, а, напротив, делается сильнее, выносливее, искуснее, ловчее, в особенности по отношению к тому самому виду деятельности, которою человек занимался. Это свойство организма называли «*упражняемостью*».

Объяснить явление часто бывает труднее, чем подметить и использовать его на практике. Так было и в этом случае. Упражняемость оказалась широко распространенным фактом. Найдя признаки ее у ряда животных, человек начал приручать их, т. е. дрессировать и упражнять в полезных для себя навыках. Но найти внутреннюю суть и причину этого коренного отличия живых существ от машин было нелегко.

С давних пор в медицине существовало и цепко держалось одно заблуждение, лишь сейчас наконец изживаемое: идея о том, что живую природу отличает от мертвой присутствие в ней некоей «жизненной силы». Факты, которые остро нуждались в объяснении и ради которых и была изобретена эта «жизненная сила», действительно были очень многочисленны. На каждом шагу можно было наблюдать, как энергично борется каждый организм за свою целостность и благополучие. Нанесенная рана затягивается и заживает, переломленные кости сами собой срастаются, а низшие позвоночные «саморемонтируются» настолько успешно, что, например, ящерице не трудно отрастить себе новый хвост, морской звезде — новую «ногу» на место утраченных старых.

Раз уже столько биологических явлений было навьючено на пресловутую «жизненную силу», то можно было возложить на нее же и еще одну добавочную нагрузку — объяснение упрямости. Дело представлялось так. Сам по себе труд изнашивает живой организм так же, как и мертвую машину, но жизненная сила вступает с этим износом в борьбу и с особенным рвением укрепляет как раз наиболее изнашиваемые части, как полководец усиливает те пункты, которые подвергаются наиболее сильному обстрелу со стороны врага. Всякая работа сама по себе есть вредность, которая, к счастью, бесплатно устраняется этой силой, — взгляд, достойный тех рабовладельцев, презиравших работу, которые одни только имели досуг размышлять о природе в древние времена.

Из этого взгляда на вещи следовало, что сильнее всего должны упражняться те органы тела, на долю которых выпадает наибольшая нагрузка при данной работе. Это отчасти подтверждалось прямым наблюдением. Тонкая кожа ладоней от работы грубеет, покрывается износоупорными наростами — мозолями. Мышцы разрастаются явно избирательным порядком, смотря по виду нагрузки: у гонцов — на ногах, у кузнецов — на руках, у носильщиков — на туловище. Но тут как раз возникает первое затруднение.

Если бы в упражнении все дело сводилось к разработке суставов и связок и к разрастанию мышц, то последствия упражнения, например, правой руки в каком-либо виде работы должны были бы сказаться положительным образом на любом виде работы, производимой той же правой рукой. А между тем на самом деле упражненность распространяется только на немногие сходные виды работы, тогда как по отношению к другим рука остается такой же неработоспособной, как была и раньше. Если человек долго упражнялся, например, в метании диска, то в результате рука его сумеет лучше чем раньше, метать и копье, и молот, и мяч, и ядро, но в то же время вся его тренировка ровно ничего не прибавит ему в отношении, например, работы пилой или кручения лебедки. Чем же объяснить, что те же самые суставы, мышцы и связки, которым «жизненная сила» придала за счет упражне-

ния и выносливость и сноровку в одних движениях, не сдвинулись ни на шаг вперед в других?

Заблуждение, связанное с идеей «жизненной силы», принесло много вреда в медицине, прямой вред проистек из него и для практики упражнения и упражняемости. Во-первых, ясно было, что способность тканей тела к росту, заживлению, срастанию всего выше в нежном детском возрасте. Отсюда следовало, что тренировку наиболее трудных видов движений тоже нужно начинать с самого раннего детства. Этот вывод оправдывал самое безжалостное выламывание слабых детских организмов и привел к фабрикованию и калечению многих и многих «гуттаперчевых мальчиков» на потеху цирковой публики.

Во-вторых, вслед за уверенностью в том, что последствия упражнения гнездятся в самой руке, в ее мышцах и связках, возникла другая идея: исправить и улучшить эти мышцы и связки прямым внешним вмешательством. Кисть руки, например, изобилует множеством мелких косточек и суставов, заращенных в мякоти ладони и натуго перебинтованных связками. Из-за этого от всех них как будто очень мало пользы. Не лучше ли, чем добиваться их разминки и высвобождения упорною тренировкой движений, прямо исправить ошибку природы путем подходящей пластической операции? Играющим на фортепиано, например, очень портила кровь связка, скрепляющая между собой сухожилия мышц среднего и безымянного пальцев. Последствия таких операций, конечно, были плачевными и уже непоправимыми. Музыкант сокрушенно глядел на загубленную руку и думал про себя, что, видно, природа отомстила ему за брошенное ей дерзкое обвинение в ошибках.

Перелом во взглядах совершился в течение девятнадцатого столетия, когда началось энергичное изучение нервной физиологии. Сделалась более понятной, чем раньше, роль головного мозга. Выяснилось, что управление движениями и память на движения сосредоточиваются в нем. Отсюда стало понятным, что упражнение органов тела вызывает какие-то изменения в головном мозгу и что, следовательно, двигательные навыки — это следы, запечатлевшиеся отнюдь не в руке, ноге или спине, а где-то наверху, в недрах этого самого мозга.

Что же это за следы и как они образуются в мозгу? Для истолкования этого как будто бы очень пригодилось одно уподобление, которое впоследствии оказалось совершенно ошибочным, но поначалу на два-три десятилетия прочно завладело умами как физиологов, так и практиков-педагогов. Дело началось с собаки.

Известно, что попадание в рот пищи вызывает отделение слюны, особенно сильное, если пища сухая, например сахарный порошок. Пища раздражает собою слизистую оболочку рта; это раздражение по чувствительным нервам передается в так называемый слюноотделительный центр мозга, а последний откли-

кается на раздражение приказом — потоком нервных побуждений, который он направляет в подчиненные ему слюнные железы. Явление это наблюдается у всех животных, у которых только водится во рту слюна, и наступает с машинообразной правильностью везде и всегда, даже у самых маленьких детенышей. Подобные прирожденные механизмы называются *рефлексами*.

Знаменитый русский физиолог И. П. Павлов, уже увенчанный в то время Нобелевской премией за свои исследования по пищеварению, обнаружил такой факт. Если проголодавшейся собаке день за днем за полминуты до кормления давать услышать звонок или свисток или показывать загорающуюся лампочку того или другого цвета и т. п., то мало-помалу, после многодневных повторений этого опыта, собака начинает выделять слюну не от приема пищи, даже не от ее вида, а уже от одного только того добавочного сигнала, к которому ее приучили перед кормлением. Оказывается, буквально нет на свете такого сигнала, который нельзя было бы подобным же способом сделать вызывателем слюноотделительного рефлекса. После сотни сочетаний сигнала и кормления можно достигнуть того, что у собаки «потекут слюнки» от укола в определенное место тела, от чесания, гудка, блеска, покашливания, писка, треска, запаха — словом решительно от чего угодно. Разумеется, действует подобным образом, т. е. делается способным заместить собой раздражение оболочек рта, только тот единственный вид сигнала, на который тренировалась данная собака. Незнакомые сигналы не вызывают ни единой капли слюны даже у очень голодного животного. Тысячи собак, наудачу подобранных с улицы, ничем не отзовутся на звук пищика или на мелькание лампочки, кроме, может быть, настораживания ушей, и только у нашего лабораторного Боба обильно закапает слюна от звука пищика, у Джека — от лампочки, а у Милки или Тобика — еще от любого другого условного сигнала, какой только сумеет изобрести неукротимая исследовательская фантазия.

Ясно, что во всех этих случаях перед нами *новый рефлекс*, выработавшийся искусственным путем, на наших глазах. Это уже не прирожденный, всеобщий рефлекс, как описанный только что обычный рефлекс слюноотделения, а рефлекс, отразивший в себе какое-то *обогащение личного жизненного опыта* данной собаки. И. П. Павлов дал этим искусственным рефлексам название условных, в отличие от врожденных безусловных.

Для объяснения того, как образуется в мозгу нервный путь нового условного рефлекса, было выдвинуто такое предположение. Известно (и мы уже сообщали об этом читателю), что слуховые, зрительные, осязательные и т. д. впечатления имеют к своим услугам в коре полушарий мозга обширные области, в которых оканчиваются нервные проводники от соответственных органов чувств. *Предположим*, что для каждого отдельного ощу-

щения, для каждого нового впечатления, какое доставляют в мозг наши органы чувств, существуют в этих мозговых областях особые микроскопически малые «центры», например нервные клетки, в которых, как мед в сотах, оседают все эти прибывающие впечатления, размещаясь там бок о бок и не мешая друг другу. Находит себе незанятую, порожнюю клеточку и достигающий впервые до собачьего мозга звук пищика или световой сигнал от лампочки. Далее предположим, что от каждой такой клеточки существует изначала свой нервный провод к слюноотделительному центру, но только этот провод почему-то непроходим для нервных сигналов. Если сочетать раз за разом какое-нибудь безразличное впечатление с кормлением, как это было описано, то от этого соединительный путь между обоими центрами начинает *проторяться*, постепенно становясь проводимым. Мы нашли где-то старую, засоренную резиновую трубку, которая нам очень нужна. Мы вооружаемся вязальной спицей и начинаем долбить ее, прочищая от земли и мусора. О, радость! Вот уже спица проходит насквозь, вот уже пропускаемая вода закапала с противоположного конца трубки, в свою очередь промывая ее, и вот наконец она бьет сквозь трубку веселой струей, обдавая нас каскадом брызг. Так примерно рисовалось в уме физиологов «проторение» нервных связующих путей*. Опыты с собаками свидетельствовали о том, что подобные проторения совершаются очень медленно и туго, и в этом усматривалось достаточное объяснение тому, зачем для освоения нового житейского опыта или навыка нужно долго и упорно упражняться.

Открытие условных (слюноотделительных, а потом и двигательных) рефлексов у животных было действительно крупным успехом физиологии и окрылило научную мысль. Теперь можно было покончить одним ударом с «жизненной силой». Налицо были факты, которые сами напрашивались на широкие распространительные толкования. «Проторением» нервных путей в головном мозгу стали объяснять и обучаемость, и упражняемость, и приобретение навыков, и все вообще формы накопления личного жизненного опыта.

Однако уподобление двигательного навыка человека условному рефлексу собаки таило в себе ряд крупных ошибок и принесло практике не меньше вреда, чем проповеди «жизненной силы», только действие его было более кратковременным.

Прежде всего, и приобретение жизненного опыта в естественных условиях, и даже самый ход впитывания в себя внешних впечатлений *активны, а не пассивны*, как уже говорилось выше. Живое существо, от червя и улитки до человека, не отдается потоку впечатлений, а хватает и ловит их само. Все это

* Образование условных рефлексов нельзя было объяснить вырастанием в мозгу каких-либо новых нервных путей, так как было точно известно, что в послеутробном периоде никакие волокна в центральной нервной системе больше не растут.

несравнимо с положением собаки, привязанной к своему лабораторному станку и не проявляющей никакого самостоятельного участия к тому, что ей показывают или дают услышать.

Кроме того, наводит на серьезные сомнения вот эта тугость и медленность образования в мозгу новых связей между впечатлениями, эти месяцы, которые тратятся на образование условного рефлекса. В живой, повседневной действительности ни собаке, ни тем более человеку совсем не требуется десятков повторений какого-нибудь впечатления для того, чтобы память могла схватить и закрепить его. Животное, которому для освоения каждого нового впечатления в его жизни требовались бы месяцы, было бы слишком плохо вооруженным для борьбы за существование: суровая действительность не стала бы возиться с такими невосприимчивыми особями, а прямо выбросила бы их за борт.

Мы хорошо знаем и из прямого опыта, что собака или лошадь, не говоря уже об обезьянах, очень многое соображают и запоминают с одного раза. Человеку требуется несколько повторений только в тех случаях, когда ему нужно что-нибудь заучить дословно; если же речь идет о схватывании смысла и сути, он никогда не нуждается в них. Несомненно, эта разительная разница — однократность в естественных условиях и необходимость бесконечного задалбливания в условиях опыта с условными рефлексами — основным образом зависит от первого различия. В обстановке естественной жизни животное проходит мимо тех впечатлений, до которых ему нет дела, и само ловит и схватывает те, которые его кровно интересуют*. В условиях опыта оно волей или неволей позволяет что-то делать около себя, не принимая само в этом никакого деятельного участия.

Правда, двигательные навыки осваиваются человеком не сразу, — это и было причиной того, почему их так легко сопоставили с условными рефлексами. Но, как мы подробно увидим ниже, всякий двигательный навык сложен, и его осваивание совершается в связи с этим через целый ряд последовательных этапов. Отдельные же этапы этого освоения очень часто со всей ясностью совершаются на наших глазах сразу (например, возникающие одним скачком моменты овладения равновесием на велосипеде или умением держаться на воде).

Практически вред, проистекавший из обрисованного ошибочного сопоставления, очевиден. Во-первых, примиренческое отношение к полной пассивности, к отсутствию живого, деятельного интереса (ведь закрепляются же у совершенно незаинтересованной, то и дело засыпающей в своем станке собаки условные рефлексы!) прямо толкало к тому, что называется «зубрением», т. е.

* Недаром слово «интерес» имеет в языке два смысла значение занимательности («какой интересный рассказ!») и значение пользы, прибыли («какой мне интерес?», «это не в моих интересах?»). Суровая обстановка борьбы за существование вынуждает живые существа проявлять интерес только к тому, что жизненно важно для них.

к пассивному, невникающему задалбливанию. И мыслящие педагоги и их вдумчивые учащиеся хорошо знают, как мало пользы приносит такое несознательное, проводимое со скукой и отвращением заучивание.

Во-вторых, глубоко неправильно отождествлять приобретение какого бы то ни было умения с проторением нервного пути в мозгу. Даже с точки зрения того, что называется коэффициентом полезного действия, было бы чудовищно неэкономным делом затрачивать многие сотни тысяч килограммометров работы на многочисленные повторения, например прыжка с шестом, чтобы произвести эту цену передвижку в глубине мозга нескольких молекул, закупоривающих собою этот нервный путь. Действительная цель повторения двигательных упражнений совсем иная. *Повторения* осваиваемого вида движения или действия нужны для того, чтобы раз за разом (и каждый раз все удачнее) *решать поставленную перед собою двигательную задачу* и этим путем *доискиваться до наилучших способов* этого решения. Повторные решения этой задачи нужны еще потому, что в естественных условиях никогда ни внешние обстоятельства не бывают два раза подряд в точности одинаковыми, ни сам ход решения двигательной задачи не может повториться два раза подряд абсолютно одинаковым образом. Поэтому необходимо *набраться опыта по всему разнообразию* видоизменений самой задачи и ее внешней обстановки, и прежде всего по всему разнообразию тех впечатлений, с помощью которых совершаются сенсорные коррекции данного движения. Это необходимо для того, чтобы не растеряться в дальнейшем ни от какого, хотя и незначительного, но неожиданного, изменения самой задачи или обстановки и суметь сразу приспособиться к ним.

Как возникала упражняемость?

Уже в очерке III было показано, как осложнявшаяся и обострявшаяся в животном мире борьба за жизнь требовала не только все большей сложности и точности движений, но, главное, все большей *способности разрешать внезапные, непредвиденные затруднения*. Простейшим, низкоразвитым древним организмам еще не нужно было ни памяти для накопления жизненного опыта, ни сообразительности, чтобы выпутаться из непривычного положения с помощью этого опыта, ни, наконец, ловкости, чтобы мышцы не подвели в исполнении того, что сообразила голова.

В связи с этой возраставшей требовательностью жизни естественно получилось, что более новые мозговые устройства, вырабатывавшиеся позднее и присущие более высокоразвитым живым существам, оказывались наделенными и *все большей упражняемостью*. Чем новее уровень построения движений, чем он выше стоит по смыслу и сложности доступных ему задач, тем

он в то же время гибче, приспособительнее, как говорят, «пластичнее», *и тем больше он упражняем.*

Это подтверждается и сравнительной физиологией животных, которая уже не раз служила нам в этой книге ключом для проникновения в древнюю историю развития. О древнейших мягкотелых животных, с гладкими мышечными клетками, вообще не приходится говорить. Медузу, улитку или коралловый полип так же наивно надеяться чему-то научить, как жестяную пуговицу. Но даже стоящие безгранично выше их членистоногие — насекомые, пауки, раки — совершенно недрессируемы и предельно тупы. Интересно прикинуть, что, например, насекомых насчитываются на Земле сотни тысяч видов (гораздо больше, чем существует видов всех других животных вместе взятых), а за всю свою историю человек смог одомашнить и приспособить себе на пользу только два из них: пчелу и бабочку-шелкопряда. (Человека, к сожалению, сумело приспособить себе на пользу несравненно большее число видов членистоногих). Но даже и эти два вида, по сути, не приручены в том смысле, как это можно сказать о лошади или собаке, и ничем не отличаются от своих диких лесных собратьев. Пчеловод может возиться с ульями — десятки лет, и все-таки ему приходится в ответственные моменты надевать себе сетку на голову, чтобы не быть искусанным. Одно время пользовались цирковым успехом дрессированные блохи, но их «укротитель» сам разъяснил в печати, в чем состоял фокус. Он только отучил блох прыгать, долгое время содержа их в плоских коробочках со стеклянным верхом. Когда мускулатура их задних, скаковых, ног ослабела от долгого бездействия и его блохи только ползали, ему уже не составило труда запрягать их в крошечные кареты или заставлять волочить за собой нитку, другой конец которой, смоченный в кислоте, подтягивался к затравке игрушечной пушечки, производя выстрел. Во всем этом было больше восхищения перед ювелирно сработанным реквизитом — каретой с горошину и пушкой в половину спички, нежели перед дрессировкой, которой здесь не было и следа.

Условные рефлексы у насекомых совершенно не вырабатываются, даже в самых примитивных формах. Эти животные, совершенно точно говоря, не доросли ни до восприимчивости, ни до упражняемости.

У позвоночных животных наблюдается точное соответствие между их положением на лестнице развития и доступной им степенью восприимчивости и упражняемости. Рыбы и земноводные с их «потолочным» мозговым устройством — паллидумами — способны уже к кое-какому (тугому и мучительному) закреплению условных рефлексов, но дрессировать их никак не удастся. Почти то же приходится сказать и о пресмыкающихся; в очерке III уже говорилось о том, что эта невосприимчивость была, может быть, важнейшей из причин их вымирания в древние эпохи. Птицы, у которых мозг обогащен кроме стриатумов еще и целым

рядом чувствительных отделов коры полушарий, дрессируемы, приручаемы и упражняемы уже в очень многих отношениях. У них легко вырабатываются и стойко удерживаются условные рефлексы (вспомним хотя бы типичный условный рефлекс, побуждающий обитателей птичьего двора мчаться со всех сторон на освоенный ими звук голоса — «цып-цып-цып» и т. д. — ежедневно кормящей их птичницы). Прекрасною памятью и тонкой подражательностью обладают глупые в других отношениях попугаи. Самые высшие из всего пернатого царства по своему развитию хищные птицы дрессируемы, может быть, не хуже иных домашних собак (например, охотничьи соколы, осваивавшие множество тонких и точных двигательных навыков). И сами эти птицы, и их дрессировщики, командовавшие их действиями на охоте, назывались *ловчими*; нет никакого сомнения, что слово *ловкость* происходит именно отсюда. Это — хорошее подтверждение того, что народная мудрость высоко ставила координационную сноровку излюбленной *ловчей* птицы и искусство воспитывавших ее сокольников.

Одно слабое место продолжает оставаться у всех птиц, вплоть до самых высших: они плохо оснащены для внезапных, разовых двигательных комбинаций. В отличие от совершенно невоспитуемых холоднокровных тварей, они уже хорошо приспособлены к постепенному приучиванию и длительным, однообразным по своему характеру навыкам, но дальше этого они не идут.

Новый шаг к развитию суждено было сделать только млекопитающим.

Из числа млекопитающих можно подобрать полную, без пропусков лестницу от самых тупых и бестолковых животных до высокоодаренных, человекообразных обезьян. И чем выше развит и расчленена кора полушарий млекопитающего, чем ближе она подбирается к формированию в ней центров высших уровней построения, тем большею становится *упражняемость* животного и его двигательная *находчивость* в непредвиденных случаях.

Таким образом, *упражняемость* — довольно молодое явление в истории развития. В сущности она — точный сверстник по времени рождения со старейшими отделами коры полушарий. Древний животный мир не знал упражняемости, его представители рождались и умирали, ничему не научась за свою иногда и долгую жизнь.

Может быть, несколько неожиданно прозвучит другой вывод, который, однако, если вдуматься, сам собою вытекает из всего сказанного раньше. Этот вывод гласит, что *ловкость* в истории развития — *младшая сестра упражняемости*; она родилась на свет еще позже последней. В самом деле, мы уже видели, что способность находчиво выходить из не встречавшихся раньше положений, создавать быстро и подходящим образом новые двигательные комбинации появляется позднее, чем простая, медленная упражняемость, и требует более совершенных мозговых

устройств. А между тем именно эта способность и лежит в основе двигательной ловкости. Этот вывод о сравнительной молодости качества ловкости прямо подтверждается и непосредственными наблюдениями. Оставим в стороне образцово неуклюжих раков или омаров, но даже прыткие, подвижные кузнечики, крылатые насекомые при внимательном рассмотрении поражают своею неловкостью. Как неуклюже поведение краба, перевернутого на спину! Кузнечик производит впечатление ловкого и изящного своими быстрыми, огромными скачками, и все-таки прав Козьма Прутков, сказавший о нем:

Ведь кузнечик скачет,
А куда — не видит!

И правда, финалы его прыжков большей частью плачевны. Не поленитесь понаблюдать за любыми видами насекомых — это лучше подкрепит высказанное здесь утверждение, чем самые обстоятельные аргументы.

Мы упоминали уже о том, что с ловкостью *не* следует *смешивать* проворство. Это последнее качество — быструю подвижность — мы найдем в обилии у многих представителей низших позвоночных: маленьких рыбешек, ящериц, змеек, и т. п. Но настоящая ловкость, стоящая на уровне тех требований, которые мы предъявляем к этому качеству, начинает обнаруживаться сколько-нибудь заметно только у высших представителей птичьего царства и лишь у млекопитающих достигает своего наибольшего развития и расцвета.

Эти наблюдения дают нам мимоходом еще один убеждающий довод против родства упражняемости с «жизненной силой». Действительно, хорошо известно, что самые яркие проявления того, что в древности приписывалось «жизненной силе», — способность к заживлению и возрождению поврежденных частей тела, имеют место как раз на низших ступенях развития. Морская звезда легко отращивает себе новый луч взамен отрезанного, а ящерица или лягушка уже не могут отрастить себе новую лапку; у ящерицы еще отрастет отрезанный кончик хвоста, а у кошки или фокстерьера этого не может случиться и т. д. Упражняемость, наоборот, как мы видели, явление новое и притом все возрастающее снизу вверх, от низших организмов к высшим.

Нам очень важно установить, применимо ли правило о том, что упражняемость возрастает от древних уровней построения к более новым, также и к человеку? Ведь у человека, как было показано в очерках IV и V, сохранились все мозговые уровни построения, когда-либо существовавшие у позвоночных животных, хотя и испытали у него ряд изменений и сдвигов. Рыбы и лягушки фактически лишены упражняемости. Следует ли из этого, что и у человека уровень мышечно-суставных увязок (В), описанный в очерке V и соответствующий по своему строению верховным ядрам рыб и лягушек, тоже неупражняем? Или система

стриатума, которая ведает у человека движениями нижнего подуровня пространства (C1), т. е. локомоциями, многими спортивно-гимнастическими движениями и т. д., — следует ли из сказанного, что она упражняема у человека так же туго, как у птиц, у которых она возглавляет весь мозг?

Нет, в такой форме вывод был бы неправильным. Верно и неоспоримо одно: у человека *чем выше уровень, тем он более податлив и восприимчив к упражнению* и тем больше в нем предпосылок для проявления ловкости. Это последнее обстоятельство выявилось уже при разборе уровней. Отсюда видно, как важно для педагогической практики уметь правильно проанализировать движение и установить, к какому из уровней построения оно принадлежит. Этот анализ сразу покажет, на какую степень упражняемости этого движения можно рассчитывать, легко или туго пойдет его выработка.

Однако, несмотря на наличие такой лестницы упражняемости уровней у человека, даже низовые его уровни обладают гораздо большей степенью упражняемости, нежели их подобия у низших позвоночных. Это прямо связано с тем, что у человека все низовые уровни построения возглавляются высокоразвитою, совсем особенною корою полушарий, которая оказывает на них свое верховное управляющее действие. То обстоятельство, что их движениями и формированием последних в конечном счете управляет кора полушарий, коренным образом меняет дело. Перед нами прошел уже один частный пример того, как в уровне действий кора заказывает нужные для этого уровня фоны низовым уровням и как она использует для этой цели так называемые премоторные поля. Нет сомнения, что и уровень пространства точно так же имеет возможность оказываться в положении уровня-заказчика. Это создает для низовых уровней нужные им побуждения и толчки. Если можно так выразиться, кора мозговых полушарий нашла подходящий язык, понятный для древних, низовых уровней построения, и при посредстве этого языка сумела резко повысить у человека их упражняемость.

Что представляет собою двигательный навык?

За последнее столетие — с того времени, как Гельмгольц впервые сумел определить скорость распространения возбуждения по нерву и нашел ее близкой к 100 метрам в секунду, — накопилось огромное количество данных о том, что нервная система высших млекопитающих и человека — исключительно быстро работающий прибор. Правда, если наши предки заносчиво думали, что «мысль быстрее молнии», то нам сейчас приходится примириться с признанием, что скорости мозговых процессов все же значительно ниже, чем скорости электрических и световых явлений природы. И все же наша центральная нервная система

исчисляет происходящие в ней явления тысячными и десятитысячными долями секунды. Волны возбуждения пробегают путь по двигательному нерву от «пусковой» клетки спинного мозга до мышцы в 3—4 миллисекунды (так в полном подобии с миллиметрами и миллиграммами принято называть тысячные доли секунды). Перебежка нервной волны из одного полушария мозга в другое занимает меньше одной миллисекунды. Мышцы способны откликаться сокращениями на толчки электрического тока меньше чем в одну десятую долю миллисекунды. Столько же примерно времени тратит волна нервного возбуждения для перехода с разветвлений одной нервной клеточки на другую. Как видим, по всем современным данным, нервная система человека — чрезвычайно быстрое органическое устройство. Трудно понять, как со всеми этими фактами о быстроте ее действия могло спокойно примиряться представление о том, что нервной системе потребны целые месяцы для проторения какой-то одной нервной связи. Чем другим, как не недоумием, можно объяснить то, что этот молниеносно быстро работающий биоэлектрический прибор уподоблялся малочувствительной фотографической пластинке, для которой нужна нестерпимо длинная выдержка, чтобы на ней наконец успел запечатлеться снимок?

