

Лекция 9

ФИЗИОЛОГИЯ ДВИЖЕНИЙ И ФИЗИОЛОГИЯ АКТИВНОСТИ

МЕХАНИЗМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЙ
ПО Н. А. БЕРНШТЕЙНУ:
ПРИНЦИП СЕНСОРНЫХ КОРРЕКЦИЙ,
СХЕМА РЕФЛЕКТОРНОГО КОЛЬЦА,
ТЕОРИЯ УРОВНЕЙ

В этой и следующей лекции вы познакомитесь с концепцией выдающегося советского ученого Н.А. Бернштейна. У нас есть целый ряд оснований обратиться к этой концепции.

В трудах Н. А. Бернштейна нашла блестящую разработку *проблема механизмов организации движений и действий человека*. Занимаясь этой проблемой, Н. А. Бернштейн обнаружил себя как очень психологично мыслящий физиолог (что бывает крайне редко), в результате его теория и выявленные им механизмы оказались органически сочетающимися с теорией деятельности; они позволят углубить наши представления об операционально-технических аспектах деятельности.

Н. А. Бернштейн выступил в научной литературе как страстный защитник принципа активности — одного из тех принципов, на которых, как вы уже знаете, покоится психологическая теория деятельности. Мы разберем его идеи, высказанные в порядке защиты и развития этого принципа. Наконец, теория Н. А. Бернштейна окажется нам чрезвычайно полезной при обсуждении так называемой психофизической проблемы (лекция 13), где речь пойдет, в частности, о возможностях и ограничениях физиологического объяснения в психологии.

Николай Александрович Бернштейн (1896 — 1966) по образованию был врач-невропатолог, и в этом качестве он работал в госпиталях во время гражданской и Великой Отечественной войн. Но наиболее плодотворной оказалась его работа как экспериментатора и теоретика в целом ряде научных областей — физиологии, психофизиологии, биологии, кибернетике.

Это был человек очень разносторонних талантов: он увлекался математикой, музыкой, лингвистикой, инженерным делом. Однако все свои знания и способности

он сконцентрировал на решении главной проблемы своей жизни — изучении движений животных и человека. Так, математические знания позволили ему стать основоположником современной биомеханики, в частности биомеханики спорта. Практика врача-невропатолога снабдила его огромным фактическим материалом, касающимся расстройств движений при различных заболеваниях и травмах центральной нервной системы. Занятия музыкой дали возможность подвергнуть тончайшему анализу движения пианиста и скрипача: он экспериментировал в том числе и на себе, наблюдая за прогрессом собственной фортепианной техники. Инженерные знания и навыки помогли Н. А. Бернштейну усовершенствовать методы регистрации движений — он создал ряд новых техник регистрации сложных движений. Наконец, лингвистические интересы, несомненно, сказались на стиле, которым написаны его научные труды: тексты Н.А. Бернштейна — одни из самых поэтичных образцов научной литературы. Его язык отличается сжатостью, четкостью и в то же время необыкновенной живостью и образностью. Конечно, все эти качества языка отражали и качества его мышления.

В 1947 г. вышла одна из основных книг Н.А. Бернштейна «О построении движения», которая была удостоена Государственной премии. На титуле книги стояло посвящение: «Светлой, неугасающей памяти товарищей, отдавших свою жизнь в борьбе за Советскую Родину». В этой книге были отражены итоги почти тридцатилетней работы автора и его сотрудников в области экспериментальных, клинических и теоретических исследований движений и высказан ряд совершенно новых идей. Одна из них состояла в опровержении принципа рефлекторной дуги как механизма организации движений и замене его принципом рефлекторного кольца, о чем я буду говорить более подробно. Этот пункт концепции Н. А. Бернштейна сохранил, таким образом, критику господствовавшей в то время в физиологии высшей нервной деятельности точки зрения на механизм условного рефлекса как на универсальный принцип анализа высшей нервной деятельности.