Мы и по сию пору остаемся перед фактом, что наш мозг, имеющий способность и обыкновение соотножать и запоминать очень многие вещи мгновенно, тем не менее нуждается для выработки двигательного навыка в довольно долгом упражнении. Однако теперь мы уже не усматриваем в этом никакого противоречия. Если бы создание навыка состояло в однообразном, от первого до последнего дня, впечатывании какого-то одного следа в головной мозг, то, действительно, проявляемая им в этом деле медлительность была бы ни с чем не сообразной. Но теперь нам дополнительно известно, что *навык активно сооружается нервной системой* и что в этом строительстве сменяют друг друга *различные между собой последовательные этапы* — совершенно так же, как и в строительстве дома или завода, где последовательно сменяются разработка планов, разбивка строительной площадки, закладка фундамента, кладка стен и т. д.

Прежде чем переходить к краткому описанию того, что представляют собою эти последовательные этапы строительства нового навыка, нам нужно будет как можно точнее представить себе один основной факт, о котором уже было упомянуто в очерке II.

Из-за огромного избытка степеней свободы у наших органов *никакие двигательные импульсы к мышцам, как бы точны они ни были, не могут сами по себе обеспечить правильное движение*, согласного с нашими намерениями. И упругость мышечных тяг, которые не могут так же точно и строго передавать движения, как твердые рычаги машин, и непомерная подвижность длинных суставчатых цепочек конечностей, и, наконец,

множество внешних сил, осаждающих нас со всех сторон, — все это сообща приводит к тому, что, включая ту или другую мышцу, мозг совершенно не в состоянии знать заранее, куда от этого включения двинется конечность. Как мы видели в очерке II, *способ сделать конечность управляемой* только один: непрерывно с самого первого момента бдительно *выверять движение с помощью донесений органов чувств* и вести его все время на узде соответствующих *коррекций*. Там уже упоминалось, что все без исключения органы чувств несут время от времени кроме своей основной службы еще и эту добавочную нагрузку, которую мы обозначили как *проприоцептивную форму деятельности* этих органов.

Очевидно, что раз внешние условия так изменчивы и движение возможно вести не иначе как на поводу у сенсорных коррекций, то даже при неоднократном повторении одного и того же движения *двигательные импульсы от мозга к мышцам не будут раз от раза одинаковыми*.

Последовательные шаги при беге опытного спортсмена так же неотличимы друг от друга, как монеты одной и той же чеканки, но эта одинаковость получается не оттого, что мозг бегуна прилачился посылать мышцам ног совершенно одинаковые двигательные импульсы, а *только за счет* безупречной поправочной работы его *сенсорных коррекций*. Более того, точно установлено, что если бы в мышцы в самом деле были засланы подряд десять совершенно одинаковых между собой серий двигательных импульсов, то из этого получились бы в лучшем случае десять уродливых шагов, не похожих ни друг на друга, ни на движения бега вообще. В худшем, но вполне возможном случае бегущий просто потерял бы равновесие и упал на втором же шаге. Там, где было бы нужно срочно и точно отразить какую-нибудь неожиданную внешнюю силу, вызванную неровностью дорожки, скользким местом и т. п., там его мозг продолжал бы упрямо и слепо печатать свои однообразные штампы, лишённые всякой приспособительности.

Таким образом, — и этот вывод и есть то важнейшее примечание, которое нам нужно было сделать, — *двигательный навык* даже самого простого и однообразного движения *не может быть двигательной формулой или двигательным штампом*, как ошибочно думали раньше и как полагали, в частности, те, кто приравнивал навык к условному рефлексу. Поэтому прежде всего неправильно представлять себе, что двигательный навык — это какой-то отпечаток или след в двигательных центрах мозга.

Но и в чувствительных отделах мозга, которые выполняют сенсорные коррекции, тоже отстает при образовании навыка отнюдь не какая-то постоянная формула коррекций, стойкая, точно штемпель. Ведь и внешние силы и осложнения непостоянны, поэтому не могут быть всегда одинаковыми и коррекции, которые отражают их натиск. Наконец, и самим движениям навыка

всегда необходимо иметь в запасе какую-то степень приспособительной изменчивости, которая все возрастает снизу вверх, от уровня к уровню. Поэтому и в *чувствительных системах мозга откладывается* и скапливается при формировании навыка не раз навсегда постоянный шаблон, а своеобразная, особая *маневренность*. Чувствительные мозговые системы постепенно все искуснее прилаживаются делать мгновенный перевод с того языка, на котором приходят в мозг ощущения и впечатления о ходе движений, на язык тех поправочных двигательных импульсов, которые необходимо в соответствии с ними послать той или другой мышце. Этот перевод с языка ощущений на язык коррекций мы называем *перешифровкой* нервных импульсов.

Итак, двигательный навык *не формула движения*, и тем более не формула каких-либо постоянных, запечатлевшихся в двигательном центре *мышечных напряжений*. *Двигательный навык — это освоенное умение решать тот или иной вид двигательной задачи*. Теперь становится понятным, какую огромную работу приходится проделать нервной системе при осваивании подобного умения, со сколькими отклонениями, разновидностями, особыми случаями и т. д. она должна для этого практически ознакомиться, или, как сейчас любят выражаться, *проработать* их все. Здесь дело идет не о «проторении» одного-двух путей в мозгу, для которого можно было бы надеяться — не сегодня, так завтра — изобрести прямой хирургический способ: подцепить нужное волокно микропипеткой и прочесать его затем микроскопическим гребешком. Изучаемое движение нужно не один раз *выполнить на самом деле*, чтобы в действительности *испытать все те ощущения*, которые лягут в основу его сенсорных коррекций. Его нужно *проделать много раз*, чтобы чувствительные отделы мозга успели познакомиться со *всею разнообразием* отклонений и разновидностей и составить себе «словарик» для всех предстоящих перешифровок. Конечно, самой рациональной и правильно поставленной будет такая тренировка, при которой с затратой наименьшего труда будет совмещаться наибольшее, хорошо продуманное *разнообразие ощущений* и будут созданы наилучшие условия, чтобы осмысленно *запомнить и усвоить* все эти ощущения.

Построение двигательного навыка.

А. Ведущий уровень и двигательный состав

Мы займемся сейчас историей жизни двигательного навыка. Среди всего их разнообразия невозможно подобрать ни одного такого, который мог бы служить их представителем «за всех», по всем сторонам и моментам их развития и бытия. Нам придется взять в качестве основного примера пару навыков, которые будут все время оставаться в нашем поле зрения, а попутно мы будем

привлекать к делу и всевозможные другие навыки, которые помогут более ярко осветить ту или другую сторону вопроса.

Старые взгляды на навык содержали, как мы уже видели, две капитальные ошибки. Во-первых, они считали, что навык влезает, или внедряется, в центральную нервную систему снаружи, все равно, хочет она этого или не хочет. Мы теперь знаем, что, наоборот, нервная система не подвергается принятию навыка, а сама сооружает его в себе: *упражнение — это деятельное строительство*. Во-вторых, считалось, что навык проникает в нервную систему постепенно и равномерно, как гвоздь входит в стену или краска впитывается в материю: сперва на одну десятую, потом на четверть, на три четверти и т. д. Нечто торилось, торилось и проторилось. Сейчас нам известно, что сооружение навыка, как и всякое строительство, как всякое развитие, складывается из ряда этапов, глубоко качественно различающихся друг от друга. *Построение навыка — это смысловое цепное действие*, в котором нельзя ни пропускать, ни перепутывать отдельных звеньев, как нельзя, например, сперва застегнуть пальто, а потом надеть его или сперва потушить свечку, а затем поднести ее к папиросе. Сам навык совсем не однороден: он содержит в себе ведущий уровень и его фоны, ведущие и вспомогательные звенья, разнообразные автоматизмы, коррекции, перешифровки — словом, все, что мы уже перечисляли выше. Точно так же неоднородна история его зарождения, развития и жизни. Мы и попытаемся теперь рассмотреть ее по порядку. В качестве главных представителей для этой обобщенной биографии изберем два спортивных навыка разной трудности — навык велоезды и навык прыжка с шестом. Сопутствующие примеры мы будем заимствовать из области спорта и из круга трудовых и бытовых навыков.

Как только перед нами возникает *новая двигательная задача, первый вопрос* — это, конечно, вопрос о ее опекуне, о *ведущем уровне*, на ответственное попечение которого она достанется. Однако у нормального взрослого человека этот вопрос можно считать уже предпрешенным для всякой новой задачи. Можно без колебаний сказать, что нет такой двигательной задачи, с которой человек впервые встретился бы уже взрослым и которая не потребовала бы от него ведущего управления *уровня действий (D)*, по крайней мере на первое время. Опыт почти по всему тому, что способен самостоятельно вести у человека уровень пространства (C), хоть в какой-то мере приобретает уже в детстве и отрочестве. Благодаря этому и еще потому, что у взрослого вообще наибольшая часть его движений совершается на уровне действий (D), этот последний уровень уже прочно привык к тому, чтобы брать на себя строительство новых навыков какого бы то ни было рода. Это, конечно, налагает заметные отличия на осваивание навыков взрослым от того, как оно происходит у маленького ребенка или животного, у которых в

распоряжении нет ничего выше верхнего подуровня пространства (С2).

Здесь стоит особо отметить, что уровень действий (D) в силу этой вкоренившейся привычки впрягается в оглобли ведущего коренника в начале осваивания даже таких навыков, которым обязательно придется в дальнейшем переключиться в ведение уровня пространства (С). Так происходит, например, с навыком типичной локомоции — плавания, если человек впервые начинает обучаться ему уже взрослым. Факты говорят, что такое *переключение ведущего уровня* — всегда трудная и болезненная вещь, в резком отличии от легко и быстро совершающихся переключений фонов. Отсюда именно и происходит то, что навыки такого типа, как плавание, намного труднее и дольше осваиваются и автоматизируются у взрослого, чем у ребенка или подростка, которые сразу ставят их на управление уровня пространства (С). Эти пространственные навыки следует прививать с самого детства, уже просто с точки зрения разумной экономии сил.

Вторую фазу построения нового навыка мы обозначаем как *определение его двигательного состава*. Так как первая фаза — вопрос о ведущем уровне — не отнимает много времени, то, в сущности, с этой фазы обычно прямо и начинается дело.

Применительно к простым движениям, таким, какими ведает уровень пространства, двигательный состав — это все, что относится к форме и характеру движений, как иногда выражаются — к его конструкции. В спортивно-гимнастических навыках двигательный состав в основном совпадает с тем, что называют *стилем* или *способом* движения. Так, например, в прыжках в длину с разбега различают восточно- и западноамериканский способы (стили), в плавании — способы брасс, кроль, баттерфляй с их разновидностями и т. д. Это и есть то, что физиолог обозначил бы как различные двигательные составы этих локомоций.

В цепных сложных действиях уровня D в двигательный состав входят и строения отдельных движений-звеньев и самые перечни этих звеньев. Например, в двигательный состав ввинчивания шурупа в стену входят движения-звенья взятия и хватки буравчика, насверливания отверстия, взятия шурупа и отвертки, самой процедуры ввинчивания и т. д.

С определением двигательного состава у большей части навыков дело тоже обстоит просто. Очень многие из движений и действий нам приходилось сотни раз видеть с самого детства. Начиная обучаться езде на двухколесном велосипеде сам в детстве ездил на трехколесном, где применяется много сходных движений. Для спортивно-гимнастических и трудовых движений мы очень часто имеем к нашим услугам *показ* со стороны педагога или тренера, сопровождаемый вдобавок пояснениями и разбором сложного движения по элементам. И все же в отношении двигательного состава нам непременно приходится деятельно преодолевать целый ряд затруднений.

Прежде всего так бывает при осваивании нового умения самоучкой. Здесь иногда много труда уходит на прямое изобретательство по части двигательного состава. Робинзон на своем острове, горько сожалевший о том, что в молодости пренебрегал приглядыванием к простым ремеслам, тратил массу времени и сил на постижение основных двигательных премудростей горшечного, портняжного или столярного дела. Однако затруднений немало и не для одних самоучек. В прыжке с шестом, например, есть много таких молниеносных и неуловимых глазом подробностей движения, что их не разглядеть и на десятках показов. Много из того, что и удается подметить, не легко отнестись к своему собственному телу: придать, например, руке или туловищу именно ту позу и поворот, которые сумел увидеть у педагога. Затем телосложение каждого, его мускулатура, а тем более строение и степени развития его мозговых уровней так разнообразны и неповторимы, что уже тогда, когда навык в общих чертах освоен, каждый учащийся очень многое приписывает в двигательном составе навыка к своим личным особенностям. То ли он находит какой-нибудь подходящий поворот руки, который помогает ему переходить через планку при прыжке в высоту, то ли наиболее удобные приемы хватки инструмента или придерживания материала и т. п. Здесь открывается широкий простор и для настоящего изобретательства и рационализации, что с таким блеском доказали на трудовом фронте наши становцы.

Построение навыка.

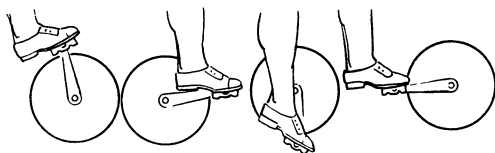
Б. Выявление и роспись коррекций

Однако, как известно каждому, *видеть* хоть тысячи раз, как что-либо делается, и *сделать* это самому — совсем не одно и то же. Часто, глядя на искусную, быструю работу опытного мастера, не можешь отделаться от яркого ощущения, что и сам с первого же раза сделал бы то же самое ничуть не хуже его. Но если мастер, прочитав эту немую мысль в наших глазах, уступит нам свое место и мы отважимся сделать пробу своих сил, то столкнемся с таким своеобразным ощущением обескураживающего недоумения, которого не забудет каждый, хоть раз испытывший его. Наша правая рука, которую мы привыкли знать послушно исполнительницей и безукоризненно скоординированной в ее движениях, вдруг окажется такой неловкой и непокорной, точно она отсижена или отморожена. У нас, взрослых, уже сильно развиты «задерживающие центры», предостерегающие нас от неловких положений. Но дети особенно часто попадают впро�ак именно в случаях этого рода, когда то, что делается перед их глазами, кажется им до очевидности простым и доступным для повторения. Отсюда идут и порезанные носы и уши у маль-

чишек, подстерегших, когда отец, кончив бриться, уйдет на работу, и искромсанная материя у девочек, с не меньшей самоуверенностью принимающихся за кройку платья в отсутствие матери. Если вы хотите тут же, не сходя с места еще раз испытать это знакомое переживание недоумения и сделать свою руку растерянной, как жук, брошенный на спину, то поставьте перед собой зеркальце и, заслонив правую руку от глаз листом бумаги так, чтобы видеть ее только в зеркале, попробуйте нарисовать квадрат и крест диагоналей внутри его («конверт») или еще что-нибудь в этом же роде.

Причина этой неожиданной непослушности совершенно ясна. Нами уже с самого детства накоплены огромные запасы всяческих двигательных навыков и умений по уровню действий и особенно по уровню пространства, каждая достигаемая точка которого нами давно и точно освоена. И действовать нам постоянно приходится в кругу этих привычных и выработанных движений. Как мы уже подчеркнули выше, при упражнении тренируется *не сам по себе рабочий орган* — его суставы, кости и мышцы, а *определенный круг деятельности* этого органа, управляемой мозгом в том или ином уровне. Каждое выработанное умение создает, правда, в центральной нервной системе некоторые «распространительные толкования», известную возможность переноса на другие, сходные виды навыков, но отнюдь не дает какого бы то ни было всеобщего развития. Послушная в исполнении бесчисленных привычных, выработанных умений и навыков, наша рука начинает обманчиво казаться нам послушной безотносительно и вообще. А этого-то и нет.

После всего рассказанного в предыдущих очерках нас не поставит в тупик вопрос о том, *почему* нам вначале так трудно управиться с движением, хотя его двигательный состав нам вполне ясен. Если бы взаимоотношения между напряжениями мышц и движениями были так же просты, как, например, отношения между (жесткими) шатунами у паровоза и его колесами, тогда, действительно, воспроизвести своими руками движение, которое мы мысленно ясно видим перед собою, было бы не труднее, чем обвести карандашом нарисованный на бумаге квадрат. На самом деле, хотя перед нами и стоит отчетливый образ движения, мы не имеем вначале никакого понятия ни о тех *коррекциях*, которые нужны для его выполнения, но о тех *перешифровках*, с помощью которых можно втолковать мышцам, как им следует себя вести. Мы *видим*, как мастер выполняет на наших глазах эти понятные и ясные нам движения, но снаружи не видно тех скрытых перешифровок и коррекций, которые управляют ими в его мозгу. Разница между второй фазой (определение двигательного состава) и третьей (прощупывание коррекций) заключается именно в том, что там учащийся устанавливал, как *будут выглядеть* (снаружи) те движения, из которых складывается изучаемый им навык, здесь же он доходит до того, как



Правильный педаляж

будут ощущаться (изнутри) и эти движения, и управляющие ими сенсорные коррекции. Именно в этой третьей фазе *упражнения* необходимо повторять много раз решение данной двигательной задачи, чтобы «наощущаться» досыта и всем разнообразием переменчивой внешней обстановки, и всевозможными приспособительными откликами на нее со стороны самого движения. Проф. С. Геллерштейн очень метко называет эту деятельность «*обыгрыванием*» *навыка* во всех мыслимых изменениях задачи и обстановки.

Какой навык ни взять в качестве примера, везде эта фаза выявления сенсорных коррекций проступает как необходимая, и при этом обычно как самая трудоемкая из всех первоначальных, так сказать планировочных, фаз построения навыка. Применительно, например, к велосипеду: ноги обучающегося начинают чувствовать правильную круговую форму движений стоп* и характерное переменное сопротивление, оказываемое педалями. Руки осваивают поворотливость рулевой вилки и приспособляются сочетать ее произвольные повороты с опиранием на нее. Гораздо дольше воспитывается и постепенно обостряется чувство боковых наклонов машины и ощущение того, как влияют на них повороты руля. Старый инстинкт, связанный с прежним опытом по пространству, может вначале побуждать при крене машины влево поворачивать руль вправо. Мало-помалу инстинкт этот преодолевается, и новичок сам или по указанию учителя прилаживается откликаться на эти крены влево поворотами руля влево же, так как благодаря им точки опоры велосипеда подбегают под уклонившийся в сторону общий центр тяжести и восстанавливают нарушившееся равновесие. Все это и еще многое другое совершенно *невидимо снаружи* и накапливается учащимся только путем личного, не всегда безболезненного опыта. Пусть по ходу этой фазы новичок успеет раз пятнадцать взобраться на свой самокат и свалиться с него; каждая набитая им шишка есть болевой след начавшегося копиться у него опыта сенсорных коррекций. С каждой новой минутой он получает все новые потоки как раз тех ощущений, которых не могло быть видно ни на ком постороннем, и его центральная нервная система начинает мало-помалу разбираться в вопросе о том, на какого сорта коррекции здесь имеется спрос.

* Стопа — принятое в анатомии и биомеханике название ступни ноги.

Нечего и говорить, что вся эта работа течет иной раз на три четверти бессознательно, *но разумным вниканием можно очень ускорить ее.*

Попутно с этим накапливанием опыта по части коррекций совершается их внутренняя сортировка. Учащемуся уже стало ясным, *что* именно нужно корректировать, но еще не видно, чем, с помощью какого рода ощущений всего удобнее выполнять эти коррекции. Центральная нервная система деятельно ищет: где, как, какой вид чувствительности способен наиболее быстро и чутко откликнуться на ту или другую заминку, дать в том или другом случае самую строгую и точную коррекцию. И дальше: в распоряжении *какого из фоновых, низовых уровней* имеется тот инструмент, которым можно в данном случае всего ловче подцепить движение и провести его через трудное место.

В начале осваивания навыка могут встретиться два разных случая. Когда основные, самые нужные коррекции определились, то ведущий уровень данного навыка либо может, хорошо или худо, обеспечить своими средствами эти коррекции, либо не может. В первом случае движение поначалу выполняется кое-как, «на костылях»: те виды чувствительности, какие имеются в инвентаре ведущего уровня, могут обеспечить эти коррекции, хоть временно, приблизительно выполняя роль деревянных лесов, с помощью которых в дальнейшем возводится каменный дом. И действительно, пока движение, хотя и с трудом, выполняется на этих суррогатных подпорках, успевают выработаться в низовых уровнях настоящие подходящие фоны, или *автоматизмы*, о которых речь будет дальше. Так, например, в навыках опиловки или косьбы, а из области тонких пальцевых движений — в навыках игры на фортепиано правильные движения напильника, косы или собственных пальцев вначале выверяются *зрением*, пристальной слежкой за ними «во все глаза». И уже благодаря тому, что движения все же удается более или менее правильно выполнять под их надзором, направляется и убыстряется выработка окончательных коррекций всех этих движений с помощью мышечно-суставной, проприоцептивной *чувствительности*, по которой таким мастером является фоновый уровень мышечно-суставных увязок (В).

В других случаях ведущий уровень оказывается банкротом в отношении хоть и фоновых, вспомогательных, но нужнейших коррекций, без которых движение идти не может. Если речь идет, например, о локомоции, то ведущий уровень всех локомоций (СІ) вполне обеспечен всеми смысловыми коррекциями, которые нужны ему, как водителю или «пилоту» движения, но ему может не хватить таких необходимых *синергий*, отсутствие которых все равно срывает движение, хотя они и не относятся ни к пилотажу, ни к конечной цели и смыслу. Так именно обстоит дело с локомоциями плавания или езды на двухколесном велосипеде. В этих случаях бывает всегда, что движение первона-

чально просто никак не выходит: учащийся упорно погружается в воду или падает на бок вместе со своей машиной. В обоих этих навыках (а также в ряде других, подобных им: беге на коньках, планерном навыке, умении ходить по канату и т. п.) имеет место один абсолютно *всеобщий закон*: во-первых, в какой-то момент эти умения *постигаются сразу*, как будто каким-то озарением, и, во-вторых, раз уловленное умение этого рода *не утрачивается больше никогда*, пожизненно, какой бы долгий перерыв ни был у человека в практике этого движения и как бы далеко ни зашла его общая растренированность в нем. Основного умения держаться на поверхности воды, на велосипеде, на канате и т. п. также нельзя забыть, как невозможно забыть, например, облика моря, виденного хотя бы однажды в жизни, или вкуса какого-нибудь раз испробованного кушанья.

Описанный внезапный постигающий скачок, характерный для этой группы навыков, означает, что в этот момент вступает в строй выработавшаяся в соответственном уровне *фоновая коррекция*, обеспечивающая успех этого движения. Движение не получалось до этого переломного момента именно потому, что для этого рода движений в распоряжении их ведущего уровня не было никаких подходящих коррекций нужного качества, хотя бы суррогатных, какие спасают дело при многих других видах движений. То, что «секреты» навыков плавания или велоезды и т. п. заключаются *не в каких-нибудь особенных телодвижениях, а в особого рода ощущениях и коррекциях*, объясняет нам, почему эти секреты не удастся растолковать никаким показом (а любое движение всегда можно показать) и почему они *совершенно и пожизненно незабываемы*.

Даже помимо этих особенных ощущений и коррекций, составляющих монополию уровня В, ни уровень пространства (С) с его обоими подуровнями, ни верховный уровень сложных навыков (D) не имеют подходящих средств для полноценного покрытия всех коррекций, нужных для данного двигательного навыка. Таким образом, встает во весь рост вопрос о привлечении *фоновых уровней как специалистов* по тем или иным видам коррекций. Вполне уместным будет сравнение построения нового навыка со строительством здания. В начальных стадиях работы архитектору не нужно бывает ничего, кроме готовальни и листа бумаги. Когда же строительство разворачивается, то ему, конечно, не только потому приходится привлекать себе помощников, что у него самого только по одной паре рук и ног. Более важная причина в том, что его руки, очень искусные в производстве чертежей и расчетов, гораздо медленнее и хуже умеют класть кирпичи или делать оконные рамы, нежели руки каменщиков и плотников. Подобным образом за фазой прощупывания и определений нужных коррекций наступает фаза их *росписи по фоновым уровням*. У велосипедиста, у обучающихся прыж-

ку с шестом, фигурному катанию на коньках, гимнастическим упражнениям на снарядах и т. п. постепенно выявляются те проприоцептивные сигналы, которые с наибольшим мастерством умеет схватывать и использовать уровень мышечно-суставных увязок (В), те ощущения от органов равновесия, на которые всего тоньше и правильнее откликается уровень тонуса (А), и т. д. Эта фаза пока все еще *внутренняя планировка* по сооружаемому навыку, но дело уже вплотную приблизилось и к реализации этих планов.

Построение навыка. В. Разверстка фонов

Мы подходим к четвертой по порядку, качественно снова совершенно особой фазе построения двигательного навыка: где же тут монотонное «проторение» или продавливание?

Эта фаза иногда охватывает собой по времени довольно большую часть всей тренировки, а по своему значению занимает в ней исключительно важное место. Это — *фаза фактического переключения вниз, в фоновые уровни* тех коррекций, которые уже определились и разместились по этим уровням в предшествующей фазе.

Уже раньше упоминалось, что спуск фоновых коррекций в подходящие для них низовые уровни построения есть то самое явление, которое называется *автоматизацией* двигательного акта. Первым делом нужно пояснить, чем обусловлено такое название.

На первых шагах строительства двигательного навыка сознательное внимание бывает устремлено почти на все многочисленные подробности управления движением. А этих подробностей и слабых пунктов оказывается такое изобилие, что внимание теряется и то и дело упускает из виду важные, подчас и решающие, коррекции. Перед нами прошло уже немало примеров и разборов движений, показавших, как много в этих движениях разнообразнейшей работы по управлению, и как насыщена фоновыми коррекциями, например, каждая локомоция: ходьба, бег, плавание, прыжок. Разумеется, никакое, самое натренированное, внимание не может охватить сразу весь этот град коррекций. Тут и приходится на помощь автоматизационное переключение в низовые, фоновые уровни.

Дело в том, что в каждом движении человека, простом или сложном, полном глубокого смысла или доступном и любой лягушке, в сознание попадает *только то, чем управляет ведущий уровень этого движения*. Так уж построено наше сознание, что его фонарь, как правило, не способен осветить больше одного уровня зараз, хотя оно и в состоянии освещать их все по очереди. Поэтому получается, что все те коррекции, которые

передаются на управление фоновым уровням, *уходят* в то же самое время *из поля нашего сознания*, т. е. начинают выполняться бессознательно, автоматически. Глубоко неправильно было бы представлять себе, что движения или части движений, управляемые *автоматизмами*, это непременно что-то застывшее, столь неизменяемое, как ввевшаяся привычка. Кто-то очень верно подметил разницу между привычкой и автоматизированным навыком, сказав, что «навыком владеем мы, тогда как привычка владеет нами». Автоматизмы могут иной раз быть более гибкими и приспособительными, чем любое сознательное движение; их существенный признак только в том, что для своего осуществления они не нуждаются в сознании.