Вскоре для Н. А. Бернштейна настали трудные годы. На организованных дискуссиях подчас некорректно и

некомпетентно выступали коллеги и даже некоторые бывшие ученики Н. А. Бернштейна с критикой высказывавшихся им новых идей. В этот тяжелый для себя период Николай Александрович не отказался ни от одной из своих идей, заплатив за это, как потом выяснилось, потерей навсегда возможности вести экспериментально-исследовательскую работу.

Последний период жизни Н. А. Бернштейн был занят особой деятельностью. К нему домой шли ученые и научные работники разных профессий: врачи, физиологи, математики, кибернетики, музыканты, лингвисты — для научных бесед. Они искали у него советов, оценок, консультаций, новых точек зрения. (Об этом вы можете подробно прочесть в статье В. Л. Найдина «Чудо, которое всегда с тобой» [79].) Другую половину дня Н.А. Бернштейн был занят собственной научной, теоретической работой — он подводил итоги и снова осмысливал результаты, полученные в предыдущие периоды своей жизни.

Уже после его смерти многие узнали, что за два года до кончины Н. А. Бернштейн сам поставил себе диагноз — рак печени, после чего снялся с учета из всех поликлиник и строго расписал оставшийся срок жизни, который он тоже определил с точностью до месяца. Он успел закончить и даже просмотреть гранки своей последней книги «Очерки по физиологии движений и физиологии активности» [15].

Известный русский психиатр П. Б. Ганнушкин, характеризуя один из типов человеческих личностей, писал: «Здесь можно найти людей, занимающих позиции на тех вершинах царства идей, в разреженном воздухе которого трудно дышать обыкновенному человеку. Сюда относятся: уточненные художники-эстеты... глубокомысленные метафизики, наконец, талантливые ученые-схематики и гениальные революционеры в науке, благодаря своей способности к неожиданным сопоставлениям; с бестрепетной отвагой преображающие, иногда до неузнаваемости, лицо той дисциплины, в которой они работают» [25, с. 386]. Читая эти строки, сразу вспоминаешь Н. А. Бернштейна: именно талантливый ученый-революционер, именно преобразивший до неузнаваемости дисциплину и именно «с бестрепетной отвагой»!

А теперь рассмотрим содержательно некоторые основные положения концепции Н. А. Бернштейна.

Залог успеха работ Бернштейна состоял в том, что он отказался от традиционных методов исследования движений. До него движения, как правило, загонялись в прокрустово ложе лабораторных процедур и установок; при их исследовании часто производилась перерезка нервов, разрушение центров, внешнее обездвижение животного (за исключением той части тела, которая интересовала экспериментатора), лягушек обезглавливали, собак призывали к станку и т. п.

Объектом изучения Н. А. Бернштейн сделал естественные движения нормального, неповрежденного организма, и, в основном, движения человека. Таким образом, сразу определился контингент движений, которыми он занимался; это были движения трудовые, спортивные, бытовые и др. Конечно, потребовалась разработка специальных методов регистрации движений, что с успехом осуществил Бернштейн.

До работ Н.А. Бернштейна в физиологии бытовало мнение (которое излагалось и в учебниках), что двигательный акт организуется следующим образом: на этапе обучения движению в двигательных центрах формируется и фиксируется его программа; затем в результате действия какого-то стимула она возбуждается, в мышцы идут моторные командные импульсы, и движение реализуется. Таким образом, в самом общем виде механизм движения описывался схемой рефлекторной дуги: стимул — процесс его центральной переработки (возбуждение программы) — двигательная реакция.

Первый вывод, к которому пришел Н. А. Бернштейн, состоял в том, что так не может осуществляться сколь угодно сложное движение. Вообще говоря, очень простое движение, например коленный рефлекс или отдергивание руки от огня, может произойти в результате прямого проведения моторных команд от центра к периферии. Но сложные двигательные акты, которые призваны решить какую-то задачу, достичь какого-то результата, так строиться не могут. Главная причина состоит в том, что результат любого сложного движения зависит не только от собственно управляющих сигналов, но и от целого ряда дополнительных факторов. Какие это фак-

торы, я скажу несколько позже, а сейчас отмечу только их общее свойство: все они вносят отклонения в запланированный ход движения, сами же не поддаются предварительному учету. В результате окончательная цель движения может быть достигнута, только если в него будут постоянно вноситься поправки, или коррекции. А для этого ЦНС должна знать, какова реальная судьба текущего движения. Иными словами, в ЦНС должны непрерывно поступать афферентные сигналы, содержащие информацию о реальном ходе движения, а затем перерабатываться в сигналы коррекции.