Вполне понятно, какое большое значение имеет описанное свойство автоматизмов. Помимо того что при автоматизации каждая коррекция переключается на тот уровень, который ей качественно наиболее впору, автоматизационное переключение каждой очередной коррекции вниз означает еще один *шаг к разгрузке внимания*, которому этим все более облегчается возможность следить за самыми существенными и ответственными сторонами движения, не размениваясь на мелочи.

Автоматизация совершается не сразу, а охватывает собой иногда довольно значительную часть всего времени осваивания навыка, не только потому, что это время уходит на выявление нужных коррекций и уровней, наиболее подходящих для каждой из них. Более важная причина в другом.

Сами эти фоновые коррекции низового уровня, потребные для изучаемого навыка, далеко не всегда простые, нехитрые реакции, которые подходящий уровень сумел бы выполнить с первого же раза правильно. Нередко, и как раз в наших примерах велоезды или прыжка с шестом, эти фоны сами по себе чуть не целые навыки, вовсе не прирожденные и не лежащие в «фонотеке» низового уровня готовыми, как сюрприз в хлопушке. Их нужно еще выработать и воспитать.

В одних случаях требуемый фон — это действительно целостный самостоятельный навык, который при этом, как более простой, очень часто бывает уже давно выработанным у учащегося, так что остается только пустить его в ход. Иногда подобный фон-навык нужно в той или иной мере «подшлифовать» и приспособить к фоновой роли. Могут, конечно, встретиться и такие случаи, когда нужно начинать воспитание навыка с самых азов.

К таким самостоятельным фонам относится, например, разбег при цепном акте прыжка в длину или в высоту или прыжка с шестом. Бег уже давно выработан у каждого, с той или другой степенью совершенства, как самостоятельное движение в нижнем подуровне пространства (CI). Его остается только подчинить общей задаче всего движения прыжка: *превратить бег в разбег*. Это, безусловно, не одно и то же, особенно разбег с длинным

шестом в руках, но исходному ведущему уровню прыжка (D) достаточно уже положить на него всего несколько поправочных мазков и превратить его ведущее положение в фоновое.

Подобный же фоновый смысл приобретает локомоция *бега* в играх в футбол или теннис, локомоция ходьбы в работе поездного сцепщика, косаря, метельщика и т. д.

В других случаях то движение или часть движения, которыми должен будет управлять в изучаемом навыке данный фоновый уровень, не имело бы никакого смысла в качестве самостоятельного, так как не было бы способно в таком вылученном из всего целостного действия виде решить ровно никакой двигательной задачи. Возьмем для примера сложную синергию поворачивания вокруг себя с диском в правой руке перед его метанием или не менее сложное движение выхода в стой на обеих руках, ногами вверх, на вертикально вставшем шесте, что бывает перед выпуском его из рук и переходом через планку. Возьмем из области трудовых навыков вождение правой рукой со смычком или сложные, увертливые движения обеих кистей и пальцев, держащих вязальные спицы. Все эти движения и составные части движений приобретают смысл и становятся целесообразными только тогда, когда они вкраплены в целостное смысловое движение или действие и подчиняются его ведущим коррекциям. Легкоатлет должен подняться на руках на своем шесте не безотносительно, как и когда вздумается, а в тот самый момент, когда шест дошел до требуемого положения, и при этом так, чтобы перепорхнуть всем телом через планку, не задев за нее. Скрипач должен водить смычком так, чтобы его направление, скорость и сила нажатия на струны создавали требуемый художественный звук, все время контролируемый ухом и верховными, «музыкальными» центрами мозга. В противном случае это будет вождение, которое, может быть, ни опытейший глаз, ни точнейший киноснимок и не отличат по виду от правильного, но которое не извлечет из скрипки ничего, кроме скрипения. И так далее.

Вот эти-то фоны, которые управляют движениями, не имеющими самостоятельного смысла, или даже не обслуживают сами отдельных движений, и называются автоматизмами. Иногда их подразделяют на *высшие автоматизмы* (те, которые обслуживают действия из уровня D) и *низшие* (входящие в состав движений уровня пространства, C), но это деление не имеет никакого существенного значения. Конечно, автоматизмы из разряда высших (называемые также специальными навыками, сноровками и т. п.) гораздо многочисленнее, сложнее и разнообразнее низших. Мы уже встречались с ними при описании уровня действий (D).

С автоматизмами, как и с фонами первого рассмотренного рода, дело может обстоять двояко: либо они еще незнакомы обучающемуся и ему предстоит их выработать, либо он обнаружи-

вает их уже готовыми, сохраняемыми памятью в «фонотеках» его низовых уровней, так что их остается только отряхнуть от нафталина, подновить и кое в чем подогнать и приспособить к новой задаче. Очевидно, что фоновые автоматизмы этого вида были в свое время выработаны как составные элементы какого-нибудь другого навыка, поскольку мы уже договорились, что ни *самостоятельного значения*, ни самостоятельного происхождения никакие *автоматизмы иметь не могут*.

Начинающий велосипедист, наверное, найдет, например, в своих запасах и автоматизмы вращения педалей и автоматизмы поворотов рулевой вилки, приобретенные им во времена катания на трехколесном велосипеде. Обучающийся летному делу наберет в своих запасах немало автоматизмов и из вело- и из автопрактики, а может быть, и из вовсе непредвиденных, знакомых ему физических упражнений, развивших в нем автоматизмы удержания равновесия, взаимной увязки движений рук и ног и т. д.

Такое использование автоматизмов, выработанных в свое время для навыка X, в другом, позже сооружаемом навыке Y, и есть то, что носит название *переноса навыков* или *переноса упражненности*. В этом важнейшем явлении необходимо разобраться подробнее, хотя оно пока еще мало изучено.

Очень долгое время оставалось загадочным, в чем заключается суть этого явления — «распространительного толкования» приобретенных умений, т. е. явления переноса навыков. Загадочность усугублялась еще тем, что иногда два вида движений, как будто довольно сходных друг с другом по внешности, обнаруживали ничтожную степень переноса упражненности. В других же случаях совсем несходные на вид движения, как, например, бег на коньках и велоезда, или спринтерский бег и прыжки в длину, или даже фигурное катание на коньках и стрельба в цель, давали как раз очень яркие и стойкие проявления переноса.

Ошибка, бывшая причиной всех этих недоумений, состояла в том, что причину *переноса искали в сходстве движений*, или двигательного состава. Существовала целая теория так называемых тождественных элементов, созданная для объяснения переноса и в двигательных и в школьно-учебных навыках, но, к сожалению, эта теория не была в состоянии верно предсказывать явления, а следовательно, никуда не годилась. Мы на основе всего изложенного выше материала окажемся несравненно ближе к истине.

Как уже сказано, *перенос упражненности* опирается на использование ранее выработанных автоматизмов, но автоматизмы — *это не движения, а коррекции*, управляющие движениями и их частями. Поэтому в тех случаях, когда два движения сходны одно с другим по форме и виду, но имеют в своей основе совершенно различные коррекции (например, движения со смычком и движения с пилой или напильником), не обнаруживается

и никаких признаков переноса. Наоборот, в движениях, где этот перенос установлен, всегда не трудно найти и одинаковые или близко сходные *группы коррекций*. Так, например, навыки велоезды и катания на коньках роднит между собой совершенно ясная вещь: в обоих навыках мы имеем дело с *держанием подвижного* (динамического) *равновесия над опорой, не имеющей ширины*, т. е. линией опоры велосипеда или полозом конька. И руководящие ощущения наклона и равновесия, и даже *сам принцип коррекций*, восстанавливающих это равновесие, — *принцип подъезжания* под отклонившийся в сторону центр тяжести тела — в обоих навыках одни и те же. В таких, казалось бы, разных между собой навыках, как стрельба в цель и фигурное катание на коньках, и то явственно проступает группа важных сближающих их между собою коррекций: верного пространственного глазомера, стойкой, уравновешенной *твердости* точных движений и, наконец, безошибочного *улавливания нужного момента*.

Переносы упражненности возможны не только с навыка на навык, но и с одного исполнительного органа тела на другой, не упражнявшийся орган. Так бывает, например, когда в каком-нибудь движении упражняется только левая рука, а результат упражнения сказывается затем не только на ней, но и на правой. Эта разновидность переноса имеет самое близкое отношение к *переключаемости*, и мы вернемся к ней несколько дальше.

Не требует специальных подчеркиваний, как важно уметь правильно анализировать движения с точки зрения их уровня состава и строения участвующих в них автоматизмов, чтобы намного повысить экономию сил и полезный результат упражнения.

Подбирая «лестницы навыков» так, чтобы каждый из них мог как можно полнее использовать автоматизмы, уже построенные для предыдущих, и в то же время делал и свой взнос в «фонотеку» накапливаемых автоматизмов, можно достигнуть исключительного успеха.

Переносы по навыку имеют и свою теневую сторону, о которой сейчас уместно будет сказать. Эта теневая сторона выявляется в тех случаях, когда при освоении нового навыка в управлении им вмешиваются или мало подходящие, или прямо вредные для него старые, привившиеся автоматизмы. Так, например, у очень многих из нас с детства выработан автоматизм рулевого управления, заключающийся в том, чтобы поворачивать руль *вправо*, когда хочешь и ожидаешь, чтобы и машина повернула *вправо же*. Начинаясь с детского велосипеда и игры «в лошадки», этот автоматизм затем с успехом переносится нами и на двухколесный велосипед, и на автомобили любых систем и марок, и на рулевое управление самолета и планера. Количественная сторона — соотношение между углом поворота руля и крутизною получающегося поворота машины — играет здесь уже

второстепенную роль: действительно, то, что у тяжелого грузовика, например, надо повернуть баранку руля на 180° для такой же крутизны заворота, какая у велосипеда требует 10° , сразу и вполне бессознательно выверяется зрением. Мы в тот же миг видим, как начинает поворачивать наша машина, и в тот же миг увеличиваем или уменьшаем поворот баранки руля, руководясь показаниями глаз. Но вот нам приходится сесть к рулю обыкновенной гребной лодки, где движения прямо противоположны: для поворота лодки *вправо* нужно сделать руками, держащими веревочки, такое же движение, какое повернуло бы велосипед или автомобиль *влево*. Каждый знает, как трудно в этом положении побороть старый, укоренившийся автоматизм; впрочем, у всех сколько-нибудь ходких моторных лодок и у глассеров хорошие конструкторы уже давно ввели управление по автомобильному принципу.



Сила привычки

Неотвязный автоматизм махания пера в чернильницу, без конца протупающий при переходе на писание авторучкой; автоматизмы протягивания руки к давно уже несуществующим дверной задвижке или выключателю; многочисленные автоматизмы конькобежного спорта, перечашие правильным движениям на лыжах, и т. п. могут также послужить примерами подобных *интерференций**, как их называют, т. е. взаимных помех между старыми автоматизмами и новыми навыками. Постепенное преодоление и изживание первых составляет иногда немалую добавочную нагрузку к описываемой сейчас четвертой фазе построения навыка.

Построение навыка.

Г. Автоматизация движений

Между тем *автоматизация*, т. е. выработка новых фоновых автоматизмов и переключение коррекций движения, одних за другими, в низовые уровни *продолжается своим чередом*. При описании в очерке V уровня действий было рассказано, каким путем уровень-заказчик сносится с фоновым, передавая ему за-

* Интерференция (лат.) хорошо и почти буквально переводится словом «встревание».

явку на требующийся автоматизм. Так как у взрослого почти все новые навыки строятся под руководством коркового уровня действия (D), то и заказы на автоматизмы проводятся у него почти во всех случаях через описанные там же «премоторные» системы коры мозга. Коррекции самого ведущего уровня временно и приблизительно поддерживают поначалу разрабатываемую часть движения, затем наступает момент, когда коррекции соответственного фонового уровня доразвились и окрепли. Он отталкивает от себя руку ведущего уровня, которая поддерживала его, как старшие поддерживают на воде ребенка, обучающегося плавать, и перенимает новоявленный автоматизм целиком на себя. Это и есть момент *состоявшейся автоматизации*.

Из всего изложенного ясно, что в каждом двигательном навыке может содержаться несколько автоматизмов, т. е. он может в нескольких разных направлениях нуждаться в фоновых коррекциях этого вида. Поэтому в продолжение выработки навыка может в разные времена произойти и несколько моментов автоматизации, совершенно независимо друг от друга. Так, в навыке езды на велосипеде такими моментами будут: основной переломный момент овладения равновесием, автоматизм правильного, непринужденного вращательного движения ног, автоматизм, не дающий подошвам соскальзывать с педалей, автоматизмы pedalного торможения, езды без рук на руле, сверхкрутых поворотов и т. д.

Из приведенной характеристики того, что представляет собой автоматизация, столь же прямо вытекает, что она никогда не проявляется постепенно, а во всех случаях выглядит как *внезапный скачок или перелом*. Она похожа не на «проторение» (выражающееся в опытах с условными рефлексам в плавном нарастании количества капающей слюны), а скорее на какое-то «осенение», на своего рода восклицание «ага!». Каждый спортсмен помнит момент, когда он разом почувствовал, что вода держит его или что его велосипед сразу приобрел такую устойчивость, как будто у него выросло третье колесо.

Третья особенность автоматизации обусловлена также ее основной сущностью, тем, что она состоит в *переключении* какой-то части управления движением *на другой уровень*, т. е. *на другие по качеству коррекции*. Поэтому автоматизация — это всегда скачок по качеству. Изменение в составе тех видов чувствительности, которые обслуживают коррекции данной части движения, не может не сказываться и на его существенных чертах. Таким образом, каждый автоматизационный скачок дает *не только* внезапное, резкое улучшение в выполнении разучиваемого движения, *но* при этом еще *и качественные перемены в нем*.

Например, когда в навыках опиловки металла или косьбы контроль над основной рабочей частью движения переходит от глаз к мышечно-суставной чувствительности, составляющей

главное оружие уровня синергий и мышечно-суставных увязок (В), это сразу проявляет себя в изменении качества работы. Плоскость опиливаемой пластинки становится гладкой и блестящей, ряды валящейся травы делаются ровными, широкими и пышными. По тому, насколько плавно останавливается вагон трамвая и насколько точно подходит его задняя площадка к остановочному столбу, всегда можно судить, в какой мере автоматизирован у водителя навык работы воздушным тормозом.

Не лишена интереса одна очень распространенная черта автоматизационных качественных сдвигов. Если автоматизация, как это часто бывает, заключается в передаче коррекций *уровню мышечно-суставных увязок* (В), не пользующемуся зрением, то она сопровождается хорошо всем известным фактом: *выключением зрительного контроля*. Учащийся вдруг, скачком обнаруживает, что он может выполнять ту или другую часть движения не глядя, в то время как до этого ему приходилось следить за нею «во все глаза». Каждый без труда припомнит немало примеров подобных же автоматизационных сдвигов из своей личной практики: в навыках завязывания и развязывания узлов, повязки галстука, шнуровки одежды, игры на музыкальном инструменте, движений рук при гребле и т. п. Такое освобождение от зрительного контроля может даже служить недурным опознавательным признаком того, что наблюдаемый автоматизм выработан как раз в уровне мышечно-суставных увязок (В).

Построение навыка.

Д. Срабатывание фоновых коррекций

Вряд ли нужно много говорить о том, что подразделение всего процесса упражнения на отдельные последовательные фазы, которое проводится нами в этом очерке, очень сильно схематизирует действительное положение вещей. На самом деле, конечно, границы между этими фазами могут быть очень расплывчатыми, а временами последовательные фазы могут и частично налагаться друг на друга. Тем не менее в основном это подразделение правильно, хотя и встречаются отдельные отступления от него.

Нужно сразу сказать, что и та очередная фаза, к описанию которой мы сейчас переходим, в действительности не наступает четко вслед за предыдущей, окончившей свое дело и, уходя, хлопнувшей за собой дверью. Наоборот, и автоматизация, как мы только что видели, совершается в более или менее сложном навыке не в один, а в несколько последовательных приемов; и явления пятой фазы, о которой сейчас идет речь, очень постепенно вливаются в общую струю работы над навыком, еще задолго до завершения всех сдвигов по автоматизации. Эта фаза заслуживает названия *фазы срабатывания фона между собою*.

Если сравнить выработку навыка с разучиванием спектакля, то в предыдущие фазы роли были распределены между актерами, переписаны для них и выучены каждым наизусть, а теперь начинаются совместные репетиции.

Как ни далеко уже продвинулось дело сооружения двигательного навыка, однако и до его завершения еще тоже не близко. Над фонами, и в частности над автоматизмами, остается еще немало побиться, прежде чем обучающийся почувствует, что прочно оседлал каждый из них. Первая же трудность овладения фонами состоит в том, что все эти вспомогательные фоны и автоматизмы, управляемые разными уровнями построения, осуществляются в конце концов через посредство одних и тех же мышц, суставов и костных рычагов и должны приладиться не мешать друг другу и не сбивать один другого. Мы уже говорили об *интерференциях, возникающих от неувязки между старыми автоматизмами и запросами со стороны нового изучаемого движения*. Теперь к ним присоединяются еще такого же рода интерференции и между *вновь выработавшимися автоматизмами*, пока они еще не сыгрались как следует друг с другом и не проделали взаимной пригонки и шлифовки. Вот пример такой интерференции при образовании велосипедного навыка. В начале обучения уровень тонуса А, специалист по позам и хваткам, овладевает хваткой рулевой вилки и приспособляется к плотному, добросовестному держанию ее. В то же время нижнему подуровню пространства (С1) необходимо научить руки чутко откликаться точными переливами нажимов руля на каждый начинающийся боковой крен машины. Часть времени неизбежно расходуется на борьбу между плотной, цепкой хваткой из уровня А и быстрыми чуткими реакциями из подуровня С1, которым приходится разыгрываться в одних и тех же мышцах рук и плечевого пояса. Рано или поздно, однако, оба эти автоматизма из разных уровней не только находят между собой общий язык, но даже вырабатывается своего рода подавтоматизм в уровне тонуса (А), который начинает подкреплять реакции рулевого управления своим экономным тоническим способом. Не менее выразительные столкновения могут происходить поначалу между теми же воздействиями на руль ради равновесия, производимыми из подуровня С1, и воздействиями на него же для машиновожения, для целевых поворотов вправо и влево, управляемыми через пирамидный подуровень С2. Подобные же перебои можно подметить между автоматизмами ходового вращения педалей и педального торможения, в прыжке с шестом — между привычным фоном бега и автоматизмом держания при этом на весу упругого, неповоротливого шеста и т. д.

Даже в тех случаях, когда мы не в состоянии обнаружить с помощью наблюдения, в чем заключается досадная помеха и какие фоны никак не могут поделить между собою того костно-мышечного коня, на котором они должны сообща скакать, мы

нередко ясно замечаем самый факт наличия такой помехи. Дело в том — и это широко известно, — что ни в одном навыке освоение никогда не идет плавно и гладко. Наряду с теми качественными скачками и ступеньками, о которых уже говорилось, ход выработки навыка часто включает в себя и более или менее длительные *остановки*, как бы заминки, иногда даже как будто временные ухудшения. «Ведь дело уже шло почти совсем хорошо! — в отчаянии восклицает ученик. — Почему же оно опять вдруг расклеилось?!»

Опытный педагог может всегда, не покрывив душой, преодолеть эти обескураживающие настроения учащегося. Он вправе точно заверить его, что за этою заминкой последует *качественный скачок в лучшую сторону*, если только ученик не опустит руки и будет настойчиво продолжать работу, может быть только сделав небольшой перерыв в тренировке или внеся в нее временное разнообразие. Право педагога на такую уверенность основано на том, что подобные остановки (их иногда прямо называют *творческими паузами*) *всегда предшествуют очередному автоматизационному скачку*, хотя, конечно, не каждый такой скачок обязан начинаться с них. Каждая заминка или временное ухудшение свидетельствуют о том, что между какими-то существенными фонами произошла интерференция, не позволяющая им поладить друг с другом. Центральная нервная система выйдет в конце концов из положения либо тем, что сумеет нужным образом приспособить и подогнать оба фоновых механизма друг к другу, либо, если этот путь не удастся, она скомбинирует и воспитает новый, более подходящий и гибкий автоматизм взамен прежнего. На такую выработку и замену уходит какое-то время; оно и составляет содержание переживаемой «творческой паузы», так огорчающей ученика.

Упорствование в тренировке в те моменты, когда ощущается явственная интерференционная заминка и разлаживание уже удававшегося было движения, может иногда принести заметный вред. Сделаем это предупреждение в заключение данного раздела. Может получиться, что центральная нервная система, если ей не дают времени разобратся в создавшемся положении и насильственно заставляют ее пускаться в ход оба противоречивых механизма коррекций, волей-неволей пойдет *на компромисс, на уступки качества*. Она уширит допуски как по тем, так и по другим коррекциям, сделает их более взаимно терпимыми, и этой ценой их совместное существование окажется возможным. Так случается, например, при трудных пассажах на фортепиано или при сложных совместных движениях всех конечностей в некоторых гимнастических или атлетических упражнениях. Если очень грубо расчленишь коррекции, то оказывается, что коррекции, следящие за точностью и меткостью, не выдерживают в этих случаях на первых порах большой беглости движений, а коррекции, заведующие беглостью, не допускают точности.

В итоге получаются движения смазанные, приблизительные, хотя и поспевающие за требуемым темпом. Педагоги называют соскальзывание на подобный компромисс «забалтыванием». Вред его в том, что если уже оно получилось, то от него очень трудно избавиться. Поэтому к интерференциям и к заминкам, которые свидетельствуют об их возникновении, необходимо относиться внимательно и чутко. Педагог поможет учащемуся решить, что в данном случае лучше — сделать ли в тренировке полный перерыв и отдаться на волю «творческой паузы» центральной нервной системы или в корне изменить способ тренировки и применяемые упражнения — так, чтобы облегчить мозговым аппаратам путь к правильному выходу из создавшегося затруднения.

Построение навыка. Е. Стандартизация

Там, где старые наблюдатели видели одно только монотонное долбление, перед нашими глазами прошло уже столько разнообразных фаз постепенного строительства навыка, что приходится удивляться не тому, что это строительство требует времени, а скорее тому, что оно все же укладывается в умеренные сроки. И тем не менее просмотренные нами до сих пор фазы еще далеко не все. Для завершения выработки нового навыка требуются еще по крайней мере две различные между собой фазы, настолько важные и трудоемкие, что нередко эти завершающие фазы требуют больше времени, чем все то, что им предшествовало. Эти фазы можно рассматривать, как этап окончательной отделки, пригонки и шлифовки навыка. Хотя они не проходят поочередно, одна после другой, а очень тесно взаимно переплетаются, для удобства изложения мы рассмотрим их раздельно, как они этого заслуживают по своему различному смыслу и назначению. Мы обозначаем эти фазы как *стандартизацию и стабилизацию двигательного навыка*.

В очень многих автоматизированных двигательных актах царит, как мы уже знаем, необычайная, отечканенная одинаковость повторяющихся частей (циклов) движения. Последовательные шаги при ходьбе и беге, последовательные гребки при плавании или гребле, несколько раз подряд выполненные опытным мастером прыжки или сальто и т. п. одинаковы между собой, как гвардейцы в строю. Такую же одинаковость мы могли пронаблюдать и у точных движений уровня пространства, например у концов целевых движений взятия, указания, удара, укола. Между тем, как нам уже известно, такое тождество движений не получается само собой, автоматически, как получают, например, совершенно точные повторения звучаний при повторных проигрываниях одной и той же патефонной пластинки.

Оно обязано своим существованием не какому-то штампу в двигательных центрах мозга (мы уже доказали выше, что такие штампы невозможны в них); наоборот, нервная система добивается этого тождества иногда с большим трудом, исключительно посредством бдительнейшей слежки за движениями с помощью своих коррекций. Но в живой природе ничто не делается без определенной жизненной целесообразности, особенно если наблюдаемое явление завоевывается энергичным трудом. Если мозг добивается в многочисленных видах навыков подобной одинаковости повторяющихся движений несмотря на то, что это требует значительных усилий, значит, это в каких-то отношениях нужно и полезно. Мы и в самом деле можем наблюдать, как не сразу дается нервной системе эта стандартность движений при тренировке нового навыка. У маленького ребенка, только что обучающегося ходить и бегать, ни один шаг не похож на другой. То же самое имеет место и у взрослых при их первых прыжках, первых десятках движений веслами и т. п. По степени достигнутой стандартности движений этого рода можно даже довольно хорошо судить о степени выработанности навыка с ним.

Для чего же центральная нервная система стремится через многочисленные препятствия к этой стандартности? Оказывается, для движений разных уровней объяснения получаются тоже разные.

Движения локомоций — ходьбы, бега, прыжка и т. п. — представляют собой огромные синергии. В них стройно и дружно сообща работают сотни мышц. Однако главная трудность управления и увязки в таких движениях не в этом. Благодаря многосуставности подвижных цепей тела и богатству их степенями свободы между всеми частями этих цепей — стопами, голеньями, бедрами, предплечьями, плечами и т. д. — разыгрывается при движениях огромное количество *сил взаимодействия*. Особенно значительно нарастает и количество и величина этих сил *при мало-мальски быстрых движениях*. Доказано, что *при увеличении темпа силы этого рода возрастают пропорционально квадрату темпа*, иначе говоря, увеличение темпа в два или три раза вызывает возрастание этих сил соответственно в четыре или в девять раз и т. д. Эти силы взаимодействия — иначе говоря, *силы отдачи* из одних звеньев тела в другие — носят название *реактивных сил*.

Реактивные силы при больших синергиях вроде бега, прыжка или сальто настолько велики и разнообразны, что создают иногда почти нерешимые задачи по увязке такого рода объемистых, быстрых движений. Они противодействуют усилиям мышц, расталкивают между собой звенья, относят их в совсем нежелательных направлениях и т. д. Столкновения между всеми ими настолько сложны, что скомбинировать двигательный состав подобной синергии так, чтобы она была вообще исполнимой, —

исключительно трудная задача. Казалось бы, необъятное количество степеней свободы у наших органов движения дает такой же необъятный простор для выбора и комбинирования путей (траекторий) движения, однако это не так. Перебирая одну за другой множество комбинаций, которые так щедро позволяет подвижность суставчатых цепей тела, нервная система вынуждена отбрасывать их одну за другой: каждую из них тем или иным образом разрушают реактивные силы. Форма за формой как бы взрывается изнутри.

Теперь делается очевидным, что если удастся найти такую форму движения, в которой реактивные силы не проявляют этих разрушительных свойств, то нервная система ухватывается за нее со всей мыслимой цепкостью. Как показывает опыт, для сложных крупных движений рассматриваемого рода отсеивается как правило, всего одна-две, самое большее — несколько единиц исполнимых, несаморазрушающихся форм движения. Эти формы обладают между собой резкими качественными различиями и разделены широкими промежутками неисполнимых форм. Если проделывать движение очень медленно, «по складам», то широкая суставная подвижность позволяет выполнять его на многие тысячи ладов. Если же попытаться сделать его связно и быстро — так, чтобы оно действительно решало стоящую перед ним двигательную задачу, то возможности резко и безжалостно ограничиваются.

Зато, как показывают более точные наблюдения, биодинамика делает нам в отношении этих движений неожиданный и очень ценный подарок. Оказывается, среди немногочисленных выполнимых форм каждого подобного движения существует совсем уж малая кучка форм, отличающихся крайне важной особенностью. Движение оформляется при них так, что *реактивные силы* не только не сбивают, а, наоборот, *прямо поддерживают* его, *сообщают ему особенную устойчивость*. Как только звено или целая конечность начинает почему-нибудь отклоняться от назначенного ей правильного пути, как тотчас же из-за этого возникают реактивные силы, толкающие их обратно на их видимые рельсы. Такое движение можно, пожалуй, сравнить с движением шарика, катящегося по желобу. Если по каким-нибудь причинам шарик начнет отклоняться от дна желоба к его приподнятым краям, сила тяжести сгонит его обратно в глубь канавки. Такие движения вполне естественно назвать *динамически устойчивыми*.

Теперь для читателя станет понятным, почему существует такое малое количество так называемых *стилей* спортивно-гимнастических движений. Эти стили как раз и есть те счастливо найденные двигательные составы движений, которые наделены в большей или меньшей мере *свойствами динамической устойчивости*. Понятно, почему такое непростое дело изобрести новый стиль (способ) прыжка или плавания: возможности здесь везде

насчитываются единицами, и, конечно, немалая часть их уже выявлена совместными исканиями десятков и сотен тысяч спортсменов всего мира.

Итак, теперь мы имеем точное объяснение для *стандартности движений* в навыках описываемого рода. Она отнюдь не обеспечивается сама собою для любой формы движения, какую мы стали бы пытаться заучить. Сначала немало усилий приходится затратить на нахождение так или иначе исполнимых форм и добиться того, чтобы стойко выдерживать эти формы с помощью сенсорных коррекций, оберегая и отстаивая их от всякого искажающего вмешательства внешних сил (реактивные силы в *исполнимых формах* уже не так опасны). А затем искания и прилаживания центральной нервной системы, происходящие в течение многочисленных повторений движения, рано или поздно достигают наконец построения динамически устойчивой формы движения. Как только она найдена, сразу можно очень резко ослабить узду сенсорных коррекций. Заботу об охране движения от искажающих помех внешних сил перенимают на себя реактивные силы, которые делают это почти автоматически; излишне подчеркивать, какую разгрузку это создает и для всей чувствительности, и для внимания, и вдобавок и для мускулатуры. Там, где в предыдущих фазах обучения приходилось отражать сбивающие толчки и реактивных и внешних сил активными мышечными напряжениями, теперь создаются совсем иные условия. Реактивные силы, которые до этого были в фактическом союзе с внешними и сообща с ними нападали на движение и обстреливали его, с этого момента переходят в наш лагерь. Теперь они натравлены на внешние силы и успешно грызутся с ними, а сенсорные коррекции спокойно отходят на отдых и со стороны наблюдают за битвой, благополучно текущей без них.

Кроме всяких шуток, исполнитель не может не ощутить со всей ясностью этой разгрузки, хотя ему не легко доискаться до ее истинных причин. Это освобождение, одновременно охватывающее и мышцы и всю центральную нервную систему, есть то самое явление, которое легкоатлеты называют *расслаблением* и которое очень высоко ценится ими. Из всего сказанного видно, что речь идет не о каком-нибудь ослаблении мускулатуры или разболтанности суставов и т. п. Если что фактически расслабляется при овладении секретом динамической устойчивости движения, то только эта жесткая узда сенсорных коррекций, которая была необходимой раньше, чтобы не дать движению сойти с рельсов. Теперь это достигается само собою и приносит в качестве премии за успеваемость огромную экономию по всем линиям физиологического хозяйства.

К сказанному нужно добавить еще вот что. *Если и возможно* ценою значительных напряжений *исполнить* неустойчивую, саморазрушающуюся *форму движения*, то уже, во всяком случае, повторять ее несколько раз одинаково *совершенно неспособно*.

Поэтому такие формы и не заучиваются. Наоборот, устойчивые формы имеют все предпосылки к тому, чтобы легко поддаваться повторениям, а значит, им нетрудно и закрепляться в памяти. Таким образом, получается, что *плохие, неудачные движения не запоминаются*, тогда как *удачные решения двигательной задачи*, напротив, имеют тенденцию *запечатлеваться прочно*. В этом проявляется одна из форм так называемого закона эффекта, подмеченного американским психологом Торндайком и имеющего очень широкую область применения.

Что касается *точных целевых движений уровня пространства*, то присущая им стандартность имеет другое, более простое объяснение. Уровень пространства, как мы видели, обладает способностью очень широко разнообразить свои движения и умело пользуется их переключаемостью и взаимозаменяемостью там, где это целесообразно. Однако в целом ряде случаев успех движения прямо зависит от *точности и меткости* всего движения или какой-нибудь из его частей. В этом отношении высоко развитые сенсорные коррекции уровня *С* тоже прекрасно вооружены. Там, где по смыслу движения необходимо не ошибиться ни на одну десятую миллиметра — при точном уколе, гравировании, вдевании нитки в иглу и т. п., — движение и выполняется с точностью выше этой требуемой десятой; следовательно, при всех его повторениях человеком с хорошим навыком не дает и никаких расхождений от раза к разу.

Здесь стандартизация движений или их частей при выработке навыка является необходимым условием для их меткости и точности.

Построение навыка. Ж. Стабилизация

Обращаемся, наконец, к последней по счету фазе выработки навыка — *стабилизации*. При построении навыка она проходит в одно и то же время с предыдущей фазой, но имеет совершенно другой смысл и значение.

Представим себе двух людей, выработавших у себя навык одного и того же движения. Одного зовут, допустим У., другого — Ю. Оба выполняют перед нами разученное ими движение: прыжок, выход в стой или упор на брусьях, работу косой и т. п. При всем внимании мы не в силах обнаружить разницу в качестве выполнения между обоими. Движение совершается ими одинаково правильно, одинаково рационально и экономно, одинаково автоматизированно, наконец, с одинаковой степенью непринужденности и грациозности. Кому из двоих отдать предпочтение?

Попробуем теперь внести в условия двигательной задачи какое-нибудь небольшое осложнение. Если исполнители привыкли работать на свету, погрузим их в сумерки; дадим косцам

более короткие косы или поставим их на кочковатую лужайку; выберем для прыжка ветреный день или мокрую дорожку, заставим гимнастов решать в уме какой-нибудь арифметический пример и т. п. Мы можем натолкнуться на неожиданный результат. В то время как У. без малейшей заминки или затруднения перешагнет через возникшее осложнение и оно ничем не отразится на успешности его движений, у испытуемого Ю. движения сразу станут неуверенными, растерянными, неловкими, явно потеряют свою автоматизированность (как говорят, *деавтоматизируются*) — и навыка как не бывало. У обоих движение течет одинаково благополучно, покуда оно течет под стеклянным колпаком. Но достаточно подуть ветерку, и между обоими проступает вся глубина разницы.

Деавтоматизация, т. е. разрушение автоматизации, уже достигнутой исполнителем, — большой и опасный враг двигательного навыка, и против нее необходимо в достаточной степени вооружиться. Когда закончились все те переключения, из которых состояла автоматизация изучаемого навыка, то *навык* во всех своих важнейших чертах *уже проявлен*, но его — продолжая здесь сравнение из области фотолюбительства — *необходимо его закрепить*. А для того, чтобы сознательно отнестись к этому закреплению или стабилизации, как мы его назвали, необходимо отдать себе ясный отчет в том, с какого рода враждебными силами приходится бороться молодому навыку и какими средствами самообороны пользуются для этого разные уровни построения.

Сбивающие воздействия можно в грубых чертах разбить на три главные группы. *Первая и вторая группы — побочные помехи* внутреннего и внешнего происхождения, никак не связанные с самой двигательной задачей и тем не менее препятствующие ее решению. Из *внутренних* сбивающих причин назовем для примера утомление, головную боль или иное недомогание, неполадки в работе тех или иных органов чувств, отвлекающую озабоченность и т. п.*. Для *внешних* столь же случайными примерами могут быть: отвлекающий шум, холод, толчки и сотрясения и т. п. Против всех этих вредностей прочно и хорошо выработанный навык выставляет в основном одно и то же оружие — общую выносливость и стойкость. Чем нервная система лучше закалена, чем меньше данному человеку свойственна нервозность, повышенная раздражимость и т. п., тем легче ему противостоять этим сбивающим помехам и не допустить их деавтоматизировать его движения.

К *третьей группе* относятся сбивающие воздействия, имеющие совсем другой характер. В нее мы включаем *осложнения, возникающие внутри самой двигательной задачи*. Мы уже знаем,

* Еще об одной важной внутренней причине деавтоматизации мы упомянем несколько ниже.

что даже для повторения требуемого движения без всяких видоизменений и вариантов требуется большая приспособительная работа сенсорных коррекций, разве что нас в той или иной мере выручит динамически устойчивая форма. Но если *для выдерживания стандарта движений* необходим значительный опыт по части коррекций, который мы выше выразили словами «наощущаться досыта» и который в большой степени приобретает в заключительных фазах выработки навыка, то *для самообороны от изменений и осложнений задачи* его требуется еще гораздо больше. Ни одно из таких осложнений или видоизменений не должно заставить человека врасплох, не подготовленным к нему. Смена привычного инструмента, материала, покроя или формы обработки, изменение рабочего места, скользкость или другие непредвиденные свойства почвы и т. д. — все это сбивает новичка, хотя он уже и овладел навыком для средних, спокойных условий, деавтоматизирует его движения и приводит его в растерянность. В русской художественной литературе есть замечательный пример работы двух лиц, очень подходящих под наш условный пример (У. и Ю.), — это описание косьбы, сделанное великим мастером слова Л. Н. Толстым в романе «Анна Каренина». Косят вместе: опытный старик крестьянин Тит и барин-любитель Левин. Работа идет гладко, на удобном участке луга.

«Левин ничего не думал, ничего не желал, кроме того, чтобы не отстать от мужиков и как можно лучше сработать. В середине его работы на него находили минуты, во время которых он забывал то, что делал, ему становилось легко, и в эти же самые минуты ряд его выходил почти так же ровен и хорош, как и у Тита. Чем долее Левин косил, тем чаще и чаще чувствовал он минуты забывтья, при котором уже не руки махали косой, а сама коса двигала за собой все сознающее себя, полное жизни тело, и, как бы по волшебству, без мысли о ней, работа правильная и отчетливая делалась сама собой».

Здесь с исключительной яркостью дана картина того, как выглядит «изнутри» хорошо автоматизированное, ладно и складно текущее движение. А теперь начинаются сбивающие осложнения.

«Трудно было только тогда, когда надо было прекращать это, сделавшееся бессознательным, движение и думать: когда надо было окашивать кочку или невыполотый щавельник. *Старик делал это легко.* Приходила кочка, он *изменял движение* и где пяткой, где концом косы подбивал кочку с обеих сторон коротенькими ударами. И, делая это, он все рассматривал и наблюдал, что открывалось перед ним. И Левину, и молодому малому сзади его *эти перемены движений были трудны.* Они оба, *наладив одно напряженное движение*, находились в азарте работы и не в силах были изменять движение и в то же время наблюдать, что было перед ними»*.

Совершенно ясно, что старик Тит приспособлен в своем на-

* Л. Н. Толстой. «Анна Каренина», ч. III, гл. 4 (Курсив мой. — Н. Б.).

выке к большему числу изменений в обстановке работы, чем его молодые партнеры. Пока условия ничем не осложнены, почти нельзя отличить работу его и молодых косцов. Но как только появляется спрос на *приспособительные изменения*, сейчас же и обнаруживается разница. Отметим, с каким художественным мастерством подчеркнул Л. Толстой, что все эти изменения не нарушают автоматизированности движений Тита. Сказано только, что ни одно из них не мешало ему все рассматривать и наблюдать перед собой.

Каждый из уровней построения и вообще имеет во всем свои особые манеры и приемы деятельности; в борьбе со сбиваемостью каждый из них тоже проявляет себя по-своему. *Основное оружие уровня мышечно-суставных увязок (В) — стандартизация*, выработка динамически устойчивых форм движения. Склонность уровня В к устойчивым, стандартным рисункам движений была замечена физиологами мозга уже давно; только объясняли ее неправильно, предполагая, что в его двигательных центрах заложены шаблоны или формулы всяческих автоматизмов. Теперь мы знаем, как они получаются в действительности, и можем понять, что в известных границах эти устойчивые формы могут хорошо преодолевать осложняющие помехи: скользкость или вязкость беговой дорожки, захлестывающую волну при плавании, неудобный настил для лыж и т. п. При осложнениях более значительного порядка такой пассивный путь самозащиты навыка уже не удастся, и приходится призывать на помощь вышележащие, более маневренные уровни. Здесь требуется уже вмешательство коры мозга.

Уровню пространства, и в особенности *уровню действий* главным оружием против сбивающих воздействий, служит свойственная им высокая *переключаемость*. В течение всей второй половины выработки навыка (конечно, грубо подразделяя) идет «обыгрывание» всяческих видоизменений, осложнений и вариантов. Нечего и говорить, какую большую услугу навыку окажет в этих фазах тренировки *намеренное предъявление* обучающемуся как можно большего числа таких, разумно подобранных, видоизменений. В начале выработки навыка они были бы опасны и могли бы лишь сбить новичка с толку; к концу, наоборот, они чрезвычайно уместны. Дело не только в том (даже в наименьшей степени в том), чтобы дать учащемуся разучить возможно большее количество вариантов. Основная суть в том, что такое практическое знакомство с разнообразными осложнениями развивает в учащемся *находчивость*, способность не потеряться при непредвиденном осложнении и тут же найти прием для его преодоления. Такая находчивость ведущих уровней, имеющая притом к своим услугам послушную исполнительность со стороны уровней низших, является, как уже было установлено, *главною предпосылкой для ловкости*. Она, так же как и навыки высших уровней, обладает склонностью к «распрост-

ранительным толкованиям», т. е. к переносу. *Упражняемость есть упражняемое свойство*, как и почти все без исключения свойства корковых систем мозга; *еще в большей степени упражняемо свойство находчивости или приспособительной маневренности*, которое застраховывает выработанный навык от сбиваемости и деавтоматизации и накладывает на него последнюю лакировку — *лакировку ловкости*.

Нельзя не упомянуть еще об одном виде сбивающих воздействий, с которыми нередко приходится сталкиваться во время выработки двигательного навыка и даже позднее, при его практическом применении. Такое сбивающее, *деавтоматизирующее действие производят переключения совершаемого движения на другой, непривычный ему уровень*.

Мы знаем, что сознание всегда пребывает в ведущем уровне данного движения. Все протекающее в фоновых уровнях — все автоматизмы и вспомогательные фоны — совершаются за его пределами. Поэтому *устремить сознательное внимание на тот или другой из фоновых механизмов* — это почти обязательно означает *сделать соответственный фоновый уровень* на это время *ведущим*, т. е. как раз сделать такого рода сбивающее переключение.

Выше, по другому поводу, было сказано, что переключение ведущих уровней — всегда вещь трудная и болезненная. Если это переключение производится накрепко, в порядке переучивания (например, у взрослых, обучающихся неизвестным видам локомотий), то оно требует значительных затрат времени и труда. Если такое переключение происходит мимолетно — так, как в обсуждаемом случае, то за него большею частью приходится расплачиваться сбиванием и деавтоматизацией.

Так происходило и с Левиным в приводившемся примере из «Анны Карениной»: когда на него находили минуты забвения, когда он думал только о конечном результате своих действий и старался лишь, чтобы его ряд выходил таким же ровным и хорошим, как у Тита, работа шла совсем гладко и хорошо. Но стоило ему подумать о своих телодвижениях и начать следить за ними, как они немедленно разлаживались.

Есть одна забавная сказка о жабе и сороконожке, которую уместно будет кратко пересказать.

На кочке сидела старая безобразная жаба и с брюзгливой завистью глядела на блестящую сороконожку, весело кружившуюся на ярком солнце. Сороконожка беззаботно и ловко выписывала на песке самые замысловатые вензеля, от сверкающего солнца было больно глазам, и начищенные, лоснившиеся щиточки сороконожкиной спинки отбрасывали во все стороны пестрые блики, как ожившее ожерелье из алмазов.

Одолела жабу лютая зависть. Подковыляла она с коварной и лстливой улыбкой к сороконожке и заквакала:

— Квак, как ты ловка и прекрасна! Квак, как бы я хотела хоть чему-нибудь научиться у тебя! Открой мне тайны твоего искусства! Много волнующих

вопросов поднимается во мне, когда я люблю тебя. Ответь мне хотя бы на некоторые из них. Скажи, что делают твои восемнадцатая и тридцать девятая ножки в тот миг, когда поднимается двадцать третья? И затем: какие ножки движутся у тебя в такт с четырнадцатой и что помогает тридцать первой, когда седьмая делает свой изящный бросок вперед?

И жаба, прищурясь, ждала ответа с умильным вниманием на жирном лице.

Сороконожка задумалась и не могла вспомнить, что делают упоминавшиеся жабой ножки. Это, однако, не беспокоило ее. Польщенная вкрадчивой речью жабы, она вознамерилась немедленно показать ей вновь свое мастерство пляски и проследить заодно, что же, в самом деле, предпринимают ее двадцать и тридцать такие-то ножки, о которых она никогда не задумывалась до этих пор.

И к ужасу своему, сороконожка увидела, что она не в силах сделать ни одного связного движения. Ножки ее как будто парализовались и отказались слушаться ее. Чем больше и настойчивее думала она о каждой из них и о том, в каком порядке нужно двигать ими, тем больше они запутывались, напрягались и беспомощно вздрагивали, не сдвигаясь с места. Наконец в изнеможении она опрокинулась на спину в глубоком обмороке.

А жаба, злорадно отдуваясь, вскарабкалась снова на свою кочку. Она была хорошо отомщена.

Такие приключения, наверно, случались и с каждым из нас. «Жабой» в этих случаях являлось стремление следить за подробностями своих движений и сознательно контролировать уже наладившиеся автоматизмы их. Это всегда является ошибкой. Сознательное присматривание к движениям учителя и вникание в свои собственные движения целесообразны тогда, когда происходит выявление двигательного состава разучиваемого навыка, т. е. в самом начале работы над ним. Тогда же, когда автоматизмы уже выработались и когда произошло переключение, удалившее их из поля сознания, бесполезно и даже вредно гоняться за ними за кулисы движения. Нужно оказать известное доверие уровню мышечно-суставных увязок (В): большей частью он его хорошо оправдывает.

На чем же следует фиксировать внимание в конечных фазах работы над навыком? Ответ можно дать совершенно определенный. Внимание нужно тому уровню, в котором пребывает сознание и который отвечает за успех всего движения в целом и главном. Поэтому внимание следует сосредоточивать на *стремлении как можно лучше и точнее решить стоящую перед нами двигательную задачу*. Это стремление и наведет его на основные, решающие смысловые коррекции всего движения. Так, например, внимание упражняющегося в велосипедной езде должно быть направлено не на свои руки или ноги, а на лежащий впе-



реди путь; внимание теннисиста — на летящий мяч, обрез сетки, движения противника, но никак не на свои собственные руки или ракетку. Такая *концентрация* (сосредоточение) *на задаче* в наибольшей мере мобилизует ведущий уровень со всеми его возможностями.

Гораздо более чреват нежелательными последствиями другой случай, до известной степени обратный только что рассмотренному. Если движение разучено в правильном, подходящем для него ведущем уровне, то переключение внимания на его автоматизмы и фоновые подробности в худшем случае на время деавтоматизирует его; в конце концов, очень нетрудно наладить его вновь. Это угрожает только временными перебоями, так как в обморок от подобных мимолетных деавтоматизаций падают только сороконожки, да и то в сказках. Но бывает, что учащийся по недомыслию или иной причине *выработал у себя навык* на то или иное движение *не в том ведущем уровне*, в каком ему по-настоящему надлежит идти. И вот, когда педагог, делая очередной просмотр его успехов, предлагает ему выполнить движения с такими требованиями, удовлетворить которым в состоянии только настоящий и правильный ведущий уровень, тогда ученика постигает уже очень трудно поправимая растерянность и деавтоматизация. Сразу переключиться в другой, совсем непривычный ему уровень он не может, и наступает резкий распад движений. Так бывает, например, когда учащийся игре на музыкальном инструменте разучит какой-нибудь трудный пассаж как своего рода «локомоцию пальцев», т. е. на нижнем уровне пространства (C1). В чисто двигательном отношении, по линии меткости и беглости, пассаж разучен гладко и хорошо. Но тут педагог напоминает ученику, что, в сущности, он исполняет музыкальное произведение, в котором суть не в той или иной проворной акробатике пальцев, а в том, чтобы вызвать звучание с определенным художественным смыслом для слуха. Педагог выскажет это проще: «Слушай, что ты играешь!» И вот с учащимся происходит то же, что и с сороконожкой, только в обратном плане: на этот раз разрушение движений произойдет *из-за попытки поднять движение* в более высокий уровень построения, чем тот, который стал для него привычным. Здесь выход из положения только один: переучить все движение заново, а это иногда достигается гораздо труднее, чем выучить что-то совсем новое.

Такие же сбои и деавтоматизации встречаются в спортивно-гимнастических движениях и в трудовых процессах. Если упражняющийся разучил движение напильником, как простое вожделение в одну и другую сторону деревянным макетом под счет, или если он заучил телодвижения пловца, лежа животом на скамеечке и двигая конечностями по воздуху, и т. п., *его труды пропали даром, и ничего, кроме деавтоматизаций, не принесут, когда он перейдет на настоящую работу.*

На этом можно было бы закончить наш очерк, посвященный упражнению и навыку. Не мешает, однако, для закругления подвести здесь одну общую итоговую черточку.

Сторонники того взгляда, по которому упражнение сводится к проторению, или впечатыванию, какого-то следа в нервной системе, почему-то никогда не обращали внимания на одно существенное обстоятельство. Ведь человек принимается за разучивание тех или иных движений именно потому, что не умеет их делать. Поэтому в начале разучивания навыка ему, в сущности, нечего проторять или же проторяться и запечатлеваться у него начнутся те самые неловкие и неправильные движения, какие он единственно в состоянии совершить в начале работы над навыком.

Для того, чтобы что-то «проторилось» в смысле, придаваемом этому слову сторонниками соответственной теории, необходимо, чтобы это «что-то» повторялось раз за разом так же одинаково и точно, как повторяются условные сигналы в опытах с условными рефлексам. Но если учащийся все время повторяет свои неумелые, неправильные движения новичка, значит, упражнение не приносит ему никакой пользы, так как вся суть и цель упражнения в том, *чтобы движения улучшались*, т. е. *изменялись*. Следовательно, правильно проводимое упражнение есть, в сущности, *повторение без повторения*. Как же выйти из этого противоречия, которое почему-то не замечалось до сих пор сторонниками теории проторения?

В действительности противоречие здесь только кажущееся, и мы обладаем уже совершенно достаточным материалом для того, чтобы разъяснить его по существу. Все дело в том, что при правильно поставленном упражнении учащийся повторяет раз за разом не то или иное *средство решения* данной двигательной задачи, а повторяет *процесс решения* этой задачи, раз от разу меняя и улучшая средства. Совершенно очевидно, что теория проторения и запечатления следов бессильна объяснить закрепление такой вещи, вся суть и вся ценность которой в том, что она меняется. Думается, что взгляды, изложенные в этой книге, гораздо правильнее объясняют, в чем заключается и как происходит построение и закрепление двигательного навыка.

Очерк VII

Ловкость и ее свойства

Что мы уже знаем о ловкости?



осле нашего первого очерка, прямо посвященного ловкости, она очень долго оставалась за сценой. Мы последовательно познакомились с вопросами управляемости наших органов движения и с историей движений на земном шаре: рассмотрели строение нашего мозгового двигательного аппарата и его последовательные уровни, управляющие движениями различного смысла и сложности; наконец, обрисовали ход построения двигательного навыка. О самой ловкости во все это время как будто было мало речи.

Между тем если вспомнить рассказанное в предыдущих очерках, окажется, что на их протяжении мы попутно не так уже мало успели узнать о ней. Помимо того что знакомство с физиологией двигательного аппарата создало нам надежные предпосылки для ее углубленной характеристики и анализа в настоящем очерке, мы, как сейчас увидим, уже знакомы с нею значительно ближе, чем могло бы показаться. Первым делом подведем некоторые итоги.

Прежде всего мы установили, что наши органы движения —

очень непокорные орудия, представляющие *большие трудности для управления*.

Трудности заложены и в их *пассивных* частях — костно-суставном аппарате вследствие обилия в нем степеней свободы подвижности и в их *двигателях* — мышцах — вследствие их сложных и прихотливых физиологических и механических свойств. Чем более усложняются двигательные задачи, чем сложнее и точнее становятся решающие их движения, чем больше, наконец, уточняются и расчленяются сами исполнительные органы, тем в большей степени возрастают трудности управления ими.

Трудности эти усугубляются еще тем, что по ходу развития все повышается спрос на способность быстро приспосабливаться к новым, изменяющимся условиям, решать неожиданные, нешаблонные двигательные задачи, с честью выходить из непредвиденных положений. Все выше начинает цениться *двигательная находчивость*. Древние ящеры, с их тугим, неподатливым к обучению бескорковым мозгом, вымирают и истребляются энергичною молодую расой млекопитающих, обладателей корковой, пирамидной системы, впервые на земле пустивших в ход свое упражнение и воспитание. Над всем животным миром возвышается и покоряет его особенный мозг человека, выработавший в себе ряд высших корковых систем и подчинивший себе с их помощью необозримое количество новых, внезапно создаваемых двигательных и действенных комбинаций.

Чем дальше продвигается это овладение своим двигательным аппаратом, а через его посредство — всем миром движений и действий, тем в большей и большей степени начинает проявлять себя и царица управления движениями — *двигательная ловкость*.

Мы могли увидеть, что упражняемость — сравнительно молодое явление в истории развития, но ловкость еще заметно моложе ее.

Далее мы убедились, что *ловкость* не навык и не совокупность каких-нибудь навыков. *Ловкость* — это *качество или способность*, которая определяет отношение нашей нервной системы к навыкам. От степени двигательной ловкости зависит, насколько быстро и успешно сможет соорудиться у человека тот или иной двигательный навык и насколько высокого совершенства он сумеет достигнуть. И *упражняемость* и *ловкость*, несомненно, представляют собою *упражняемые качества*, но как та, так и другая стоят *над всеми навыками*, подчиняя их себе и определяя их существенные свойства.

Знакомясь далее с психофизиологическими особенностями разных уровней построения движений у человека, мы смогли обнаружить, что не только в общей истории развития, но и у каждого человека ловкость не пронизывает всю область его двигательных отправлений (так называемую *моторику*) сверху до-

низу, а присуща *только его верхним, корковым уровням*, находя в низовых уровнях лишь вспомогательные, фоновые предпосылки для своего осуществления. Она может находить свое выражение только в тех верховных, наиболее богатых в смысловом отношении уровнях, которые наделены, во-первых, *упражняемостью*, во-вторых, тем, что мы называли *переключаемостью* или *маневренностью*.