Таким образом, Н.А. Бернштейном был предложен совершенно новый принцип управления движениями; он назвал его **принципом сенсорных коррекций**, имея в виду коррекции, вносимые в моторные импульсы на основе сенсорной информации о ходе движения.

А теперь познакомимся с дополнительными факторами, которые, помимо моторных команд, влияют на ход движения.

Во-первых, это *реактивные силы*. Если вы сильно взмахнете рукой, то в других частях тела разовьются реактивные силы, которые изменят их положение и тонус.

Это хорошо видно в тех случаях, когда у вас под ногами нетвердая опора. Неопытный человек, стоя на льду, рискует упасть, если слишком сильно ударит клюшкой по шайбе, хотя, конечно, это падение никак не запланировано в его моторных центрах. Если ребенок залезает на диван и начинает с него бросать мяч, то мать тут же спускает его вниз; она знает, что, бросив мяч, он может сам полететь с дивана; виной опять будут реактивные силы.

Во-вторых, это *инерционные силы*. Если вы резко поднимете руку, то она взлетает не только за счет тех моторных импульсов, которые посланы в мышцы, но с какого-то момента движется по инерции. Влияние инерционных сил особенно велико в тех случаях, когда человек работает тяжелым орудием — топором, молотом и т.п. Но они имеют место и в любом другом движении. Например, при беге значительная часть движения выносовой вперед ноги происходит за счет этих сил.

В-третьих, это *внешние силы*. Если движение направлено на объект, то оно обязательно встречается с его

сопротивлением, причем это сопротивление далеко не всегда предсказуемо. Представьте себе, что вы натираете пол, производя скользящие движения ногой. Сопротивление пола в каждый момент может отличаться от предыдущего, и заранее знать его вы никак не можете. То же самое при работе резцом, рубанком, отверткой. Во всех этих и многих других случаях нельзя заложить в моторные программы учет меняющихся внешних сил.

Наконец, последний непланируемый фактор — *исходное состояние мышцы*.

Состояние мышцы меняется по ходу движения вместе с изменением ее длины, а также в результате утомления и т.п. Поэтому один и тот же управляющий импульс, придя к мышце, может дать совершенно разный моторный эффект.

Итак, действие всех перечисленных факторов обуславливает необходимость непрерывного учета информации о состоянии двигательного аппарата и о непосредственном ходе движения. Эта информация получила название «*сигналов обратной связи*». Кстати, роль сигналов обратной связи в управлении движениями, как и в задачах управления вообще, Н.А. Бернштейн описал задолго до появления аналогичных идей в кибернетике*. Тезис о том, что без учета информации о движении последнее не может осуществляться, имеет веские фактические подтверждения.

Рассмотрим два примера. Первый я беру из монографии Н. А. Бернштейна [14].

Есть такое заболевание — сухотка спинного мозга, при котором поражаются проводящие пути проприоцептивной, т.е. мышечной и суставной, а также кожной чувствительности. При этом больной имеет совершенно сохранную моторную систему, моторные центры целы, моторные проводящие пути в спинном мозге сохранены, его мышцы находятся в нормальном состоянии. Нет только афферентных сигналов от опорно-двигательного аппарата. И в результате движения оказываются полностью

* Примерно в то же время, т.е. в середине 30-х годов, наличие сигналов обратной связи в контуре управления физиологическими актами было описано другим советским физиологом, П.К. Анохиным, под названием «санкционирующая афферентация» [7].