Опираясь на анализы построения целой вереницы движений, мы установили затем очень важное и общее свойство ловкости, присущее, видимо, всем видам ее проявлений. Эти анализы показали, что для осуществления качества ловкости необходима всегда *совместная, слаженная работа по меньшей мере двух уровней*, подчиненных один другому. Мы образно сравнили их с конем и всадником. Всадник — ведущий уровень — должен при этом проявлять высокую степень маневренности, находчивости, переключаемости, изворотливости; конь — его фоновая опора — должен в не меньшей мере обладать свойствами послушной управляемости и исполнительности по всему тому, чего потребует от него ведущий уровень данного движения или навыка.

Исходя из этого постоянного свойства ловкости — осуществляться всегда посредством дуэта двух уровней, — мы предложили после ознакомления читателей с уровнями построения движений *разделить проявления ловкости на два разряда*, или вида, ловкости. Те проявления ловкости, которые имеют место в *движениях уровня пространства* (С) и обеспечиваются надежными широкими фонами уровня мышечно-суставных увязок (В), мы называли *телесной ловкостью*. Ставя буквенный знак ведущего уровня в числителе, а знак фонового в знаменателе дроби, мы получили для проявлений телесной ловкости символ $\frac{C}{B}$.

Ловкости, выявляющейся в *действиях уровня D* и опирающейся на фоны из разных нижележащих уровней, мы дали название *ручной, или предметной, ловкости*.

Так как в уровне пространства намечается у человека четкое разделение на два подуровня, корковый и подкорковый, а, кроме него, фоны для уровня действий поставляются еще уровнем В, то для проявлений ручной, или предметной, ловкости наметился целый ряд разновидностей в зависимости от разных комбинаций фоновых уровней, управляющих главнейшими автоматизмами соответственных действий. Для этих подвидов мы применили буквенные символы с буквою D в числителе дроби.

В очерке V были приведены примеры, по возможности подходящие для иллюстрации этих разновидностей.

Наконец, мы мимоходом оттенили еще одно обстоятельство, важное для правильного понимания ловкости. Разные уровни построения движений обнаруживают у различных людей очень неодинаковые степени развития. Помимо того что мы

встречаем среди людей лиц с очень низким и с очень высоким общим уровнем развития двигательной координации, а также и все мыслимые промежуточные ступени, — мы то и дело сталкиваемся с людьми, наделенными самыми *различными соотношениями, или пропорциями, развития между их отдельными уровнями построения движений*.

Так же как в области умственных данных одни люди обладают отличными способностями к математике, но плохо усваивают общественные науки или языки, другие наоборот и т. д., так же бывает и в отношении *координации движений*. Одним очень легко даются точные целевые движения из верхнего подуровня пространства (C2), и в то же время они не в ладу со всем тем, что обеспечивается уровнем мышечно-суставных увязок (B) — со всякого рода движениями, в которых требуются большие, размашистые синергии. У других сильная сторона — локомоции, обеспечиваемые нижним подуровнем C1 с фонами из уровня B, а ручной труд ладится плохо. У третьих вообще все располагающееся выше уровня B отстает по сравнению с ним: они грациозны, складны, изящны, обладают прекрасной осанкой за счет уровня A; от них ждешь замечательных достижений по части координации, на деле же любое двигательное предприятие, как говорится, валится у них из рук.

Такие качественные различия моторики у разных людей были подмечены уже очень давно, и их давно пытались разными способами классифицировать. Однако бесспорно, что наиболее правильную классификацию таких *двигательных типов, или профилей*, может обеспечить только теория уровней, с которой в кратких чертах уже ознакомлен читатель. Разные между собой степени развития у каждого человека обнаруживают именно *целые уровни*. Поэтому, если мы убедились, например, что у наблюдаемого нами Икса или Игрека хорошо получаются какие-либо движения из нижнего подуровня пространства, то, руководясь нашими обзорами и описями из очерка V, мы сразу можем предсказать, к каким еще двигательным актам он преимущественно окажется способным. Одно-два движения, характерных для определенного уровня построения, будут наверняка свидетельствовать нам обо всем инвентаре этого уровня у человека в целом.

То же положение справедливо в отношении ловкости. Если наш Икс показал себя ловким применительно к одному-двум видам движений с такою-то буквенной формулой (допустим, к движениям вида $\frac{D}{C1}$), то можно с большой степенью уверенности предсказать ему хорошую ловкость по всевозможным другим движениям этой же группы. Таким образом, можно говорить о различных *индивидуальных типах, или профилях, двигательной ловкости*.

Таковы в главных чертах те сливки по части ловкости,

которые отстоялись пока что в наших предшествующих очерках. Теперь попытаемся дать более детальный анализ этого качества.

Где и в чем проявляется ловкость?

В первом, вступительном, очерке было дано первоначальное, самое общее *определение ловкости*. Мы охарактеризовали ее как *двигательную способность быстро найти правильный выход из любого положения*, найтись (двигательно) при любых обстоятельствах. Оставим теперь это определение временно в стороне, положимся просто на наше чутье языка и смысла слов и попробуем взглянуть в несколько примеров: насколько подходит или не подходит к ним обозначение ловких движений или действий.

Спринтер бежит по беговой дорожке. Он оставил далеко позади себя всех своих соперников, шаги его длинные, все движения безупречно красивы; самый углубленный анализ доказывает их рациональность и экономичность. Можно ли тем не менее сказать об этом примере, где намеренно объединены все совершенства, «как это ловко»? Наверное, каждый согласится, что нет. Слово «ловко» почему-то звучит здесь неуместно; для оценки этого прекрасного движения как *ловкого* в нем еще чего-то недостает.

Обратимся к другому примеру.

Ему нужно было во что бы то ни стало добежать до опушки раньше противника. Враг мчался наперерез, временами постреливая на ходу. Бежать было трудно. Поле пересекали канавки. Раз он едва не упал, поскользнувшись на мокрой глине. Сапоги облепило, как тестом. Но все чувства как будто напряглись в нем. Глядя под ноги, он время от времени точно выстреливал взглядом, то мгновенно угадывая намерения немца, то разом планируя себе линию бега на десяток метров вперед. И, наконец, птицей перелетев притаившуюся за кустарником канавку, в последний раз взмахнув руками, он очутился за желанной опушкой.



Почему никто из нас не колеблется сказать, что здесь положение было спасено исключительно благодаря *ловкости* бойца? В чем существенное отличие описанного здесь эпизода от нашего первого примера?

В обоих случаях движение состояло в беге. Но, сопоставив оба примера, мы должны прийти к выводу, что, очевидно, *ловкость*

не содержится в двигательном акте самом по себе, а выявляется только из его столкновений с внешней переменчивой обстановкой, с неподвластными и непредусмотримыми воздействиями со стороны окружающей среды. Ловким был не сам бег, а то, как сумел бежавший применить его в трудных обстоятельствах, как он сумел заставить этот бег служить себе для решения определенной внешней задачи.

Выбранная нами пара примеров не случайна и не подобрана искусственно. К каким бы видам движений мы ни обратились, всюду качество ловкости окажется не заключенным в них самих, *а вытекающим из их столкновения с окружающей действительностью.* Чем эти столкновения сложнее и неожиданнее и чем человек успешнее справляется с ними, тем выше проявляющаяся в его действиях ловкость.

Поэтому мы восхищаемся ловкостью рабочих движений мастера, у которого дело кипит и вещи как будто сами рождаются под пальцами, но никогда не назовем ловкими самые схожие передразнивания этих движений с пустыми руками, какие применяются в «игре в короли». Поэтому простой бег по дорожке не вяжется с определением его как ловкого движения, а барьерный бег может дать высокие образцы ловкости. Поэтому простая ходьба превращается в акт высшей ловкости, когда она совершается на узком карнизе над пропастью, где-нибудь в условиях горного спорта. Поэтому беганье по полу на четвереньках не только не выявляет ловкости, а зачастую выглядит даже как ее прямая противоположность, а взбегание на четвереньках же на веревочную лестницу предъявляет к ловкости уже совершенно определенные требования. Если же юнга с быстротою белки взбегает на верхушку мачты в ливень и бурю, когда мачта ходит ходуном, а лестницу раскачивает ветром, как паутинку, то перед нами ловкость в ее наивысшем выражении. Вряд ли нужно приумножать число примеров.

Итак, первое из установленных сейчас существенных свойств ловкости — то, что она *всегда обращена на внешний мир.*

Возвращаемся к примерам.

На одном из международных соревнований в Париже произошел такой случай*.

В большом кроссовом беге на десять километров, где от СССР участвовали среди других оба знаменитые братья Г. и С. Знаменские, на девятом километре один из членов финской команды умышленно наступил Серафиму на ногу туфлей с острыми шипами, нанеся ему болезненную, сочащуюся кровью рану. Бегун захромал; о приходе к финишу первым не могло быть и речи. Но тактическая задача оформлялась так, что нужно было добежать до финиша хотя бы пятым, не пропустив вперед себя ни одного финна. И С. Знаменский, собрав все свое самообладание и крикнув шедшему прямо за ним А. Петровскому, чтобы тот обгонял его, пошел вплотную за ним, преодолевая невыносимую боль. В глазах шли разноцветные круги. Сзади слышалось чье-то пре-

* Изложен по рассказу покойного д-ра С. Знаменского

рывистое дыхание, но нельзя было позволить себе обернуться. «Выложись!» — кричал тренер. Надо было умереть, но дойти. И Знаменский дошел пятым, спасши честь всей команды.

Нельзя не преклониться перед редкой выдержкой выдающегося спортсмена, его выносливостью, хладнокровием, искусством. Но было ли все это также и выдающейся ловкостью?

Вторым примером послужил также действительный случай, происшедший несколько лет назад на одном из московских стадионов. Один из лучших в СССР мастеров выполнял прыжок с шестом. Он прекрасно совершил разбег, вонзил в упорный ящик острие шеста и птицею понесся вверх. Но когда он уже находился у самой планки на четырехметровой высоте и выходил в стой на обеих руках, шест затрещал и подломился под ним.

Все невольно ахнули от страха: не так-то просто упасть вниз головой с двухсаженной высоты! Но атлет не растерялся. Он мгновенно переключил свое движение, превратил его в сальто и, перекувырнувшись в воздухе, благополучно приземлился на ноги.

Ловко это было сделано? Результат говорит сам за себя; здесь слово «ловко» звучит так же уместно и заслуженно, как те аплодисменты, которыми был горячо награжден находчивый мастер.

Сопоставление обоих примеров подводит нас к выражению нового свойства ловкости. В первом примере для атлета создались необычайно трудные условия обстановки. От него потребовалось напряжение всех его сил, выносливости, искусства бега и т. д., но на всем протяжении тех последних полутора километров, когда ему пришлось в полной мере проявить эти качества, *не было никакого элемента неожиданности, внезапности и в соответствии с этим не возникло никакого спроса на какие-либо находчивые, быстрые переключения.* Обратное положение получилось во втором примере. Ни то действие, с которого атлет начал — прыжок с шестом, ни то, которым он закончил свое движение — сальто в воздухе, не были сами по себе трудными или непривычными для него. Вся трудность заключалась именно в том, чтобы быстро и правильно найти нужный *выход из внезапного изменения обстановки.*

Эта черта проявлений ловкости тоже нимало не случайна. При спокойном течении движения, свободном от каких-либо непредвиденностей, спроса на ловкость нет. Он возникает при всякого рода изменениях в окружающей обстановке, требующих искусного прилаживания к ним и правильных, бьющих в цель переключений своего движения. Чем быстрее, внезапнее, нечаяннее эти изменения и чем они при всем этом крупнее и значительнее, тем большая ловкость требуется для приспособления к ним.

Пока, например, боксер или фехтовальщик тренируется на болванке, наносимые им удары могут быть искусны, молниеносны, сильны, красиво сделаны, но никак не будут вязаться с ловкостью. Это качество выявится у обоих в полную меру их

возможностей только в схватке с живым противником, где каждый миг полон неожиданностей и где иногда опоздать с правильной реакцией на сотую долю секунды — значит проиграть бой.

То же самое справедливо для игры в футбол, теннис, хоккей и т. д. Нельзя сказать: «он *ловко бросил* мяч ракеткой», но вполне правильно звучат слова: «он *ловко отразил мяч*». В последнем случае вся суть в полной невозможности предвидеть и за полсекунды, откуда и по какому направлению прилетит мяч.

Такие же быстрые и точные переключения в ответ на неожиданность имеют место во всякого рода *увертываниях* от настигающего партнера — в играх и от преследующего врага — в реальной жизни. Они же определяют успех ловких действий тогда, когда человек, висая, сорвался, но сумел метко ухватиться за другую опору; когда он, опередив другого, ловко перехватил вещь, брошенную не ему, и т. д. Кошка, которую держали на весу за все четыре лапы, спиной вниз и внезапно выпустили, успевает ловко перевернуться и упасть на лапы даже в том случае, если ее уронили с высоты метра, т. е. если падение длилось меньше полусекунды. Хорошая собака ловко и безошибочно ловит пастью брошенный ей кусок, как бы и куда бы его ни бросили; морские львы столь же ловко ловят мяч кончиком своего носа. Все это — родственные между собой примеры для иллюстрации того свойства ловкости, которое мы сейчас определили и которое можно назвать ее *экспромтностью*.

В целом ряде движений и действий речь не идет о таких полных неожиданностях, но и в них требуется быстрое и точное *приспособливание движений* к таким внешним явлениям, которые невозможно предусмотреть со всей точностью. Если жонглер подбрасывает мячи или тарелки, так что целые рои их кружатся в воздухе над его головой, то он не может предвидеть движения каждого из этих предметов со всей необходимой точностью и должен ни на миг не выпускать их из глаз; налицо — высокая марка ловкости. Если акробат балансирует на лбу высокий шест, на верхушке которого делает гимнастические упражнения мальчик, то акробат не в состоянии предвидеть ни тех сил, которые будут действовать на шест, ни того направления, по которому он начнет крениться. И в этом случае то, что он держит его строго вертикально, мгновенно выправляя каждый крен, есть опять бесспорное проявление ловкости.

Не легко ответить на вопрос: все ли случаи ловких движений и действий обязательно должны обладать этим свойством экспромтности? В целом ряде случаев, где она не бросается в глаза, она, несомненно, имеется, и даже в немалой мере. Ряд подобных примеров приводит известный физкультурный деятель и ученый Н. Г. Озолин. Во время прыжка в длину с разбега, казалось бы, неоткуда взяться неожиданностям. Однако

если на соревновании общий подъем духа и мобилизация всех сил позволят прыгуну дать более сильный толчок, чем привычные по тренировкам, это неожиданно создаст более далекий и более продолжительный полет и потребует соответственного приспособительного переключения в движениях полетной фазы. При прыжке в высоту прыгуну случается уже в воздухе обнаружить, что планка несколько выше, чем он рассчитывал; если он находчив и ловок, то нередко ему удастся переключить свои движения так, чтобы все-таки перейти через планку, не зацепив за нее. Почти нет такого реального движения, в котором бы не было этого *элемента приспособительной переключаемости* к разным, хотя бы мелким, непредвиденностям, а это значит, что, помимо крупных золотых самородков выдающейся ловкости, она распылена повсюду и в мире наших повседневных движений, как золотой песок по дну реки.

ЧТО делает ловкость?

Итак, к материалу, собранному нами о ловкости, прибавились две важные характеристические черты. Мы установили, что ловкость всегда обращена на внешний мир и что она всегда и везде экспромтна. Теперь попытаемся проникнуть глубже в ее внутренние свойства и отдать себе отчет в том, *ЧТО она делает? ЧТО ею достигается?*

Все те многочисленные примеры телесной и ручной ловкости, которые прошли перед нашими глазами в этой книге, говорят прежде всего об одном. *Ловкость — это способность справиться с двигательной задачей правильно.* Ловкость требуется там, где возникшая перед нами двигательная задача обладает рядом осложнений, но во всех случаях предполагается, что, несмотря на эти осложнения, мы сумеем с ее помощью успешно, правильно решить эту задачу.

Что значит *правильное выполнение движения?* У этого понятия есть явственные качественная и количественная стороны.

Правильно сделанное движение — это движение, которое действительно приводит к требуемой цели, решает возникшую задачу. *Правильное движение — это движение, которое делает то, что нужно.*

Такова качественная сторона определения.

Мы не считаем ловким медведя из басни, который вместо того, чтобы гнуть из дерева дуги, ломал их. Мы не назовем ловким того, кто возьмется выпрямить искривленный железный прут и оставит его полным выбоин и вмятин. Мы не наделим этою оценкой и фигуриста на коньках, который, грациозно и смело начав какую-нибудь фигуру, упадет в середине ее. Наоборот, искусному мастеру право называться ловким в работе дает в наибольшей степени не быстрота, не изящество, не какие-

либо иные свойства его движений, а прежде всего то, что из-под его рук выходят прекрасно сработанные вещи.

Если этого нет, то и никакие другие качества движений ни к чему. Движение правильно тогда, когда оно безукоризненно подходит для решения задачи, как ключ к соответствующему замку, легко отпирающий этот замок. Ловкость заключается в том, чтобы уметь к каждому появившемуся перед нами замку скомбинировать безупречно подходящий ключ. Это свойство хорошо выражается словом «адекватность»*. У ловкого человека все движения безусловно адекватны вызвавшим их задачам.

Количественная сторона правильности движений выражается в их точности. Мы уже видели, что скудный репертуар движений уровня мышечно-суставных увязок (В) не допускает для себя мерки точности: в его составе нет и движений, принадлежащих к разряду ловких. Что касается более высоких уровней построения, то невозможно представить себе в них ни одного движения, лишенного точности и меткости, которое при этом было бы ловким. Свойство это — настолько важный элемент ловкости, что целому ряду движений, даже ничем не замечательных по части приспособления к неожиданностям, легко пристает название ловких, если они блестяще точны. Разве вы не наделите эпитетом «ловкий» меткий, точный укол иглой в назначенную точку? Или безошибочно меткий бросок мячом в самый центр цели? Или движение акробата, верно уловившего ту сотую долю секунды, когда ему следует сорваться со своей трапеции, чтобы повиснуть на руках у стремительно несущегося к нему на своей качели партнера? Разве не в точности три четверти всего секрета движений жонглера? Чем другим, как не точностью, поражают движения ловкого фокусника?

Точность движения — это точность его сенсорных коррекций. При выработке нового навыка, по ходу автоматизации, каждая подробность движений постепенно находит себе соответствен-



Валенника, березняка и вязу мой Мишка загубил несметное число, а не дается ремесло!..

* Адекватный (лат.) — соответственный, подходящий, приходящийся к месту или в пору.

ный уровень, с наиболее подходящими для нее по качеству (адекватными) коррекциями. Но и в самом фоновом уровне, где данная подробность окончательно оседает, продолжает идти в течение всей тренировки повышение чуткости и точности тех чувствительных устройств, которыми обеспечиваются ее коррекции. У новичка-велосипедиста вестибулярные органы равновесия только тогда начинают чувствовать крен машины и отзываться на него поправочными сигналами, когда этот крен достигнет уже порядочной величины. Это отражается на внешнем оформлении движения тем, что след машины все время выписывает резкие извилины то вправо, то влево. У опытного велосипедиста

чувствительность тех же органов обостряется уже настолько, что он приобретает способность даже на тихом ходу почти не отклоняться от точной прямой. Повышение остроты восприимчивости у органов, несущих проприоцептивную службу, сказывается у бегунов в возрастающей стандартности их последовательных шагов, у прыгунов — в умении все точнее попадать толчковой ногой на планку, у теннисиста и футболиста — во все возрас-

тающей точности управления углом, под которым отражается отбрасываемый ими мяч, и т. д.

Требования к точности особенно повышаются, разумеется, в *предметных навыках* — там, где господствует ручная или предметная ловкость. Мы уже видели это на многих примерах. Особенно значителен спрос на точность, и особенно велики возможности удовлетворить этому спросу у верхнего подуровня пространства (С2), которому мы выше уже присвоили название подуровня точности и меткости. Поэтому во всех тех навыках из уровня действий (D), в которых важнейшие, ведущие автоматизмы строятся в этом подуров-



«Постой же, — говорит, — уж я ж тебя, воструху!!»



не точности, высокая марка точности является одним из важнейших условий для признания их ловко выполненными. Сюда относятся многие навыки точного механика, резчика, гравера, хирурга, аптекаря, химика, чертежника, снайпера и других.

Отмеченная нами способность чувствительных органов обострять свою восприимчивость по ходу тренировки навыка имеет очень большое практическое значение. В каждом двигательном навыке *точность подвергается и хорошо поддается значительному развитию путем упражнения*. Как раз в отношении точности очень ярко проявляется вдобавок явление *переноса упражнения* — вообще очень свойственное верхнему подуровню пространства (C2). Развивая в себе точность по ряду разнородных навыков, можно планомерно воспитать одну из очень важных предпосылок качества ловкости.

Теперь обратимся к другой черте ловкости, также характеризующей собою то, *ЧТО делает ловкость*.

Эта черта — *быстрота*.

Утверждение, что быстрота — обязательное условие для ловкости, звучит как нечто само собою разумеющееся, даже излишнее. Не значит ли это ломиться в открытые двери, требовать, чтобы жар был горячим, а вода — мокрой?

Нет, это не так. Ближайшие строки покажут на реальных примерах, какие здесь требуются уточнения. Пока отметим, что свойство быстроты, так же как и предыдущее, имеет свои количественную и качественную стороны. Начнем с первой.

О быстроте можно говорить двояко: применительно к тому, *как что-либо делается и что именно делается*. В первом случае это будет *быстрота в поведении*, быстрота движений, действий и т. д., во втором — то, что можно назвать *быстротой результата*. Представим себе человека, который, развивая все доступное ему проворство, переписывает от руки какую-нибудь брошюру или мастерит одну за другой одинаковые нарезные гайки. Как ни будет он торопиться, он не изготовит за день больше двух брошюр или сотни гаек, а рядом с ним стоит пара машин, которые неторопливыми, спокойными взмахами своих железных челюстей выбрасывают за один час тысячи брошюр и десятки тысяч гаек. Быстрота движений в этом примере на стороне человека, но машина побивает его быстротой результата.

Можно утверждать точно, что для ловкости важнейшей чертой является именно быстрота результата. Можно быть превосходным спринтером и в то же время отнюдь не блистать ловкостью. Конечно, если все прочие условия равны, то быстрота результата будет зависеть у человека и от быстроты его движений, но самой по себе эту быстротой движений много еще не достигнешь.

Есть много вариантов нравоучительной сказки на тему: «Поспешишь — людей насмешишь» или «Тише едешь — дальше будешь». Во всех этих вариантах опрометчивый, излишне то-

ропливый человек в конце концов побеждается своим более методичным и хладнокровным соперником, несмотря на все свое проворство в движениях. Неоспоримая жизненная правда, заключающаяся в этих сказках, ставит, кстати сказать, на очередь один существенный вопрос: почему истинно ловкие движения всегда неторопливы? Почему, наоборот, торопливость, суетливость в движениях всегда свидетельствуют о низком уровне ловкости?

Думается, что объяснение этому очень простое. При плохой, неумелой, неловкой работе непременно делается *много лишних движений*. Если стремиться во что бы то ни стало выдерживать высокий темп работы, то ведь надо же успеть уместить в него все это множество лишних движений — вот человеку и приходится волей-неволей торопиться! Если, наоборот, его работа рациональна и методична, то она хорошо укладывается во времени даже и при большой быстроте результата и не вынуждает ни к какой особой поспешности.

Для уточнения вопроса о быстроте необходимо сделать и другое замечание. Совершенно неверно будет сказать, что ловкости всегда показательна и необходима какая-то определенная, наивысшая быстрота. Разные виды деятельности доступны нам с очень различными степенями быстроты, а в некоторых случаях и сами диктуют свой тот или иной темп, иногда и медленный. Так, например, есть ряд тонких и точных манипуляций, вроде химического взвешивания, некоторых медицинских процедур и т. д., которые не только необходимо делать медленно, но в которых зачастую вся немалая ловкость исполнения состоит как раз в том, чтобы делать их нежно, плавно и *медленно*. С другой стороны, есть виды особо точных работ (их иногда называют *прецизионными*), вроде, например, рабочих операций часовщика над дамскими часиками величиной с горошину, которые невозможно выполнять иначе как медленно. В движениях этого рода по большей части наблюдается даже известная обратная зависимость: при той же процентной степени точности чем они мельче, тем их приходится делать медленнее. Но в этих случаях уже можно прибегнуть к сравнению и сказать, что тот из двух исполнителей, который может при том же качестве работать быстрее, ловче своего партнера.

Итак, для ловкости необходима и характерна быстрота результата, притом относительная, а не абсолютная.

У *быстроты*, в том виде, как она проявляет себя в ловкости, есть и своя качественная сторона, хотя она и не бросается сразу в глаза. Ее можно разгруппировать по трем линиям.

Во-первых, для ловкости требуется *быстрота находчивости*. Хорошим примером может послужить недавно приводившийся нами случай перелома шеста во время прыжка с ним. Не растеряться от неожиданного затруднения, а изобрести правильный, удачный выход из него — в этом и состоит ловкость, но

иногда вся соль в том, что найти этот выход надо мгновенно. Было бы мало радости, если бы описанный нами прыгун с шестом придумал свой выход в сальто, уже лежа на земле и потирая ушибленный бок. Очень ярко выступает вся ценность этой быстроты находчивости в фехтовании, где нужно бывает в ничтожную долю секунды скорее почувствовать, нежели понять умом, маневр противника, и в тот же миг суметь включить тот самый контрманевр, который спасает жизнь.

Во-вторых, можно было бы назвать *быстроту решимости*. Задача зачастую состоит не только в том, чтобы быстро найти нужный прием. Иногда наши двигательные уровни настолько богаты, что в состоянии предложить не один, а целых три выхода из положения, ни один из которых не хуже других. Но в этом случае чрезмерная находчивость может принести вред вместо пользы, если мы не сумеем сразу и без колебаний *выбрать* один определенный план действий и последовать ему. Если вспомнить, что речь идет о движениях и о составных частях движений, так что на такой выбор отпускаются считанные мгновения, то все значение быстроты решимости и умения без колебаний остаться при раз принятом решении станет вполне ясным.

Наконец, *третья сторона* качественной быстроты, потребной для ловкости, — это то, что можно бы назвать «споростью» движений. Это свойство трудно поддается точному определению, но, несомненно, не совпадает по значению со скоростью. Недаром про неловкие движения говорят: «Скоро, да не споро». Но если быстрота уже проявила себя в правильной находчивости, если она обеспечила немедленное принятие двигательного решения, то она обязана дальше обеспечить, чтобы оно и осуществлялось тоже без промедлений. Когда движения легко и плавно переходят одно в другое, когда мышечные импульсы не мешают друг другу и точно согласуются с игрою внешних сил и когда все это совершается в высоком темпе, то мы и говорим, что «работа спорится».

К А К действует ловкость?

Мы разобрались в том, каким требованиям должен удовлетворять *результат ловких движений и действий*. Мы вправе требовать, чтобы они решали двигательную задачу *правильно*, т. е. адекватно и точно, и при этом *скоро* и споро. Теперь своевременно поставить вопрос: *каковы же сами по себе ловкие движения и действия?*

КАК достигает своих результатов ловкость?

Есть старинный рассказ о камне. Посреди городской площади издавна лежал огромный валун. Управа объявила конкурс на его уборку. Один делец намеревался построить платформу на вальках и на ней вывезти камень, на-

значая за это тысячу рублей. Другой предложил рвать камень на части динамитом и убрать его по кускам с оценкой работы в семьсот рублей. Слушавшийся тут же мужик сказал:

— А я уберу камень и возьму за это пятьдесят рублей.

— Как же ты это сделаешь?

— Вырою возле самого камня большую яму и свалю туда камень, а землю из ямы разровняю по площади.

Так мужик и сделал, и, заключает повесть, ему дали пятьдесят плюс еще пятьдесят за дельную выдумку.

Рассказик содержит в себе удачный пример. Камень мог бы быть убран любым из предлагавшихся способов; времени по каждому из них тоже требовалось более или менее поровну. На стороне последнего проекта были рациональность и дешевизна.

Можно найти немало примеров, когда результат получается правильный и достаточно быстрый, но покупается он ценою непомерно больших усилий, извода материала и инструмента и т. д. Все такие действия хорошо подходят под поговорку: «Из пушек да по воробьям». Известен также проект барона Мюнхгаузена: достигать распашки поля, закапывая на равных расстояниях трюфеля и выпуская затем стадо свиней, которые в поисках за ними и перекопают, как надо, все поле.

Если жена, уходя, засадит непривычного супруга начистить котелок картофеля, то нередко по возвращении находит горсть прекрасно очищенных картофелин величиною с лесной орех, ведро очистков и испорченный перочинный ножичек, пущенный в ход по малоопытности.

Все эти карикатурные и некарикатурные примеры говорят об одном: движения и действия, чтобы иметь право именоваться ловкими, должны не только приводить в конечном счете к нужному результату, но и приводить к нему рационально. Это дает нам первое из условий, отвечающих на заглавный вопрос «как?»

Мы уже говорили о том, что у спринтерского бега по ровной дорожке еще нет предпосылок, чтобы считаться ловким. Как показывают точные наблюдения, при скоростном беге на кратчайшие дистанции в жертву скорости приносится все, как говорится, «не щадя затрат». Движения спринтера в общем мало рациональны, даже у лучших представителей этого класса; опыт свидетельствует, что наш организм уже не в состоянии втискивать в те короткие четверти секунды, которые отпускаются спринтеру на каждый шаг, достаточно правильные и экономично построенные движения. Именно это, по сегодняшним данным науки, является главным препятствием к преодолению мирового рекорда (10,2 сек на 100 метров с места): катастрофическое нарастание при этих сверхбыстрых движениях их себестоимости для организма. Но иное дело в беге на средние дистанции. Здесь нужно не только показать сколь возможно высокую скорость, но и удержать ее на протяжении порядочной дистанции, и здесь соблюдение высокой целесообразности и экономности движений

возможно и оправдывает себя. Действительно, если кто-нибудь при виде широких, «машистых» шагов, откладываемых бегуном-средневи́ком с непринужденною, лебединою грацией, выразит восхищение его ловкостью, он уже близок к правильному употреблению этого слова.

Провести границу между свойством *правильности* движений и свойством их рациональности очень легко. Рациональность относится к самим движениям, правильность — к их результату. *Правильное движение*, как мы видели, это движение, которое делает то, что нужно; *рациональное движение* — это движение, которое делается так, как нужно.

Рациональности движений и действий было посвящено очень много внимания, главным образом в области профессионального труда. Правда, и там рационализация касалась всегда преимущественно грубых очертаний двигательного состава, не заходя глубже; что касается внутренней, тонкой экономии и целесообразности в строении движений, то и в труде, и в спортивно-гимнастической области до сих пор еще почти все строится на чутье и счастливой догадке.

У рациональности, как и у свойств, о которых шла речь в предыдущем разделе, есть своя *качественная* и *количественная* стороны. К первой нужно отнести все то, что касается *целесообразности* движений и действий, ко второй — их экономичности. Задержимся еще немного на каждой из них.

В гимнастических и легкоатлетических автоматизированных движениях и навыках, т. е. преимущественно в сфере деятельности уровня пространства (С), практика уже давно нащупала и выработала наиболее целесообразные двигательные приемы. В той мере, в какой они относятся к *двигательному составу движений*, они обычно показываются и разъясняются учащемуся тренером. Что касается тех приемов, которые, в сущности, относятся уже к области действия сенсорных коррекций и определяют собой *внутреннюю структуру движений*, то, к сожалению, наш язык пока еще слишком беден, чтобы уметь передать и объяснить здесь что-либо. Вот тут и требуется в полной мере сознательная, вдумчивая работа ученика в начале выработки навыка. Если он откажется от пассивного задалбливания, с головою, занятой совсем другим, и от бесполезного подражания какому-нибудь своему живому идеалу, на которого он не похож ни телосложением, ни строением своей нервной системы, то он поступит очень разумно. Вникая в свои собственные движения, требуя от органов чувств, несущих проприоцептивную нагрузку, чтобы они доводили свои сигналы до его сознания, он непременно найдет такие приемы использования движения, которые будут наиболее целесообразными именно для него, во всей его неповторимой индивидуальности. Все люди ходят одинаково? Да, но при этом у каждого человека есть своя особенная походка, по которой можно отличить его за сотню шагов и узнать после десяти

лет разлуки. А походка — это индивидуальный целесообразный прием ходьбы: над его приисканием и построением деятельно, хотя и бессознательно, работает в юности центральная нервная система каждого человека, как бы предвидя, что ему придется прошагать в течение своей жизни десятки тысяч километров. Такие повадки вырабатываются у нас (где инстинктивно, а где и сознательно) для всех важнейших навыков: по-ходки, по-черка, по-садки на лошади и т. п. Если бы не побояться насилия над языком, то было бы вполне уместно сказать, что каждый спортсмен должен, вполне целеустремленно и планомерно, выработать себе свои собственные «побежку», «попрыжку» и «поброску».

В цепных действиях, управляемых уровнем D, одинаково большое значение имеет и целесообразность *приема*, и целесообразность *орудия*. Здесь к проявлению ловкости примешивается еще больше сознательного элемента. Несомненно, быстрая и удачливая находчивость по отношению к целесообразному приему и к подходящему инструменту и есть то самое, что разговорная речь обозначает, как «ухватистость» и «сноровистость». Возвращаясь для концовки снова к отрицательным приемам: ничего, может быть, не кажется нашему глазу таким неловким, неуклюжим, нелепым, как не к месту примененное орудие: тащить занозу плоскогубцами, вырывать гвозди кусачками, чинить карандаш столовым ножом, а то и зубами.

Что касается экономичности движений, бесспорно, из двух движений более ловким будет то, которое достигнет цели с меньшей затратой сил. Наблюдения говорят о том, что такая экономичность вырабатывается преимущественно в позднейших фазах окончательной шлифовки двигательного навыка, попутно с его стандартизацией (см. выше). Речь идет не только о том, чтобы не растрчивать лишних сил во время гладкого и спокойного течения движения. Главная трудность — в том, чтобы при любых внезапных переключениях и приспособлениях, которые везде служат пробным камнем для ловкости, иметь к своим услугам не только ведущий к цели, но и расчетливый на свои силы прием. В боевых условиях, например, каждая крупинка неосмотрительно растрченной силы может затем выйти очень суровым боком. Молодость щедра на силы, которые ей некуда девать; недаром мудрость житейских наблюдений говорит, что ловкость накапливается с годами. В ней есть элемент разумной скупости, которая позволяет иногда пожилому, опытному фехтовальщику хладнокровно «вымотать» до отказа молодого, горячащегося противника.

Главное зерно ловкости

Теперь мы подходим вплотную к анализу того решающего свойства ловкости, которое нашло свое выражение в нашем вступительном определении: *свойства находчивости*. Нет спора:

движение может быть безукоризненно правильным и точным, может приводить к результату быстро и рационально, но если это движение не сумело подвернуться, начаться и окончиться в ту самую минуту, когда жизнь потребовала его, цена ему не выше, чем дождю, пролившемуся над морем.

Что практически значат слова нашего вводного определения: «найти выход из любого положения», «двигательно найтись при любых обстоятельствах»? Эти выражения вводят нас в обширную область явлений, связанных с построением движений и с двигательной координацией.

Прежде всего в этом свойстве находчивости нельзя не усмотреть *пассивную* и *активную* стороны: *сторону стойкости* к внешним изменениям и неожиданностям, не зависящим от нас, и *сторону* нашего собственного, *деятельного вмешательства* во все происходящее.

Пассивную сторону мы назовем для дальнейшего *устойчивостью* или *стабильностью* движений (мы уже встречались с термином «стабилизация» в очерке VI). Эта сторона находчивости помогает нам выполнять движения, осуществлять решения требуемых двигательных задач, несмотря на внешние, сбивающие воздействия. С ее помощью нам удастся при всех внешних изменениях и внезапностях находить такие приспособительные переключения, которые спасают наш двигательный процесс от разрушения и деавтоматизации, а решение задачи — от срыва. Эту сторону можно было бы назвать двигательной *изворотливостью*.

Там, где исполнитель движения не только приспособительно откликается на изменения, которые приходят извне, но и *сам вносит изменения* в ход своих движений, в успешное искание наилучших результатов, там на первый план выступает активная, деятельная сторона находчивости. Ей пристало название *инициативности движений*. Обе эти стороны составляют, можно смело сказать это, самое основное зерно двигательной ловкости.

Разбирая в очерке VI последовательные фазы построения навыка, мы коснулись выработки стабильности движений, так сказать, их сбивоупорности, только в той мере, в какой это было необходимо для представления о всем ходе выработки навыка в целом. Здесь нужно будет рассмотреть внимательнее: какими средствами обеспечивается эта стабильность? Какие ресурсы состоят «на вооружении» у центральной нервной системы для застрахования движений от сбоя?

У фонового уровня В обеспечение стабильности неразрывно связано с другой фазой — стандартизацией движений. Его путь для борьбы со сбиваемостью в основном один: используя все богатство своей проприоцептивной, мышечно-суставной информации, вести движение по единообразной, динамически устойчивой схеме. Этот искусный и лукавый дипломат не воюет с реактивными и внешними сбивающими силами. Он заключает с ними

тонко расчетливый союз: реактивные (а частично и внешние) силы берут на себя обязательство самим охранять движение от сбоев и пасти его, как собаки стадо, заменяя собою сенсорные коррекции; уровень В обязуется в ответ не нарушать стандарта своих движений и твердо придерживаться их договорных границ.

Этот уровень и лишен практически какой-либо ощутимой переключаемости и инициативы.

Переключаемость и пластичность родились вместе с корой большого мозга — это мы видели еще в очерке III. Уровень пространства (С), в особенности уровень действий (D), широко используют это свойство во всей текущей повседневности своих отправок, но сильнее всего заостряется в их руках это оружие там, где оно возглавляется ловкостью.

В распоряжении *уровня пространства* есть два главных вида переключаемости, которыми он владеет с одинаковым совершенством и маневренностью. Их можно назвать *переключаемостью по приему* и *переключаемостью по органу*. Оба эти вида обеспечены, в сущности, одним и тем же фактом, которому мы дали название *пространственного поля*. Уровню мышечно-суставных увязок (В) трудно маневрировать с заменами движений и особенно с подстановками одного рабочего органа на место другого именно потому, что все его коррекции прочно и привычно привязаны к самому исполнительному органу. Все те обильные потоки ощущений, которые плывут к его мозговому центру, доносят этим центрам о поведении тех или иных мышц, о положениях одних или других суставов, о реактивных силах, возникающих в том или другом центре тяжести звена тела, и т. п. Все это совершенно неотрывно от исполнительного органа.

Коррекции уровня пространства — совсем иного сорта. Правда, и в построении пространственного поля участвуют сигналы проприоцептивного и осязательного качества, но они поставлены здесь нести совершенно другую службу. Верховодит и задает тон в построении пространственного поля нормального человека — зрение, для которого все видимые органы своего тела в большой степени равнозначны. Пространственное поле, как мы уже и видели, — это упорядоченное, расстилающееся перед нами пространство, в котором мы можем и умеем достигнуть каждой видимой или памятной нам точки. По какому пути мы придем в эту точку, каким двигательным приемом доберемся до нее, какая или какие из конечностей возьмут на себя роль рикш для доставки нас в эту точку — все это вопросы для уровня пространства второстепенные и очень легко решимые. Отсюда и происходит его переключаемость.

Если мальчику, распираемому избытком сил, требуется перекрыть расстояние в сотню метров, он часть их прошагает, часть пробежит вприпрыжку, часть, может быть, пройдет колесом или на руках. Та же сотня метров в горных или полярных условиях

вызовет у путника к жизни локомоции и ходьбы, и бега, и ползания, и лазанья, и висения.

Не труднее для уровня пространства и переключение рабочего органа, откуда объясняется, в частности, свойственный ему уже упоминавшийся раньше *перенос навыка с органа на орган*. Легкоатлеты наблюдали, например, что если приостановить тренировку навыка, выработанного для правой руки, и некоторое время упражнять в этом же навыке одну только левую руку (так сказать, перейти на зеркально обращенное выполнение движения), то после этого обнаруживается заметный скачок к улучшению в движениях не упражнявшейся это время правой руки. Так бывает с движениями метания; такое же временное «зеркальное обращение» движения хорошо отражается и на технике прыжка с шестом.

Переключаемость движений как по приему, так и по органу представляет собою могучее средство для охраны движений от сбивания, т. е. для того, что мы называли выше свойством двигательной изворотливости. Уровень действий добавляет со своей стороны к этим видам переключаемости еще переключаемость: а) двигательного состава цепи и б) орудия действия.

Есть, однако, один разряд движений, по отношению к которым необходимы другие меры для защиты их от срыва решаемой ими задачи. Как это часто бывает, тот путь, которым исключительно и избирательно пользуется мозг по отношению к этим движениям, не забрасывается хозяйственно в своих привычках нервной системой и по отношению ко всяким другим видам движений, и, уяснив себе главные особенности этого способа координирования, мы уже легко обнаружим его заметное участие в управлении любыми движениями.

Возьмем для примера движение метания копья в цель или движение бильярдного удара. Оба эти движения очень кратковременны, почти одномоментны. Главное же в них то, что когда копье уже выпущено из руки или когда удар уже нанесен по шару, то больше никакими коррекциями, разумеется, нельзя ничего изменить в их движениях. Есть, правда, страстные игроки, которые и кричат, и тянутся через бильярд, и манят катящийся шар пальцем, но и они не очень верят в пользу всего этого, а только уступают тому же самому инстинкту, который побуждает всех болельщиков на стадионе непроизвольно поднимать ногу в тот момент, когда прыгун переходит через планку. Во всех таких одномоментных движениях метания или ударного толчка все, что необходимо внести в них по части коррекций, надо успеть сделать до вылета, т. е. тогда, когда движение предмета еще, в сущности, не началось, и не видно, как оно пойдет. Здесь все коррекции приходится строить на *предугадывании*.

Собственно говоря, почти таково же положение с прыжком, который вполне правомерно рассматривать как *метание своего собственного тела*. Известно, что во время полетной части прыжка

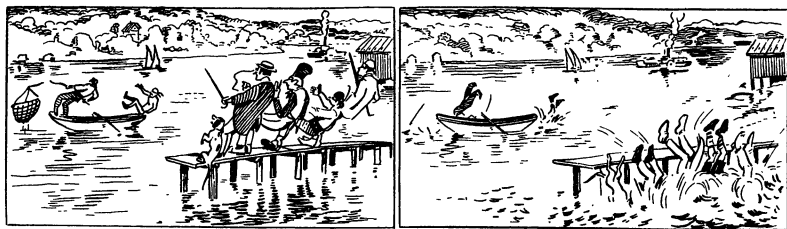


Болельщики

никакими телодвижениями невозможно уже более ничего изменить в начавшемся движении общего центра тяжести тела. На него можно было бы повлиять только какою-нибудь внешней силой; внешняя же сила требует и внешней точки опоры, которой во время полета нет. Поэтому в движение прыжка также все основные коррекции нужно внести заранее, до окончания отталкивания; следовательно, и здесь все строится на предусмотрительности. Отличие прыжка от метаний здесь только в том, что при первом можно все же изменять во время полета позы своего тела (например, половчее поджать нижнюю руку или втянуть живот, чтобы не задеть ими за планку).

Такие предвидения, или *антеципации*, как их называют в физиологии, основываются на богатых запасах предыдущего опыта. Этот накопленный опыт позволяет заранее ощутить, какой результат получится от такого-то ударно-метательного усилия. Оказывается, что и во многих привычных движениях, не имеющих, на взгляд, ничего общего с метательными, та же антеципация играет очень видную роль. Например, при обыкновенной ходьбе тот главный мышечный импульс, который выбрасывает ногу вперед, наступает в самом начале этого движения, тем не менее он позволяет там делать все шаги совершенно одинаковыми по длине. У маленьких детей, не набравшихся опыта, такой антеципации еще нет, как выяснила Т. Попова, и им приходится в каждом своем шаге сделать вдогонку за первым второй мышечный импульс — настоящая сенсорная коррекция, явственно видимая на научных фотоснимках, так называемых циклограммах, детской ходьбы, но у самых крохотных ребят и ему все еще не удастся выравнивать все шаги под один ранжир*.

Антеципация, т. е. заблаговременные, предвещающие коррекции, имеет огромное значение в координации движений. Она позволяет заранее рассчитать, например, в какой точке мы столкнулись бы с едущим наперерез автомобилем, и целесообразно изменить наш путь. Она позволяет оценить, как и куда полетит бросаемый партнером мяч, чтобы загодя подготовить ожидающую его ракетку. Она дает возможность учесть находящееся впереди препятствие задолго до того, как мы дошли до него, и изменить курс своей ходьбы так, чтобы обогнуть его по наи-



кратчайшему пути. Она, наконец, создает возможность в очень многих хорошо освоенных движениях сделать большую часть нужных коррекций авансом, на самом старте движения, чтобы дальше о нем осталось немного заботы и чтобы можно было, пока оно еще длится, точно так же подготавливать следующее. Из всего этого ясно ее значение для ловкости.

Действительно, для того, что мы назвали двигательной изворотливостью, решающе важно уметь заранее предугадывать, как будет меняться внешняя обстановка, и планировать свои собственные движения. Особенно ярко *проявляется вся ценность антиципации во всякого рода действиях борьбы*. На ней в большой степени строится, например, тактика бегуна на соревнованиях. Здесь ловкость мастера проявляется в том, чтобы угадать намерения соперника и те движения, которые он сделает в ближайшие секунды, и в том, чтобы самому «трассировать» свой предстоящий путь, учитывая виражи, случайные лужи, запомнившуюся с прошлого круга выбоину дорожки и т. д. Работа вратаря в футболе — вся в антиципации. В нем одновременно готовы и включены «установки» на целый ряд одинаково возможных действий, какие потребуются от него через секунду. Искусный вратарь, если можно так выразиться, заполняет собою все обширное пространство ворот: он на любом месте их еще раньше, чем противник осуществит задуманную атаку данной точки.

Не менее выпукло выступает роль той же антиципации в фехтовании. Предоставим слово Ф. Лагранжу, специалисту по гигиене физической культуры**.

«В фехтовании мастер, бесспорно, теряет с годами свои физические качества, и все-таки в 45 лет многие фехтовальщики ничуть не ниже себя самих. Дело в том, что попутно с ухудшением их чисто телесных качеств в них разви-

* Если всмотреться внимательно, то движение переноса ноги сзади наперед при ходьбе, беге, передвижении на коньках и лыжах и т. п. есть, по существу, настоящее *баллистическое* (ударно-метательное) движение, недаром оно так легко переходит, например, в движение удара по футбольному мячу. Антиципирующие коррекции играют важнейшую роль во всех баллистических движениях.

** Dr. F. Lagrange. L'hygiène de l'exercice chez les enfants et les jeunes gens. Paris, 1896, p. 134.

ваются качество интеллектуального порядка, то, что в фехтовании называется «суждением» (jugement). У фехтовальщика нет уже прежней мощности в движениях, но больше находчивости (d'à propos); зрение не так остро, но зато у него больше верности взгляда, глазомера (de coup d'oeil), т. е. уверенного проникновения в намерения противника. И разве не на результатах опытности основывается это суждение, которое быстрее молнии? Благодаря которому вы противопоставляете шпаге противника твердый отпор (une raide ferme), не ищущий ее от линии к линии, но непоколебимо ожидающий ее именно там, куда она должна прийти; точно своего рода прозрение (divination) открыло вам, что ваш противник направит свою атаку в сексту, а не в кварту. Старый фехтовальщик бился (a tâté) со столькими противниками, что дошел до точной классификации разных манер и разных темпераментов. После одной-двух «ложных атак» он уже знает не только силу, но и стиль противника. Он угадывает его намерения путем своего рода «исчисления вероятностей», почти равноценного с достоверностью. Каждый день может дать ему новый опыт, так как каждый новый противник — это случай для нового изучения. Важность опытности в фехтовании лучше всего другого доказывается советом, даваемым всеми мастерами, — часто менять противников. Когда достиг известной силы, то уже больше не прогрессируешь, если борешься всегда с одним и тем же противником, хотя бы и хорошим мастером».

Ловкость и инициативность

Антеципация, т. е. предугадывание как намерений партнера, так и последствий своих собственных движений, образует уже своего рода мостик для *перехода* к самым высоким формам *ловкости*. Эти наиболее совершенные, чисто человеческие формы подходят под ту мерку, которая получила выше название *инициативности*.

В Петропавловской крепости в Ленинграде есть старинный собор с колокольней, увенчанной сужающимся кверху шпием высотой около 50 метров. На верхнем конце шпица находится шар около 2 метров в поперечнике, а на шаре — фигура ангела высотой около 3,5 метра и крест высотой около 6,5 метра. Весь шпиг обит вызолоченными медными листами.

Больше ста лет назад (в 1830 г.) произошли уже не первые беспорядки с ангелом и крестом, грозившие их падением.

Из патристических побуждений цирковой акробат М. вызвался добраться до фигуры ангела и креста без каких-либо строительных приспособлений и произвести нужный ремонт. Акробат, решив воспользоваться для подъема торчащими в шпиге крючьями, надеялся главным образом на свою необычайную ловкость, силу и смелость.

Ранним утром М., захватив нужный для ремонта инструмент, выбрался наружу из слухового окошка шпица, на высоте более 50 метров над землей. Ухватившись руками за ближайшие к окошку выступы ребер шпица и оттолкнувшись ногами от подоконника, он как-то умудрился добраться до ближайшего к окну крюка. Влез на него. Затем, нацелившись и оттолкнувшись изо всей силы ногой и рукой, он сделал неимоверный по смелости прыжок вверх, ухватился одной рукой за крюк над головой и каким-то акробатическим приемом взобрался на этот крюк, встав на него одной ногой и держась распростертыми в стороны руками за ребра шпица. Отдохнув в таком положении и набравшись сил, он совершил такой же прыжок вверх до следующего крюка.

Через два часа в то же слуховое окно соскочил человек. Это был не столько М., сколько его тень. За два часа он исхудал, вымотался до предела и не заметил даже множества кровавых царапин и ссадин на руках и ногах, полученных от своих безрассудных прыжков, которые, однако, не привели его к цели.

Не веря уже в свое спасение, акробат М. начал скользить вниз и, цепляясь за что попало, добрался наконец до слухового окна.

Этого акробата М. я выдумал, не имевши в своем распоряжении подходящего реального примера. Но вот что случилось на самом деле там же и в названное мною время и что подкреплено точными историческими документами*.

«Ярославской губернии казенной крестьяннин кровельного цеха мастер Петр Телушкин, узнав, что предпринимается необходимая починка в кресте и ангеле на колокольном шпиге Петропавловского собора, и сообразив, сколько тысяч рублей и времени должно будет употребить на устройство лесов, адресовался с письменною просьбою, в которой объяснял, что он все исправления в кресте и ангеле берется произвести без всяких лесов, с тем только условием, чтоб ему заплачены были материалы, нужные для сих починок, за труды же свои он ничего не назначил, предоставляя высшему начальству наградить его по благоусмотрению».

Сперва Телушкин — он при небольшом росте отличался громадною физической силою — поднимался на цыпочках пальцев, хватаясь ими за фальцы обшивки и укрепив себя на веревке, привязанной к поясу. Говорят, от напряжения у Телушкина выходила кровь из-под ногтей, но он не обращал внимания на жесточайшую боль и продолжал свое поднятие. По мере его Телушкин стягивал обхватывающую веревку, и таким образом постепенно утончающаяся фигура шпига давала ему возможность висеть на ней. Далее он воспользовался крючками, вбитыми в обшивку шпига, и посредством особых веревочных стремян поднялся под самое яблоко. Надеждадо теперь взобраться на последнее. Это было достигнуто Телушкиным следующим образом (говорит автор): «Телушкин, захватив шпиг около яблока другими веревками, сделал себе из них два новые стремени или петли, в которые он просунул ступни ног своих до подъема, другую же веревкою, также за оконечность шпига захваченною, он обвил себя накрепко около пояса и тогда, опираясь ногами в шпиг, повис всем телом на этой веревке. В таковом почти горизонтальном положении Телушкин, собрав в обе руки, свернувши бухтою имеющуюся за поясом его шестисаженную веревку, которой один конец был привязан к оконечности шпига, взбросил другой на яблоко, чтоб захватить им крест. Пользуясь сильным ветром, который раскачивал даже самый шпиг, Телушкин так ловко и удачно кинул свою веревку около креста, что свободный ее конец помощью ветра попал мигом ему в руки. Тогда, сделав петлю на самом этом конце, он начал веревку передвигать около креста так, чтобы она вдвойне за оный захватывала и чтобы тем концом можно было затянуть ее за крест. Таким образом Телушкин, передернув веревку около креста, начал делать петли на свободном ее конце, чтоб из оных составить себе род лесенки, которая бы одним концом была прикреплена к кресту, а другим к оконечности шпига. По этой уже лесенке Телушкин, взобравшись на шар, спокойно принял за свою работу. Нередко мы его видели то поднимающимся на ангела, имеющего 5 аршин вышины, то сидящим на его крыле и починивающим оное, то на самой перекладине креста, имеющего 9 аршин вышины, спокойно прикрепляющим оторванные от него листья. На третий день сих воздушных походов Телушкин, приготовив веревочную лесенку или тропку в 26 сажень длины, втащил один ее конец на яблоко и привязал его за крест. По сей то лестнице Телушкин, взлезая на шар, в течение 6 недель починил на кресте оторванные ветром листья, крыло у ангела и поднял его по кресту на 8 вершков».