расстроены. Так, если больной закрывает глаза, то он не может ходить; также с закрытыми глазами он не может удержать стакан — тот у него выскользывает из рук. Все это происходит потому, что субъект не знает, в каком положении находятся, например, его ноги, руки или другие части тела, движутся они или нет, каков тонус и состояние мышц и т.п. Но если такой пациент открывает глаза и если ему еще на полу чертят полоски, по которым он должен пройти (т.е. организуют зрительную информацию о его собственных движениях), то он идет более или менее успешно. То же происходит с различными ручными движениями.

Другой пример я беру из относительно новых экспериментальных исследований организации речевых движений.

Когда человек говорит, то он получает сигналы обратной связи о работе своего артикуляционного аппарата в двух формах: в форме тех же проприоцептивных сигналов (мы имеем чувствительные «датчики» в мышцах гортани языка, всей ротовой полости) и в форме слуховых сигналов.

Вообще сигналы обратной связи от движений часто запараллелены, т.е. они поступают одновременно по нескольким каналам. Например, когда человек идет, то ощущает свои шаги с помощью мышечного чувства и одновременно может их видеть и слышать. Так же и в обсуждаемом случае: воспринимая проприоцептивные сигналы от своих речевых движений, человек одновременно отчетливо слышит звуки своей речи. Я сейчас докажу, что и те и другие сигналы используются для организации речевых движений.

Современная лабораторная техника позволяет поставить человека в совершенно необычные условия. Испытуемому предлагают произносить какой-нибудь текст, например знакомое стихотворение. Этот текст через микрофон подают ему в наушники, но с некоторым запаздыванием; таким образом, испытуемый слышит то, что он говорил несколько секунд назад, а то, что говорит в данный момент, он не слышит. Оказывается, что в этих условиях речь субъекта полностью расстраивается; он оказывается неспособным вообще что-либо говорить!

В чем здесь дело? Нельзя сказать, что в описанных опытах испытуемый лишен сигналов обратной связи: оба чувствительных канала — мышечный и слуховой — функционируют. Дело все в том, что по ним поступает *несогласованная, противоречивая* информация. Так что на основании одной информации следовало бы производить одно речевое движение, а на основании другой — другое движение. В результате испытуемый не может произвести никакого движения.

Замечу, что описанный прием «сшибки» сигналов обратной связи используют для выявления лиц, симулирующих глухоту: если человек действительно не слышит, то задержка сигналов обратной связи по слуховому каналу не вызывает у него никакого расстройства речи; если же он только притворяется неслышащим, то этот прием действует безотказно.

Перейдем к следующему важному пункту теории Н.А. Бернштейна — к **схеме рефлекторного кольца**. Эта схема непосредственно вытекает из принципа сенсорных коррекций и служит его дальнейшим развитием.

Рассмотрим сначала упрощенный вариант этой схемы (рис. 6, а).

Имеется моторный центр (М), из которого поступают эффекторные команды в мышцу. Изобразим ее блоком

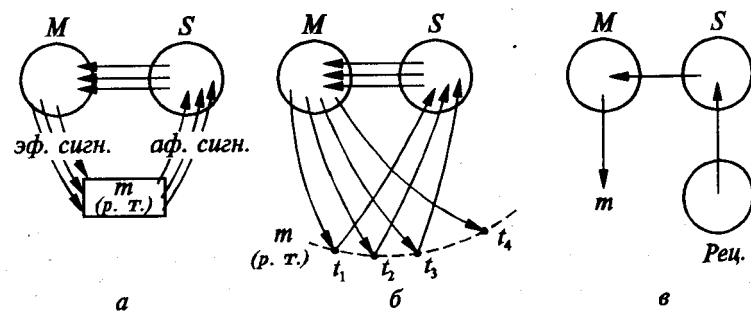


Рис. 6. Различные принципы управления движениями: а - принцип сенсорных коррекций (по Н. А. Бернштейну), б - то же, временная развертка, в — принцип рефлекторной дуги. Обозначения и сокращения: М - моторный центр, S - сенсорный центр, m (р. т.) - мышца, рабочая точка, аф. сигн.— сигналы обратной связи от движения, эф. сигн.— эффекторные команды, рец.— рецептор внешнего стимула

внизу, имея в виду также рабочую точку движущегося органа (*m*). От рабочей точки идут сигналы обратной связи в сенсорный центр (S); это чувствительные, или афферентные, сигналы. В ЦНС происходит переработка поступившей информации, т. е. перешифровка ее на моторные сигналы коррекции. Эти сигналы снова поступают в мышцу. Получается кольцевой процесс управления.

Данная схема станет более понятной, если ввести временную развертку процесса (рис. 6, б). Предположим, что только что сказанное относится к моменту $t1$; новые эффекторные сигналы приводят к перемещению рабочей точки по заданной траектории (момент $t2$), и т. д.

Как классическая схема рефлекторной дуги соотносится с таким «кольцом»? Можно сказать, что она представляет собой частный, притом «вырожденный», случай кольца: по схеме дуги совершаются жестко запрограммированные, элементарные кратковременные акты, которые не нуждаются в коррекциях. Я уже упоминала о них: это движения типа коленного рефлекса, мигания и т. п. Обратная афферентация в них теряет свое значение, и определяющую роль приобретает внешний пусковой сигнал (рис. 6, в). Для большинства же движений необходимо функционирование кольца.

Теперь обратимся к более позднему варианту схемы «кольца» Н. А. Бернштейна; она более детализована и поэтому позволяет гораздо полнее представить процесс управления двигательными актами (рис. 7).

Имеются моторные «выходы» (эффектор), сенсорные «входы» (рецептор), рабочая точка или объект (если речь идет о предметном действии) и блок перешифровок. Новыми являются несколько центральных блоков — программа, задающий прибор и прибор сличения.

Кольцо функционирует следующим образом. В программе записаны последовательные этапы сложного движения. В каждый данный момент обрабатывается какой-то ее частный этап, или элемент, и соответствующая Частная программа спускается в задающий прибор.

Из задающего прибора сигналы поступают на прибор сличения. Н.А. Бернштейн обозначает их двумя латинскими буквами SW (от нем. Soll Wert, что означает «то, что должно быть»). На тот же блок от рецептора приходят сигналы обратной связи, сообщающие о состоянии

рабочей точки; они обозначены IW (от нем. Ist Wert что означает «то, что есть»). В приборе сличения эти сигналы сравниваются, и на выходе из него получаются AW , т. е. сигналы рассогласования между требуемым и фактическим положением вещей. Они попадают на блок перешифровки, откуда выходят сигналы коррекции, через промежуточные центральные инстанции (*регулятор*) они попадают на *эффектор*.

Разберем функционирование кольца управления на примере какого-нибудь реального движения.

Предположим, гимнаст работает на кольцах. Вся комбинация целиком содержится в его двигательной про-