Герой нашего первого примера рассчитывал целиком на свою двигательную *изворотливость*, неограниченно веря в ее непобедимость; и действительно она помогла ему уцелеть там, где девять смельчаков из десяти наверняка сорвались бы и погибли. Второй не хотел следовать пословице «Гром не грянет — мужик не перекрестится», своею разведкой *антеципировал* затруднения

* П. Н. Столпянский. Старый Петербург. Петропавловская крепость. Петроград, Государственное издательство, 1923, стр. 27—30. Журнал «Сын Отечества», 1831, ч. XVIII, стр. 410 и след.

и заранее проявил *инициативу*. И от него потребовались не меньшие дозы силы, смелости и ловкости, но победу ему принесло то, что он множил эти качества не на «авось», а на продуманный план действий. Он отличался от первого, в сущности, тем самым, что отличает разумного человека от обезьяны.

Очевидно, что возможность проявить инициативность в движениях или действиях всегда, как и в нашем втором примере, основывается на предвидении, т. е. опять-таки на антеципации. Мы можем отважиться на нее только тогда, когда ясно представим себе, в какую сторону развернутся события и чего смогут достичь наши действия по отношению к ним. При этом условии мы не только будем защищены от вреда, которым грозит тот или иной случай, но и сможем иной раз уверенно заставить этот случай служить нам же.

В этом заключается новая, своеобразная черта ловкости, которая непосредственно проистекает из ее свойства находчивости и, в частности, из ее инициативности. Ловкость умеет не только тот или иной затрудняющий внешний случай, но даже частую и свой собственный промах повернуть себе же на пользу.

Вот два примера.

Футболист должен был правым носком подать мяч вправо же, своему партнеру-форварду; последний был наготове перехватить мяч и одним ударом вогнать его в ворота.

Но играющий споткнулся или поскользнулся; правая стопа его прошла правее, чем было нужно, и мяч покатился наискось влево. Прежде чем футболист успел что-нибудь сознательно сообразить, его инстинкт и опыт уже осуществляли новое решение той же задачи: опора после спотыкания передалась на правую ногу, дала ему прямой удар, которого не могли предвидеть ни его партнеры, ни тем более не ждавший отсюда атаки вратарь противника. Мяч был вбит. Весь эпизод занял вряд ли более двух секунд.

Второй пример взят из иной области. Человеку нужно было извлечь из узкой, колодезобразной ямы тяжелую болванку вроде якоря, имевшую перекладину наподобие Т на верхнем конце. Он старался закинуть на это Т веревочную петлю. Неожиданно, после нескольких неудачных попыток, петля прочно зацепилась за крюк, торчавший из стены колодца на половине высоты, и никак нельзя было ее оттуда снять.

Тогда человек вытравил вниз столько веревки, сколько надо было, чтобы достать до болванки. Он уже без труда смог подвести ее провисавшую середину под Т, а когда он затем потянул веревку вверх, оказалось, что она работает подобно сложному блоку. До половины высоты груз удалось поднять с помощью половинного усилия; дальше уже легко было подцепить его.

В обоих наших примерах — полусознательно, полуинстинктивно удалось мгновенно изобрести такие приемы, которые самую неудачу превращали в наивыгоднейшее стечение обстоятельств.

Подобные случаи нередки, хотя бы в мелочах, у каждого, кто только может почитать себя ловким в каком-либо навыке. Это свойство проявляет себя от самых грубых и простых форм столкновений с жизнью, вплоть до наивысших вершин искусства. Хорошо известны примеры, как какое-нибудь пятно, не-

чаянно сделанное художником, сразу наводило его на новый, гораздо лучший вариант картины или как грубая бульварная песенка, шум с улицы, случайный удар лапами по клавишам, сделанный котом, вскочившим на рояль, рождали в мозгу композитора новые музыкальные идеи.

Там, где начинаются инициатива и изобретательство, всего труднее указать какие-нибудь правила и законы. Поэтому перед данной областью двигательного творчества, где господствуют самые высокие формы ловкости, правильнее будет остановиться. Для человеческой изобретательности пределов нет.

Теперь подведем итог всему тому, что дал нам детальный анализ ловкости и ее свойств. Он позволяет нам построить *развернутое определение ловкости*, включив в него все то, что следует относить к ее существенным, необходимым признакам. Это развернутое определение будет выглядеть так:

Ловкость есть способность двигательным путем выйти из любого положения, т. е. способность справиться с любой возникшей двигательной задачей:

- 1) *правильно* (т. е. адекватно и точно),
- 2) *быстро* (т. е. скоро и скоро),
- 3) *рационально* (т. е. целесообразно и экономично) и
- 4) *находчиво* (т. е. изворотливо и инициативно).

Можно было бы перейти сразу к заключительным замечаниям о возможностях и средствах для развития ловкости, но перед нами настойчиво встают вопросы, касающиеся полноты нашего развернутого определения: все ли в нем указано? нет ли в нем одного существенного пробела?

Ловкость и красота

В начальных стадиях работы над этой книгой я обращался к целому ряду лиц, сведущих по части физической культуры и спорта, с вопросом, как они определяют ловкость. Хотя и меньшинство, но все же не очень малочисленное и состоявшее из людей веских настойчиво высказало тогда, что в определении ловкости нельзя обойтись без упоминания о красоте движений, их грации, гармоничности и т. д. Указывалось, что по отношению ко многим гимнастическим упражнениям красота исполнения входит в число признаков, по которым производится их судейская оценка. Указывалось и на то, что невозможно привести ни одного примера движения, которое мы согласились бы оценить как ловкое, если бы оно не было при этом красивым и грациозным.

Несмотря на всю солидность этих требований, автор не видит для себя никакой возможности согласиться с ними; он постарается защитить свою точку зрения и доказать, что *признак красоты не следует включать в развернутое определение ловкости*.

Первое и основное, что нужно высказать против этого признака, это то, что красота всегда и везде — дело личного вкуса. Если даже по поводу некоторых всемирно признанных образцов красоты, вроде Сикстинской мадонны Рафаэля, Джоконды Леонардо да Винчи или еще десятка картин — Тициана, Веласкеса, Мурильо, Боттичелли, Брюллова, Левитана и т. п., и не возникает возражений, то, во-первых, здесь дело идет о недостижимых вершинах, а нам нужно располагать определением, пригодным для каждого будничного дня. Во-вторых, и здесь нет сомнений, что если бы взять наудачу десять ценителей искусства и, снабдив каждого яблоком Париса, предложить отдать его прекраснейшей из этой всемирной плеяды, то в этом голосовании не выявилось бы никакого единодушия. Тем более слишком ненадежная вещь включать оценку такого рода в научное определение какого-либо общего понятия.

Еще важнее то, что *признак красоты в проявлениях двигательной ловкости вовсе не первоначальный или основной*, т. е. не представляет собой такого признака, который ни в чем не зависит от остальных и выступает на равных правах с ними. Мне говорят: пусть такое-то и такое-то движение будет правильным, точным, быстрым; пусть оно рационально и при этом находчиво, но, если оно при всем этом некрасиво, его нельзя признать ловким. Я отвечаю: приведите мне сперва хотя бы один пример движения, которое обладало бы всеми перечисленными качествами из развернутого определения и при всем этом было бы некрасивым, негармоничным для глаз, — и тогда будем разговаривать. В том-то и все дело, что такого примера при всем желании никогда не удастся подыскать.

В каждом определении всегда бывает некоторый неизбежный элемент искусственности. Слова, которыми мы располагаем, отчасти грубы, отчасти расплывчаты по своему смыслу, поэтому невозможно избежать в определениях известных нахлесток, захождений отдельных признаков друг на друга. Так получается и с нашим определением из предыдущего раздела, что явственно проступало по самому ходу анализа. Экономичность частично перекрывается со скоростью, изворотливость — с инициативностью, находчивость — с целесообразностью и с быстротой и т. д. Иначе и быть не может. И все-таки все эти главные признаки ловкости — явно самостоятельные, независимые свойства, и ни одно из них не вытекает из других, как их следствие.

С признаком красоты дело обстоит по-иному. Не только в отношении ловкости, но и в отношении любых проявлений красоты форм и движений (так называемой пластической красоты) можно утверждать, что *эта красота проявляется всегда как вторичный признак*, как следствие более глубоких и существенных свойств предмета. Нашему взору представляется гармоничным, пластически прекрасным все то, в чем сочетаются

вместе *целесообразность и экономичность*. Разве не красивы смелые инженерные сооружения: цепной Крымский мост, башня Эйфеля, стрела подъемного крана, могучий паровоз или обтекаемый, «зализанный» самолет? В середине прошлого столетия возникла было ложная идея «украшать» инженерные сооружения всякого рода орнаментами и внешними ухищрениями. Станины паровых машин стали делать в виде готических стрельчатых арок, паровозы стали расписывать цветочками, как до сих пор иногда расписывают швейные машины и часы-ходики, и сам Эйфель не устоял против этого течения, наклепив там и сям на свою изумительную башню железные кружевца. Однако это неправильное понимание было скоро изжито и уступило место идее строгой, целесообразной простоты, в которой и заключается высшая гармония. Без сомнения, то, что нашему взгляду нравятся эти строго обоснованные очертания, то, что мы чувствуем гармонию и красоту в изгибе цепей Крымского моста, в воздушной легкости тяжелой каменной арки Москворецкого моста, в смелой стремительности швейцарских горных мостов, похожих на высокие колоннады, — все это не случайно. В этом сказался и отстоялся долгий жизненный опыт многих поколений, бессознательно отпечатлевшийся на наших вкусах.

Уже давно признано, что в наших идеалах и мужской и женской красоты проявляется биологическая целесообразность. В мужчине прекрасны: сила, мужественная осанка, уверенность движений; в женщине — мягкость, изящество, воплощение идеального материнства. На чем же основывается мысль, что с движениями дело обстоит иначе?

И в движениях человека вообще, и в тех наиболее совершенных формах этих движений, которые мы относим к двигательной ловкости, прекрасно не что иное, как *сочетание* в них *целесообразности с экономичностью*. Когда все те свойства, которые мы требуем от ловкости, налицо, тогда появляется и ласкающая глаз красота этих движений — как их неизбежный спутник. Движение со всеми объективными признаками ловкости и в то же время некрасивое так же трудно себе представить, как и неуклюжее, неловкое движение, которое вместе с тем было бы красивым.

И еще из одного обстоятельства видно, что красота — не особое, отдельное свойство ловких движений, а рождается попутно из их существенных свойств. Будь красота чем-то приходящим, что можно добавить или внести в движения, когда они обладают уже всем остальным, кроме нее, то естественным было бы стремление спортсмена «украшать» свои движения, испробовать тот самый путь, который доказал уже свою несостоятельность в технике. Но что сказали бы мы о легкоатлете, который, чтобы подбавить красоты к своим движениям, делал бы во время прыжка в длину антраша в воздухе или во время полетной фазы прыжка с шестом посылал бы публике

изящные воздушные поцелуи? Нелепость этих примеров, может быть, всего убедительнее доказывает, что вся красота ловких движений человека — в их строгой, экономной и эффективной целесообразности.

Как развивалась ловкость?

Нередко приходится слышать и встречать в литературе утверждение, что ловкость — чисто прирожденное качество. Выносливость, силу, быстроту можно развить, говорят нам, но ловким надо родиться.

Это мнение глубоко ошибочно. Его можно было бы опровергнуть, ссылаясь на прямые наблюдения над действительностью, но факты и наблюдения можно толковать по-разному. Можно пытаться скрыться за утверждениями, что у такого-то развилась не сама ловкость, а развились движения, на которых ему теперь легче проявить свою природную ловкость, и т. п. Поэтому не мешает, помимо фактов, которые перед глазами у всех непредубежденных, привести и несколько общих доводов, говорящих за то, что *ловкость — упражняемое качество*.

Первое и главное обстоятельство, о котором следует вспомнить, это то, что *двигательная ловкость* самым тесным образом *связана с работой коры полушарий* мозга. Эти отделы мозга, самые новые в истории его развития, прямо пропитаны насквозь, если можно так выразиться, способностью вбирать в себя личный, текущий жизненный опыт. Самое характерное для всех тех отправлений, которые обеспечиваются корой мозга, — их доступность для развития, совершенствования, упражнения. И самые высшие формы переключаемости — те, которые не требуют повторений, а совершаются быстро и уверенно с одного раза, — связаны с деятельностью коры мозга, которая и создала впервые их возможность.

Было бы очень странно, если бы для одного только качества ловкости пришлось сделать исключение и, установив, с одной стороны, точными фактами ее неразрывную связь с корой, отказать ей, с другой стороны, в возможностях развития и упражнения.

Кроме того, ловкость — очень сложная, как говорят, *комплексная деятельность*. Мы уже видели, что для ее проявлений требуется в каждом случае совместная работа самое меньшее двух уровней построения. Каждый из уровней включает в себя чувствительные и двигательные мозговые устройства. Мы установили, что необходимо различать по меньшей мере два вида ловкости, существенно разных между собою — телесную и ручную ловкость, которые опять-таки опираются на различные системы мозга.

Если бы речь шла о каком-нибудь узко ограниченном,

простом явлении, вроде, например, коленного рефлекса, т. е. подбрасывания ноги, которое получается, если стукнуть по ноге под коленной чашкой, положение было бы иное. В порядке тот участок мозга, который заведует этим рефлексом, — в порядке и сам рефлекс. Недоразвился почему-либо этот участок — нет и рефлекса, и взять его уже неоткуда. Этого рода рефлексy и называются с полным правом прирожденными рефлексами. Но если речь идет о таком сложнейшем качестве, в осуществлении которого участвует буквально весь мозг, все его чувствительные, и двигательные, и согласующие системы, то *прирожденный* недостаток этого качества должен был бы означать недоразвитие всех решительно систем мозга. У субъектов с недоразвитым от рождения мозгом, так называемых идиотов и слабоумных, действительно на очень низкой ступени стоит и ловкость, но ведь не о них идет у нас речь. У каждого человека с полноценным, нормальным мозгом есть все необходимые предпосылки и для обнаружения его природной ловкости, хотя, конечно, не у всех в одинаковой мере.

Таким образом, двигательная ловкость, как и все вообще сложные, комплексные виды деятельности мозга, неоспоримо относится к числу качеств, доступных развитию и совершенствованию, и различия обнаруживаются здесь только *в количественной стороне**. Можно сказать, что одни люди обладают меньшею, другие — большею способностью к развитию у себя ловкости. Это нисколько не противоречит общему утверждению о том, что ловкость упражняема. Ведь, бесспорно, что каждый человек в состоянии научиться, например, английскому языку. Из того, что одним он дается легче, другим труднее, что одни, может быть, достигнут в нем большего совершенства, чем другие, еще никак не следует, что со знанием английского языка надо родиться.

Что касается личных способностей каждого к овладению качеством ловкости, то мы уже говорили в другом месте, какие встречаются среди людей *различные профили, или типы*, этих способностей. Одному человеку, по его данным, легче удастся развить в себе то, что мы называли *телесной ловкостью*, другой лучше приспособлен к развитию *ручной ловкости*. Вот эти различные профили действительно природны. Развиваема и упражняема ловкость у всех, но *не всякий вид ловкости — в одинаковой мере* у каждого человека.

Подходя к вопросу о том, как развивать и упражнять в себе ловкость, мы оценим в полной мере тот разбор основных признаков и свойств ловкости, который был сделан в начале этого очер-

* Нельзя не отметить здесь для сопоставления, что другое не менее комплексное психофизическое качество — выносливость обладает очень большими возможностями развития и высокой тренируемостью, что не вызывает никаких споров.

ка. Действительно, если имеешь о каком-нибудь предмете только общее и смутное представление, то не знаешь, с какого конца за него взяться. Теперь мы знаем (в развернутом виде), какие свойства должны быть налицо в движениях для того, чтобы они могли почитаться ловкими, и нам значительно легче будет подойти к тому, как совершенствоваться в себе эти свойства.

Те основные признаки ловкости, которые нашли свое выражение в ее развернутом определении, очень различны по своему психофизиологическому укладу, а поэтому и развивать их нужно по-разному. Одним путем надо двигаться по направлению к точности и правильности движений, другим — вырабатывать в них быстроту и т. д. Кроме того, всегда и везде необходимо соотноситься с личными особенностями каждого упражняющегося, а это вынуждает к большой осторожности по части рецептов и общих правил.

Можно утверждать наверняка, что каждый новый, хорошо освоенный двигательный навык повышает и общий уровень ловкости. *Ловкость накапливается с двигательным опытом.* Этот опыт обогащает и «фонотеки» низовых уровней построения, и те фонды находчивости, изворотливости, инициативности, которые образуют основное ядро ловкости. Особенно плодотворно для общего развития двигательной ловкости овладение *разносторонними*, несходными между собой двигательными навыками, которые будут взаимно дополнять друг друга.

Во втором разделе этого очерка шла речь о двух обстоятельствах, которые не представляют собою признаков, или свойств, ловких движений, а указывают на те *условия*, при которых только и может проявиться ловкость. Они сводятся к тому, что ловкость не заключается в движениях или действиях самих по себе; степень ловкости человека обнаруживается в том, *как ведут себя эти движения в их столкновении с внешним миром*, с его внезапностями и неожиданностями. Предположим, что мы сделали точнейший киноснимок с какого-нибудь движения, а затем заретушировали, замазали на этом снимке всю внешнюю обстановку, оставив на нем одного только человека на пустом фоне. По такому снимку ни при каких условиях не будет возможности определить, были ли снятые на нем движения ловкими или нет.

Этот факт дает уже очень веские указания насчет путей развития ловкости. Легко понять, что если ловкость не приходится искать в самих по себе движениях, то и к воспитанию ее ничего не прибавится, покуда мы будем воспитывать и холить одни только безотносительные движения. Каждое движение, которое хочет обогатить фонды нашей ловкости, должно *что-то делать*. Никакая культура движений, которыми ничего не достигается, не повысит ловкости, хотя, может быть, и даст свои результаты в смысле увеличения выносливости, мышечной силы и т. п. Нужно очень много делать для того, чтобы уметь это

делать; нужно очень многое *уметь* для того, чтобы почитать себя ловким.

Применительно к *телесной ловкости* нам помогут движения, приводящие к определенному результату, преодолевающие какую-то трудность или препятствие из внешнего мира. Я неловок, пока я имею основание бояться колец, или брусьев, или барьеров для бега; я буду ловким, когда они начнут бояться меня.

Действия, повышающие *ручную, или предметную, ловкость* — это всегда какие-нибудь *умения*. Невозможно назвать ни одного умения из уровня D, которое нельзя было бы довести до высших образцов ловкости. Ловко можно действовать в любой спортивной игре; ловкость требуется в каждом виде борьбы с противником; ловко можно осуществлять каждый трудовой навык; ловко, наконец, можно одеваться, застегиваться, причесываться, стирать белье и чистить огурцы. И в каждом из этих действий — от самых возвышенных до самых низменно-бытовых — ловкость воспитывается и упражняется тем больше, чем больше в нем «обыгрывается» всякого рода намеренных изменений и ненамеренных неожиданностей.

Во всех этих упражнениях можно и нужно, конечно, по отдельности делать ударения на каждом из тех главных признаков, которые мы сочли необходимым включить в развернутое определение качества ловкости.

В каждом двигательном навыке *правильность движений* (то, что было выше обозначено как их адекватность и точность) лучше всего развивать *с самых первых шагов*. Именно в это время закладывается основа двигательного состава навыка. Именно здесь подбираются наиболее подходящие качества сенсорных коррекций. Именно в это время сознательное внимание еще может вмешиваться в те подробности движения, которые потом ускользнут от него в область автоматизмов. Стало быть, небрежное отношение на первых порах к качеству результата — грубейшая из ошибок. Когда движение удастся еще еле-еле, когда оно трещит по всем швам, можно сделать себе снисхождение по части скорости, иногда — по части силы, но никоим образом не в отношении правильности и точности. Это вьестся потом так, что отделаться будет невыносимо трудно. Если правильное выполнение движений (в смысле результата — см. раздел 3 этого очерка) на первых порах и очень затруднительно — не беда. Лучше довести себя в течение десяти минут «до седьмого пота» сильнеешим напряжением внимания и воли к результату, чем отдать два-три часа на «кое-как» и на «лишь бы». Предоставим индифферентность собакам, подвергаемым выработке условных слюнных рефлексов.

Нужно принять в соображение еще следующее. Те коррекции, которые следят за правильностью движения, по большей части принадлежат к его ведущему уровню, потому что они са-

мым тесным образом связаны с успехом или неуспехом решения двигательной задачи по существу. Автоматизация уводит из поля сознания целый ряд коррекций правильности и точности — те коррекции, которые связаны с техническими средствами для их достижения. Но самые главные, решающие коррекции этого рода остаются наверху; это именно те коррекции, которые нельзя передоверить автоматизмам, потому что от них требуется наивысшая приспособительность и маневренность.

Отсюда следует, что не только в начале, но и в конце работы над двигательным навыком и тогда уже, когда в нем достигнута полная «форма» (хотя можно ли когда-нибудь сказать, что она окончательно достигнута?), нужно при выполнении движения сосредоточивать все свое внимание и всю волю на качестве результатов. Нужно думать и помнить не о самих своих движениях (чтобы не попасть в положение сороконожки из сказки), а о сути задачи, которую надлежит решить: как можно дальше прыгнуть, как можно вернее отразить по желаемому направлению теннисный мяч, как можно точнее провести линию на чертеже, сделать разрез или распил, как можно аккуратнее завернуть плитку шоколада или выглаженную сорочку и т. д. В движениях нужно сосредоточивать мысль и волю на их «что»; «как» придет уже само-собой.

Свойство *точности* движений дает очень широкие переносы, вообще присущие «уровню точности» (С2). Выработка и повышение точности в каком-нибудь одном навыке очень заметно улучшают ее и во множестве других. Поэтому для воспитания ловкости очень важно и полезно упражнять глазомер, тренировать в себе мышечно-суставную оценку размеров и расстояний и т. п. Эти качества растекаются потом по всем многообразным навыкам, как пленка масла по поверхности воды, и всем им сообщают свой отблеск.

Быстрота, как существенный признак ловкости, несколько отличается от остальных тем, что она не совсем независимый признак. Ее трудно отделить от свойства *рациональности движений*. Но все же из двух одинаково рациональных движений, конечно, более ловким будет то, которое будет выполнено быстрее. Хотя рациональные движения, не содержащие в себе ничего лишнего, всегда могут быть неторопливыми, но, безусловно, сколь угодно высокая рациональность обесценивается, если работа ведется «с прохладцей».

Поэтому над быстротой следует поработать, а она поддается большому улучшению.

Опыт показал, что можно очень убыстрить время даже самой простой, полумеханической двигательной реакции на внешний сигнал, почти что рефлекса. Тем более можно сильно повысить скорость реакций, построенных сложнее; там возможно не только добиться количественного повышения общей скорости, а еще сделать в придачу всю цепь более короткой и простой, зна-

чит, требующей и меньше времени. Но в направлении быстроты возможно достигнуть еще большего.

Здесь снова поможет уже оказывавшая нам услуги *антеципация*, т. е. умение предвидеть и предугадывать. Чем больше накопленный нами опыт, тем больше средств к тому, чтобы *заранее почувствовать* приближение того внешнего события, на которое нам нужно будет отозваться реакцией. При этих условиях может получиться действительно молниеносная быстрота реакции: наше ответное движение начнется или абсолютно одновременно с тем, на которое оно собирается ответить, или *даже раньше его*. Вряд ли следует доказывать, какое огромное жизненное значение могут иметь эти молниеносные и предвосхищающие реакции в боевой обстановке; в рукопашной схватке, в поединке самолетов и т. п. Они же могут решить успех в фехтовании или боксе.

Для той «быстроты результата», которая всего важнее для ловкости, немаловажна и способность к быстрым, проворным движениям; и все же лучшие спринтеры вовсе не самые быстрые люди в отношении их ловкости. Для этой последней гораздо более значительную роль играет, так сказать, психологическая быстрота: быстрота находчивости, решимости, реакции и т. д. Значит, и в воспитании быстроты нужно сделать основное ударение именно на этой стороне дела. Если человеку свойственна нерешительность, вялость, если ему подходит название «мямли» или «рохли», то никакая разработка движений сама по себе не делает его ловким. Невозможно предписать общепригодного рецепта для борьбы с этими отрицательными качествами, но они, безусловно, в большой мере излечимы. На них только следует обратить серьезное внимание, притом чем раньше, тем лучше.

Рациональность движений — необходимое условие для ловкости, но она, в отличие от двух предыдущих признаков, *не представляет собою общего свойства*. Правильность, точность, быстроту можно воспитывать вообще, используя свойственный им широкий перенос; *рациональность движений неотделима от самих движений* и мало склонна к переносам. Поэтому о ней приходится заботиться применительно к каждому двигательному навыку.

В отличие от правильности, *рациональность и экономичность* движений *совершенствуются* и шлифуются главным образом во второй части выработки навыка, *в фазах его стандартизации и стабилизации*. Конечно, в локомоторных движениях, тем более в предметных двигательных навыках, можно бывает многое рационализировать в отношении их двигательного состава, т. е. уже в начале построения навыка. В это время можно провести борьбу с лишними движениями, найти те или другие более целесообразные и экономные приемы и т. д. Но главное, самое глубокое совершенствование движений в этом направлении происходит *после автоматизации*, когда уже все коррекции расставлены по своим окончательным местам и движения получают воз-

возможность устояться против всяких изменяющих и сбивающих воздействий. Вряд ли возможно сколько-нибудь основательно вмешаться здесь в бессознательно текущую фоновую работу низовых уровней; вряд ли это и целесообразно. Но педагогический опыт говорит о том, что если движения выполняются при тренировке тщательно и правильно и если это сочетается с настойчивостью работы по их шлифовке, то низовым уровням создаются наиболее благоприятные условия для повышения экономичности и рациональности автоматизмов, следовательно, и движений в целом.

Само собою понятно, что значение разработки всех перечисленных признаков и свойств отходит на второй план по сравнению со значением *находчивости* — главного ядра двигательной ловкости. О находчивости существует всего больше предрассудков насчет ее прирожденности и невоспитуемости. Нет спора, встречаются люди, которые — от природы ли или от того, как формировался их характер в ранние годы, — одарены высокой степенью находчивости по сравнению с окружающими. Но даже если действительно можно говорить о разных способностях у различных людей по отношению к находчивости, то это еще не означает ее невоспитуемости. Наоборот, мы точно знаем — и это вытекает из всех приводившихся выше анализов, — что *находчивость* в движениях прямо *зависит от накопленного нами двигательного опыта*. Этот опыт по разнородным навыкам и, главное, в как можно более разнородных условиях прямо обуславливает развитие и изворотливости и даже инициативности. Совершенно правильно поступают те педагоги и тренеры, которые намеренно сталкивают обучающегося во второй половине его работы над навыком с самыми разнообразными отклонениями и осложнениями. Такого рода «упражнения с непредвиденностями» постепенно превращаются для учащегося в «упражнения на предвидение» и все больше и крепче оснащают его по самому основному стержню всей двигательной ловкости.