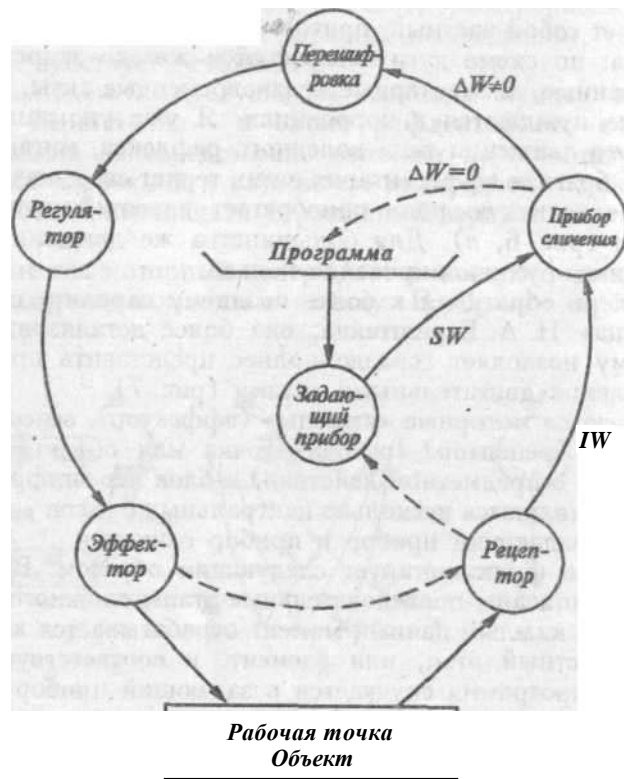


Рис. 7. Схема рефлекторного кольца Н. А. Бернштейна

грамме. В соответствии с программой ему нужно в какой-то момент сделать стойку на руках (кстати, труднейший элемент!).

Из программы спускается в задающий прибор соответствующий приказ, и в нем формируются сигналы SW , которые идут на прибор сличения. Эти сигналы будут сличаться с афферентными сигналами (IW). Значит, сами они должны иметь сенсорно-перцептивную природу, т.е. представлять собой образ движения. Такой образ обеспечивается прежде всего сигналами проприоцептивной и зрительной модальностей; это «картина» стойки и с точки зрения ее общего вида, и с точки зрения ее двигательного-технического состава — положения частей тела, центра тяжести, распределения тонуса различных мышц и т.п.

Итак, в прибор сличения поступают и образ движения, и информация от всех рецепторов о реализованном движении.

Предположим, что, выходя на стойку, спортсмен сделал слишком сильный мах и его начало клонить назад, — возникает опасность опрокинуться. Что тогда происходит? С прибора сличения поступили на блок перешифровки сигналы об излишней тяге назад. Эти сигналы (AW) сообщают, что не все в порядке, что нужно послать сигналы коррекции, выправляющие это положение. Такие сигналы поступают, поправка происходит. В следующем цикле кольца снова отличаются сигналы SW и IW . Может оказаться, что $AW=0$; это идеальный случай. Он означает, что данный элемент выполнен и можно перейти к реализации следующего пункта программы*.

На схеме Бернштейна можно видеть одну интересную стрелку, которая идет от рецептора на задающий прибор. Она означает следующее: по ходу движения случаются такие ситуации, когда экономичнее не давать коррекции к текущему движению, а просто перестроить его, пустить по другому руслу, т. е. изменить его частную программу. И тогда соответствующее решение принимается в микроинтервалы времени, и в этом обнаруживается двигательная находчивость организма. Таким образом, может

*Для пояснения этого момента удобно дополнить схему Н. А. Бернштейна соответствующей стрелкой ($AW = 0$ на рис. 7).

иметь место не только спокойный «спуск» частных программ в задающее устройство, но и экстренная их перестройка.

Я думаю, что подобные примеры вы легко найдете сами. Такое случается в условиях борьбы хищника и жертвы, встречи боксеров, в спортивных играх и т. п., где ситуация постоянно меняется.

Итак, были разобраны принцип сенсорных коррекций и вытекающая из этого принципа схема управления по рефлекторному кольцу.

Перейду к следующему крупному вкладу Н. А. Бернштейна — к **теории уровней построения движений**.

К этой теории можно перекинуть логический «мост» от рефлекторного кольца, если обратить специальное внимание на качество афферентных сигналов, поступающих от движения.

Специально исследуя этот вопрос на очень обширном материале с привлечением данных фило- и онтогенезе, патологии и экспериментальных исследований, Н. А. Бернштейн обнаружил следующее. В зависимости от того, какую информацию несут сигналы обратной связи: сообщают ли они о степени напряжения мышц, об относительном положении частей тела, о скорости или ускорении движения рабочей точки, о ее пространственном положении, о предметном результате движения, афферентные сигналы приходят в разные чувствительные центры головного мозга и соответственно переключаются на моторные пути на *разных уровнях*. Причем под уровнями следует понимать буквально морфологические «слои» в ЦНС. Так были выделены уровни спинного и продолговатого мозга, уровень подкорковых центров, уровни коры. Но я не буду сейчас вдаваться в анатомические подробности, поскольку они требуют специальных знаний. Остановлюсь лишь на краткой характеристике каждого из уровней, выделенных Н. А. Бернштейном, и проиллюстрирую их на примерах.