ОТ АВТОРА (Вместо резюме)

В вопросе о качестве ловкости, как с педагогической, так и с психофизиологической стороны этого понятия, до сих пор царит еще очень большая неясность. Ни одно из дававшихся до настоящего времени определений этого качества не может претендовать на общее признание. В отношении фактических материалов, почерпнутых из наблюдений, а тем более экспериментальных, также имеет место крайняя бедность.

Общая физиология и психофизиология движений сделала, однако, за последние годы значительные успехи, чему немало способствовали как исследования спортивно-гимнастических движений — наивысших достижений полноценной нормы, так и изучение патологии двигательной сферы, для которого обильный материал дали ранения в период Великой Отечественной войны. Было вполне обоснованным попытаться, вооружившись новыми концепциями этой области, продвинуть вперед вопрос о природе ловкости и ее развитии. По всем основным вопросам координации движений мы позволяем себе отослать читающего это послесловие к книге «О построении движений»*, где они нашли себе обстоятельное освещение, а здесь дадим только самое краткое резюме тех главных положений, которые необходимы для анализа *качества ловкости*.

Согласно современным воззрениям, всякая подвижная система, не обладающая вынужденным движением по фиксированным траекториям (как преобладающее большинство машин), т. е. наделенная более чем одной степенью свободы, уже тем самым нуждается в специальной организации, обеспечивающей ее *управляемость*. Периферически костно-суставно-мышечный двигательный аппарат человека обладает огромным избытком степеней свободы, исчисляемым многими десятками. Совокупность психофизиологических механизмов *координации движений* и есть *организация управляемости* этого периферического дви-

* Проф. Н. Бернштейн. О построении движений. М., Медгиз, 1947. См. также «Физиология» — учебник для институтов физической культуры. Под ред. проф. М. Маршака. М., «Физкультура и спорт», 1946 (главы «Нервно-мышечная физиология», «Координация движений»).

гательного аппарата, достигаемая путем преодоления его избыточных степеней свободы.

Координация движений осуществляется посредством так называемых *сенсорных коррекций*, т. е. процессов непрерывного корригирования движения на основе притекающих в центральную нервную систему донесений органов чувств. Все рецепторные системы организма несут наряду со своей деятельностью по восприятию впечатлений внешнего мира (экстероцепции) добавочную нагрузку по восприятию поз, движений и усилий своего тела и его частей, т. е. по линии *проприоцептивной восприимчивости* в расширенном или функциональном смысле. Разумеется, первенствующую роль в этой комплексной рецепторной деятельности играют проприоцептивные органы в тесном смысле, т. е. аппараты мышечно-суставной чувствительности.

На протяжении долгих тысячелетий эволюции животных имело место безостановочное усложнение и увеличение разнообразия двигательных задач, решение которых было жизненно необходимым в борьбе особей за существование. Это усложнение задач шло и 1) по линии возрастания их смысловой сложности, и 2) в направлении роста трудности и точности решавших их двигательных актов, и, наконец, 3) в смысле непрерывного увеличения числа внезапных, нешаблонных двигательных задач, которые нужно было уметь решить правильно и незамедлительно.

Процесс эволюционного приспособления к этим требованиям жизни выразился в царстве позвоночных в виде совершавшегося время от времени, диалектическими скачками, анатомического усложнения их центральных нервных систем, обраставших сверху новыми аппаратами, все более мощными и совершенными в указанных выше отношениях. Возникавшие этим путем более молодые устройства не отрицали и не устраняли более древних, а лишь возглавляли их, сживаясь с ними в новый, более богатый возможностями и более работоспособный синтез. Каждое из таких поочередно возникавших в эволюции устройств мозга (мы будем в последующем называть их *координационными уровнями* или *уровнями построения движений*) приносило с собою новый список, или контингент, движений, точнее говоря, новый список посильных для решения данному животному двигательных задач.

Координационно-двигательное устройство центральной нервной системы человека представляет собою наивысшую по сложности и совершенству структуру во всем мире живых существ. Сохранив всю исторически (эволюционно) создававшуюся многослойность, они образуют в своей совокупности аппарат, в котором каждый из его разновозрастных уровней построения обеспечивает правильную реализацию своего списка двигательных актов и, как увидим ниже, существенным образом участвует в реализации движений вышележащих, более молодых уровней, обеспечивая им складность, быстроту и рациональность. Каж-

дый из этих уровней характеризуется своими особыми мозговыми анатомическими субстратами и особым, характерным для него составом и строением той чувствительности, из которой он основывает свои сенсорные коррекции (так называемым *сенсорным синтезом* или *сенсорным полем*).

Возраставшее смысловое усложнение двигательных задач, решение которых возлагалось на сравнительно мало эволюционировавший периферический двигательный аппарат, вело естественным порядком к *возрастанию и усложнению чисто координационных требований управления*, предъявлявшихся к этому аппарату. Во все более сложных, точных и быстрых или тонко дозируемых по силе двигательных актах требовалось все большее обилие, разнообразие и подходящая по качествам (адекватная) точность сенсорных коррекций. Ни у одного уровня не могло хватить в его собственном сенсорном синтезе ресурсов для управления всем многообразием сторон координационной отделки движения. В результате среди движений стали вычленяться в возрастающем количестве двигательные акты усложненного координационного строения. В актах этого рода управление не могло уже сосредоточиваться в одном уровне построения; ведущим уровням пришлось привлекать себе помощников в виде нижележащих, более древних уровней. Тот уровень, которому было посильным в смысловом отношении правильное решение двигательной задачи в ее целом, сохранял за собой верховное управление соответствующим двигательным актом, его важнейшие смысловые коррекции, но в то же время все большее количество вспомогательных, технических коррекций, обеспечивающих движению его плавность, быстроту, экономичность и т. п., передоверялось центральной нервной системой нижележащим уровням, наилучше оснащенным именно для этих видов коррекций. Мы обозначаем верховный ответственный уровень данного двигательного акта термином *«ведущий уровень»*: подчиненные ему низовые, обслуживающие данный двигательный акт технически, называем *«фоновыми уровнями»*, а сами выполняемые ими вспомогательные коррекции — *«фоновыми коррекциями»* или просто *«фонами»* данного движения.

Нельзя не подчеркнуть здесь двух важнейших характеристических черт всех координационных фонов: 1) находясь в фоновой роли, координационные уровни функционируют уже не независимо, как при несении обязанностей ведущего, а измененно, стилизованно под возглавляющим влиянием ведущего уровня, податливо подчиняясь ему; 2) фоны не представляют собою движений или частей движения; это есть *сенсорные коррекции* вспомогательного назначения.

Понятно, что двигательные акты, оснащенные координационными фонами (*фондированные акты*), представляют собою уже *целые структуры*, доходящие на высших уровнях и у наиболее высокоорганизованных существ до очень большой сложности и

многоэтажности, а потому нуждаются в их постепенном построении. Действительно, никакие фоны не обладают свойством приращенности, а потому должны быть в какой-то момент специально выработаны индивидуумом, а кроме того, для безупречной согласованности совместной работы двух или нескольких уровней по данному виду двигательного акта им необходимо пройти через стадию срабатывания и взаимной пригонки.

В прямой связи с этим мы действительно наблюдаем, что в филогенезе возникают и развиваются одновременно и параллельно друг с другом два ряда явлений: 1) двух- и многоуровневые координационные структуры двигательных актов и 2) индивидуальная *упражняемость*, т. е. способность к прижизненной выработке новых двигательных форм, чего нет и следа на наинизших ступенях развития позвоночных. Можно, таким образом, с полным правом сказать, что каждая фондированная двигательная структура представляет собой прижизненно выработанный *двигательный навык**.

Мы разделяем координационные фоны на два больших класса. 1. Фоны в собственном смысле представляют собой комплекты коррекций, соответствующие самостоятельному целесообразному движению в данном низовом уровне. 2. Фоны второго вида, именуемые *автоматизмами*, — это особые коррекции в одном из нижележащих уровней построения, не способные обслужить целостного движения в своем уровне, не имеющие сами по себе смыслового значения и вырабатываемые только по специальным требованиям вышележащего уровня для технического обслуживания выполняемого им двигательного акта. К подобным автоматизмам относятся, например, всевозможные технические сноровки (skills английских авторов), которыми изобилуют профессиональные навыки как в труде, так и в спорте.

Название автоматизмов присвоено этим фонам вследствие очень общего и характерного свойства центральной нервной системы, в силу которого в каждой выполняемой многоуровневой двигательной структуре в сознание человека попадает только состав его ведущего уровня, независимо от абсолютной высоты последнего. Таким образом, *автоматизмы протекают всегда бессознательно*; фоны в собственном смысле, бывшие осознаваемыми в то время, когда они реализовали самостоятельное дви-

* Исключение из этого закона представляет собой в некотором смысле довольно обширная группа двигательных актов, наблюдаемых у многих животных, и обозначаемая общим названием *двигательных инстинктов*. Встречаясь на всех ступенях эволюционного развития мозга от весьма низких (строительство сотов у пчел и т. п.) до очень высоких (например, способность ходить и бегать у жеребенка через немного минут после рождения), эти двигательные инстинкты четко отличаются от структур, обозначаемых нами как *двигательные навыки*: а) наследственной приращенностью и б) полным отсутствием приспособительной гибкости и вариативности. Физиологическая природа этих несомненно сложнофондированных структур еще очень далека от ясности.

жение, точно так же уходят из поля сознания с того момента, как переключаются на роль фоновых коррекций.

В начале процесса выработки нового двигательного навыка учащийся реализует решение соответствующей двигательной задачи полностью силами и средствами одного ведущего уровня. По мере того как в процессе упражнения он либо находит в ранее накопленных фондах, либо специально вновь вырабатывает подходящие фоны и автоматизмы и достигает достаточной их управляемости, он постепенно передоверяет соответственным низовым уровням выполнение одной за другую тех многочисленных технических коррекций, которые раньше суррогатно обслуживались им за счет ресурсов ведущего уровня. Этот процесс постепенного переключения коррекций в низовые уровни, сопровождаемый, как уже указано, уходом их из поля сознания, есть то, что называется *автоматизацией двигательного акта*.

Это важнейшая из фаз построения фондированной структуры двигательного навыка: 1) разгружает ведущий уровень, а с ними и сознание от побочной, чисто технической работы; 2) переключает значительную часть коррекций на уровни, наилучшим образом оснащенные и качественно адекватные для коррекций именно этого вида, т. е. способствует качественным сдвигам в сторону улучшения, и 3) совершается, как правило, в несколько раздельных приемов, каждый из которых выглядит как скачок, а не как постепенное изменение.

Построение двигательного навыка еще не завершается с окончанием всех автоматизационных переключений; за ним следует более или менее длительный период деятельности центральной нервной системы, направленной к срабатыванию между собой всех уровней — участников данной двигательной структуры, применительно как к самой задаче в целом, так и к ее неизбежным вариациям и осложнениям. Этот период можно, таким образом, охарактеризовать как *организацию управляемости фоновых уровней со стороны ведущего по отношению к данному виду движения*. Здесь мы второй раз сталкиваемся с понятием управляемости, но уже относимым к другому классу явлений, чем раньше. Если основной общей предпосылкой координации являлось обеспечение управляемости двигательной периферии, то подобною же предпосылкою для реальной работоспособности фондированных двигательных структур служит безупречная управляемость целостных координационных уровней при несении ими подчиненных функций. Это обстоятельство имеет самое существенное значение для вскрытия физиологических механизмов двигательной ловкости.

В соответствии со всем сказанным *двигательный навык* понимается нами как *координационная структура, представляющая собой освоенное умение решать тот или иной вид двигательной задачи*.

Из изложенного видно, что: 1) *построение двигательного*

навыка есть активный процесс (как во внешнем оформлении, так и в самом внутреннем существе), а отнюдь не пассивное отдавание себя потоку впечатлений и воздействий извне и 2) построение двигательного навыка есть *смысловое цепное действие*, состоящее из целого ряда качественно различных фаз, логически переходящих одна в другую, т. е. оно очень далеко от монотонности чисто количественного постепенного «проторения».

Необходимо оттенить еще, что ни автоматизмы, обслуживающие собою двигательный навык, ни тем более сам двигательный навык в целом ни в какой мере не представляют собою стереотипов, раз навсегда закрепленных шаблонов. Как будет подчеркнуто и ниже, координационным уровням свойственно непрерывное возрастание снизу вверх, от более древних уровней к более новым, приспособительности, пластичности, целесообразной вариативности их работы. Естественно, что переключение какой бы то ни было коррекции в порядке автоматизации из ведущего уровня в один из нижележащих ведет и к некоторому снижению ее приспособительной вариативности, но, вообще говоря, и каждый автоматизм, и каждый навык в целом вариативны и пластичны в полную меру ресурсов и свойств того уровня, на котором они протекают. Поэтому никоим образом не следует смешивать (положительного) явления автоматизации с (отрицательным) явлением стереотипизации.

Эта приспособительная вариативность, свойственная, хоть и в различной степени, всем автоматизмам и фонам, лежит в основе известного и чрезвычайно важного явления так называемого *переноса упражнения* по навыку, т. е. повышения успешности упражнения в навыке А за счет двигательного опыта, достигнутого благодаря упражнению в навыках Б, В и т. д. Механизм этого эффекта переноса упражнения состоит, по современным воззрениям, в использовании для построения нового навыка сохраняемых памятью *фоновых коррекций*, выработанных ранее для других навыков, с требуемой частичной переработкой их или без нее. Очевидно, что полезный эффект явления переноса упражнения будет тем выше, чем более широкой генерализации удалось достигнуть по прежде выработанным навыкам и чем больше было количество и разнообразие этих освоенных навыков.

Обогащение психомоторных ресурсов, достигнутое на той ступени эволюционного развития, которая принесла с собою фондированные двигательные структуры и вместе с ними индивидуальную обучаемость и упражняемость, слишком очевидно, чтобы нуждаться в комментариях. Но неуклонное усложнение борьбы за существование выдвинуло и дальнейшие требования, на которые на одной из следующих ступеней эволюционной лестницы также начали формироваться адекватные двигательные ответы. Речь идет о возрастающей необходимости в *разовых* незаученных двигательных реакциях, в координационной приспособ-

собленности к быстрому решению непредвиденных, нешаблонных двигательных задач. Таким образом, можно, несколько схематизируя, представить общий ход эволюции двигательных средств в виде трех последовательных этапов. Первый соответствует полному отсутствию индивидуальной обучаемости и ограничению всех двигательных средств животного прирожденными координационными формами. На втором этапе к ним прибавляются фондированные двигательные структуры, осваиваемые животными прижизненно путем постепенного упражнения и построения. Наконец, третий этап развития приносит с собой разовые, экспромтные, доступные внезапному сформированию двигательные ответы на непредвиденные и необычные задачи, снова резко повышая «потолок» возможностей, открытых для данного существа в борьбе за жизнь.

Опираясь на подытоженные выше основные факты и положения общего учения о координации, можно теперь решиться на внесение известных уточнений в психофизиологический анализ качества ловкости, чему специально и посвящена книга.

Самый основной, исходный критерий для оценки степени ловкости данного двигательного акта — тот, что ловкость не заключается в самих по себе движениях, а определяется исключительно по степени соответствия их с окружающей обстановкой, по степени успешности решения реализуемой ими двигательной задачи. Если закинематографировать двигательный акт, а затем заретушировать на фильме все окружение субъекта, сохранив одну только его фигуру, то ни при каком способе рассматривания и изучения этого фильма нельзя будет определить, ловким ли было запечатленное на нем движение или нет. Эта исходная черта характеристики ловкости названа в книге ее *экстравертированностью* (обращенностью на внешний мир).

Согласно даваемому в настоящей книге (очерк VII) развернутому определению, *ловкость* есть *способность справиться с возникшей двигательной задачей: 1) правильно, 2) быстро, 3) рационально и 4) находчиво*. В этом определении заключены, по-видимому, самые существенные отличительные признаки ловкости, какие можно указать в настоящее время.

Судя, далее, по всему могущему быть собранным материалу наблюдений, двигательные акты, заслуживающие оценки ловких, всегда представляют собою *фондированные* структуры. Возможно, причина этому в том, что все одноуровневые движения относятся к числу примитивных, в которых даже сложная в смысловом отношении задача доступна решению нехитрыми координационными средствами, не могущими предъявить ощутимых требований к двигательной ловкости*.

* Например, пройти указкой, не сбившись, по крупно нарисованному, очень сложному лабиринту от входа до центра — задача, координационно доступная и атактику, т. е. не требующая хороших фонов.

Так или иначе, во всех или почти во всех случаях ловкие акты реализуются посредством по крайней мере двух уровней, ведущего и фонового, причем требования, предъявляемые к ним для того, чтобы осуществляемое ими движение могло быть почитено ловким, резко различны. От ведущего уровня требуются высокие показатели маневренности, изворотливости, двигательной находчивости; от фонового (или фоновых) — не менее высокая степень послушности, гибкости, безупречной управляемости. В проекции на основное определение ловкости можно заметить, что ведущий уровень обеспечивает преимущественным образом первое и последнее из перечисленных качеств ловкости — *правильность и находчивость*; фоновым уровнем (или уровнями) обслуживаются важнейшие предпосылки для обоих средних качеств — *быстроты и рациональности*.

Указанная структурная черта ловких двигательных актов — их неоднородность — позволяет распределить все двигательные проявления ловкости на два больших класса, характеризующихся по их уровневой структуре. Ловкие акты, имеющие своим ведущим уровнем уровень пространственного поля (*C*), с фонами из нижележащих уровней, мы относим к классу *телесной ловкости*; акты, ведущиеся на уровне действий (*D*), с фонами из *C*, *B* и *A* в разных сочетаниях, составляют класс проявлений *предметной, или ручной, ловкости*.

В монографии «О построении движений» поставлен на очередь актуальный вопрос об индивидуальных *психомоторных профилях*, т. е. о качественных различиях моторики разных лиц, зависящих от относительных степеней развития и совершенства у них тех или других уровней построения движений. Применительно к теме настоящей книги нельзя не отметить, что разные встречающиеся в жизни индивидуальности обладают самыми различными соотношениями и абсолютными мерами выраженности у них того и другого класса двигательной ловкости. Анализ таких *индивидуальных профилей по ловкости* и определение их посредством целесообразно выработанных методик должны представить первостепенный практический интерес.

Из всех черт ловкости, перечисленных в развернутом определении этого качества, на первое место по значимости следует поставить, несомненно, черту, обозначенную там как *находчивость*. Вся суть двигательной ловкости — в способности найти выход из любого положения, в наличии у центральной нервной системы средств к тому самому разовому, импровизированному, но адекватному решению неожиданной или нешаблонной задачи, которое было выше отнесено к третьему, новейшему этапу эволюционного развития двигательных функций. Это свойство ловкости обозначено в тексте настоящей книги как ее *экспромтность*.

Если теперь сопоставить то положение, согласно которому ловкие двигательные акты представляют собою многоуровневые структуры, с подчеркнутым сейчас свойством экспромтности, то

мы подойдем вплотную к комплексу фактов, вскрывающему, может быть, самое глубокое психофизиологическое ядро качества ловкости. Очевидно, что экспромтное, неподготовленное создание сложной, фондированной и в то же время адекватной двигательной структуры возможно только на основе высокой степени управляемости всех фоновых уровней со стороны ведущих. Там, где психомоторика среднего качества нуждается в длительном упражнении, выработке и сыгрывании очередной координационной структуры, психомоторика, характеризуемая высокими показателями ловкости, способна обеспечить такой же стройный концерт уровней сразу, в самый момент возникшей необходимости к этому.

Если человек *А* со средними психомоторными данными может в результате длительной тренировки производить ту или иную автоматизированную операцию достаточно успешно, быстро и искусно, а другое лицо *Б*, сумеет, посмотрев, выполнить ту же операцию не хуже с первого или второго раза, то, несомненно, трудно указать более подходящую кандидатуру на право называться ловким в двигательном отношении человеком, нежели лицо *Б*. Разумеется, при создании для обоих лиц, *А* и *Б*, равных условий в смысле упражненности *Б* обнаружит более высокие показатели в соответствующей функциональной пробе.

Таким образом, двигательная ловкость приводит к тем же результатам — к созданию адекватной и успешно работающей структуры, что и упражнение в двигательном навыке. Ловкость способна возместить, заменить упражнение или ускорить его эффект. Обратное явление, однако, по большей части не имеет места; и во всех тех чрезвычайно многочисленных случаях, когда двигательная комбинация обязана быть созданной внезапно, когда для постепенной выработки нет и не может быть времени, ловкость не заменима ничем другим.

Изложенные материалы о природе двигательной ловкости приводят попутно к интересному биологическому выводу: об эволюционной молодости качества ловкости. Этот вывод хорошо подтверждается при вдумчивом наблюдении и данными сравнительной физиологии современных нам животных.

Произведенный предварительный анализ психофизиологической структуры ловкости, при всей его неизбежной неполноте, позволяет уже обоснованно ответить на важный практический вопрос: доступна ли ловкость индивидуальному развитию, является ли она упражняемым качеством?

Ответ получается утвердительный и притом в нескольких планах.

Само собой понятно, что природные, конституциональные предпосылки для ловкости у разных лиц были и останутся столь же разными, как и для всех других психофизических качеств. Если бы это было не так, то из каждого взятого наудачу подростка можно было бы с одинаковой легкостью сформиро-

вать Знаменского, Озолина, Новака или Нину Думбадзе. Как наибольшие достижимые для того или другого лица высоты развития, так и степени трудности и длительности дохождения до определенных результатов всегда неминуемо будут обнаруживать большие индивидуальные различия.

Гораздо важнее установить то, что имеющиеся природные предпосылки к ловкости, безусловно, *доступны развитию*. При этом могут быть упражняемы и развиваемы обе важнейшие стороны того структурного комплекса, посредством которого реализуется ловкость.

Во-первых, можно очень значительно поднять *управляемость* фоновых уровней со стороны верховных ведущих, т. е. важнейшую из функциональных физиологических предпосылок обсуждаемого качества. Чем больше накоплено человеком всевозможных фонов, чем они более разнообразны по видам и качествам и чем шире генерализованы, т. е. чем больше число, степень усвоения и широта полосы «обыгранности» по переменным условиям двигательных навыков, выработанных данным лицом, тем легче ему реализовать экспромтный фондированный двигательный акт, каков бы и сколь бы неожидан он ни был.

Во-вторых, намеренное столкновение упражняющегося с разнообразными и непредвиденными двигательными задачами, постановка его в условия, требующие от него в полной мере адекватных, быстрых, рациональных и находчивых двигательных реакций, прямым образом тренируют и воспитывают его верховные координационные уровни, способствуя выработке в них маневренности, изворотливости, быстрый психомоторной изобретательности. Наряду с этим тренировка этого же вида неминуемо воспитывает и управляемость фоновых уровней. Недостаточно, конечно, скопить в фондах двигательной памяти разных уровней большие фоновые богатства, не умея быстро и адекватно использовать их. Это-то умение вызывать нужные фоны в нужные мгновения и уверенно управлять ими и может быть очень существенно повышено путем целесообразной тренировки.

Таковы в самых общих чертах материалы, рассматриваемые в настоящей книге. Нет никакого сомнения, что и практическая проблема выработки и воспитания двигательной ловкости, и вся обширная область психофизиологии движений и управления ими находятся в настоящее время еще на самых ранних стадиях их научной разработки. Мы уверены, что и в этой увлекательной и чрезвычайно важной области науки, способной в последующем приблизить нас к самым глубоким тайникам знания о человеческом мозге и его работе, советская научная мысль сумеет завоевать подобающее ей положение и выйти в будущем на первое место в мире!

Проф. Н. Бернштейн.

СОДЕРЖАНИЕ

Об этой книге, ее авторе и тех временах (В. М. Зацюрский)	5
Николай Александрович Бернштейн (И. М. Фейгенберг)	9
Предисловие	13
Очерк I. <i>Что такое ловкость?</i>	17
Научные бои и разведки	—
Психофизические качества	19
Ловкость — победительница	20
За что ценится ловкость?	23
Что есть ловкость?	28
Очерк II. <i>Об управлении движениями</i>	34
Богатство подвижности органов движения человека	35
О движении языка и глаз	40
Основные трудности управления движениями	42
Что такое две и три степени свободы?	44
Как преодолеваются избыточные степени свободы?	46
Трудности, обусловленные упругостью мышц	49
Что называется координацией движений?	53
Мышечно-суставное чувство и его помощники	56
Очерк III. <i>О происхождении движений</i>	59
Великий конкурс жизни	—
Масштаб и действующие лица	62
Возникновение жизни и возбудимости	66
Зарождение нервной системы	69
Как ротовой конец тела стал его головным и главным концом	72
Оборона или наступление?	76
Освоение поперечнополосатой мышцы	77
Пороки поперечнополосатой мышцы	81
Членистоногие в тупике	85
Эволюция позвоночных	89
Сенсорные коррекции	93
Развитие конечностей	95
Обогащение движений	99
Расцвет царства пресмыкающихся	101
Борьба за первенство мира	106
Двигательные достижения птиц	110
Как пирамидная система съела экстрапирамидную	113
Очерки IV. <i>О построении движений</i>	119
Миф о Зевсе и человеке	—
Мозговой небоскреб	121
Доношенный недоносок	123
Новые задачи и обрастание мозга	126
Обогащение чувственных восприятий	129

Списки движений и фоновые уровни	132
Пусковой аппарат спинного мозга	136
Очерк V. <i>Уровни построения движений</i>	139
Уровень тонуса (А)	—
Уровень мышечно-суставных уязок (В). Его строение	146
Уровень мышечно-суставных уязок (В). Его отправления	150
Уровень пространства (С). Его строение	156
Что такое пространственное поле?	160
Свойства движений в уровне С	162
Движения уровня пространства	166
Уровень действий (D). Что такое действия?	172
Основные свойства уровня действий	178
Уровень действий. Коррекции и автоматизмы	181
О видах ловкости	185
Разновидности действий	188
Формирование движений у подростка	195
Очерк VI. <i>Об упражнении и навыке</i>	199
Как не следует думать о навыке?	—
Как возникала упражняемость?	205
Что представляет собою двигательный навык?	209
Построение двигательного навыка. А. Ведущий уровень и двигательный состав	212
Построение навыка. Б. Выявление и роспись коррекций	215
Построение навыка. В. Разверстка фонов	220
Построение навыка. Г. Автоматизация движений	225
Построение навыка. Д. Срабатывание фоновых коррекций	227
Построение навыка. Е. Стандартизация	230
Построение навыка. Ж. Стабилизация	234
Очерк VII. <i>Ловкость и ее свойства</i>	242
Что мы уже знаем о ловкости?	—
Где и в чем проявляется ловкость?	246
Что делает ловкость?	250
Как действует ловкость?	255
Главное зерно ловкости	258
Ловкость и инициативность	264
Ловкость и красота	267
Как развивалась ловкость?	270
От автора (вместо резюме)	277

5 руб.

ОДХ