Надо сказать, что каждый уровень имеет специфические, свойственные только ему моторные проявления, каждому уровню соответствует свой класс движений.

Уровень А — самый низкий и филогенетически самый древний. У человека он не имеет самостоятельного значения, зато заведует очень важным аспектом любого

движения — тонусом мышц. Он участвует в организации любого движения совместно с другими уровнями.

Правда, есть немногочисленные движения, которые регулируются уровнем А самостоятельно: это непроизвольная дрожь, стук зубами от холода и страха, быстрые вибраторы (7 — 8 гц) в фортепианной игре, дрожания пальца скрипача, удержание позы в полетной фазе прыжка и др.

На этот уровень поступают сигналы от мышечных проприорецепторов, которые сообщают о степени напряжения мышц, а также от органов равновесия.

Уровень В, Бернштейн называет его *уровнем синергии*. На этом уровне перерабатываются в основном сигналы от мышечно-суставных рецепторов, которые сообщают о взаимном положении и движении частей тела. Этот уровень, таким образом, оторван от внешнего пространства, до зато очень хорошо «осведомлен» о том, что делается «в пространстве тела».

Уровень В принимает большое участие в организации движений более высоких уровней, и там он берет на себя задачу внутренней координации сложных двигательных ансамблей. К собственным движениям этого уровня относятся такие, которые не требуют учета внешнего пространства: вольная гимнастика; потягивания, мимика и др.

Уровень С. Бернштейн называет его уровнем *пространственного поля*. На него поступают сигналы от зрения, слуха, осязания, т. е. вся информация о внешнем пространстве. Поэтому на нем строятся движения, приспособленные к пространственным свойствам объектов — к их форме, положению, длине, весу и пр. Среди них все переместительные движения: ходьба, лазанье, бег, прыжки, различные акробатические движения; упражнения на гимнастических снарядах; движения рук пианиста или машинистки; баллистические движения — метание гранаты, броски мяча, игра в теннис и городки; движения прицеливания — игра на бильярде, наводка подзорной трубы, стрельба из винтовки; броски вратаря на мяч и др.

Уровень D назван уровнем *предметных действий*. Это корковый уровень, который заведует организацией Действий с предметами. Он практически монополюно при-

надлежит человеку. К нему относятся все орудийные действия, манипуляции с предметами и др. Примерами могут служить движения жонглера, фехтовальщика; все бытовые движения: шнуровка ботинок, завязывание галстука, чистка картошки; работа гравера, хирурга, часовщика; управление автомобилем и т. п.

Характерная особенность движений этого уровня состоит в том, что они сообразуются с логикой предмета. Это уже не столько движения, сколько *действия*; в них совсем не фиксирован двигательный состав, или «узор», движения, а задан лишь конечный предметный результат. Для этого уровня безразличен способ выполнения действия, набор двигательных операций. Так, именно средствами данного уровня Н. Паганини мог играть на одной струне, когда у него лопались остальные. Более распространенный бытовой пример — разные способы открывания бутылки: вы можете прибегнуть к помощи штопора, ножа, выбить пробку ударом по дну, протолкнуть ее внутрь и т. п. Во всех случаях конкретные движения будут разные, но конечный результат действия — одинаковый. И в этом смысле к работе уровня *D* очень подходит поговорка: «Не мытьем, так катаньем».

Наконец, последний, самый высокий — *уровень E*. Это уровень интеллектуальных двигательных актов, в первую очередь речевых движений, движений письма, а также движения символической, или кодированной, речи — жестов глухонемых, азбуки Морзе и др. Движения этого уровня определяются не предметным, а отвлеченным, вербальным смыслом.

Теперь сделаю два важных замечания относительно функционирования уровней.

Первое: в организации сложных движений участвуют, как правило, сразу несколько уровней — тот, на котором строится данное движение (он называется ведущим), и все нижележащие уровни.

К примеру, письмо — это сложное движение, в котором участвуют все пять уровней. Проследим их, двигаясь снизу вверх.

Уровень *A* обеспечивает прежде всего тонус руки и пальцев.

Уровень *B* придает движениям письма плавную округлость, обеспечивая скоропись. Если переложить пи-

шущую ручку в левую руку, то округлость и плавность движений исчезает: дело в том, что уровень *B* отличается фиксацией «штампов», которые выработались в результате тренировок и которые не переносятся на другие двигательные органы (интересно, что при потере плавности индивидуальные особенности почерка сохраняются и в левой руке, потому что они зависят от других, более высоких уровней). Так что этим способом можно вычленивать вклад уровня *B*.

Далее, уровень *C* организует воспроизведение геометрической формы букв, ровное расположение строк на бумаге.

Уровень *D* обеспечивает правильное владение ручкой, наконец, уровень *E* — смысловую сторону письма.

Развивая это положение о совместном функционировании уровней, Н. А. Бернштейн приходит к следующему важному правилу: *в сознании человека представлены только те компоненты движения, которые строятся на ведущем уровне*; работа нижележащих, или «фоновых», уровней, как правило, не осознается.

Когда субъект излагает на бумаге свои мысли, то он осознает смысл письма: ведущим уровнем, на котором строятся его графические движения, в этом случае является уровень *E*. Что касается особенностей почерка, формы отдельных букв, прямолинейности строк и т.п., то все это в его сознании практически не присутствует. *Второе замечание: формально одно и то же движение может строиться на разных ведущих уровнях.*

Проиллюстрирую это следующим примером, заимствуя его у Н. А. Бернштейна. Возьмем круговое движение руки; оно может быть получено на уровне *A*: например, при фортепианном вибрато кисть руки и суставы пальцев описывают маленькие круговые траектории. Круговое движение можно построить и на уровне *B*, например включив его в качестве элемента в вольную гимнастику. На уровне *C* будет строиться круговое движение при обведении контура заданного круга. На уровне предметного действия *D* круговое движение может возникнуть при завязывании узла. Наконец, на уровне *E* такое же движение организуется, например, при изображении лектором окружности на доске. Лектор не заботится, как заботился бы учитель рисования, о том, чтобы окруж-

ность была метрически правильной, для него достаточно воспроизведения смысловой схемы.

А теперь возникает вопрос: чем же определяется факт построения движения на том или другом уровне? Ответом будет очень важный вывод Н.А.Бернштейна, который дан выше: ведущий уровень построения движения определяется *смыслом*, или *задачей*, *движения*.

Яркая иллюстрация этого положения содержится в исследовании А. Н. Леонтьева и А. В. Запорожца [59]. Работая в годы Великой Отечественной войны над восстановлением движений руки раненых бойцов, авторы обнаружили следующий замечательный факт.

После периода лечебных упражнений с раненым проводилась проба для выяснения того, насколько функция руки восстановилась. Для этого ему давалась задача «поднять руку как можно выше». Выполняя ее, он поднимал руку только до определенного предела — диапазон движений был сильно ограничен. Но задача менялась: больного просили «поднять руку до указанной отметки на стене» и оказывалось, что он в состоянии поднять руку на 10—15 см выше. Наконец, снова менялась задача: предлагалось «снять шляпу с крючка» — и рука поднималась еще выше!

В чем здесь дело? Дело в том, что во всех перечисленных случаях движение строилось на разных уровнях: первое движение («как можно выше») — в координатах тела, т. е. на уровне *B*; второе («до этой отметки») — на уровне *C*, т. е. в координатах внешнего пространства; наконец, третье («снимите шляпу») — на уровне *D*. Проявлялась смена уровней в том, что движение приобретало новые характеристики, в частности осуществлялось со все большей амплитудой.

Аналогичные факты известны теперь в большом количестве. Приведу еще один пример из наших собственных исследований, относящихся к движениям глаз [29].

Человеческие глаза, как известно, очень подвижны, и их движения очень разнообразны. Среди этих движений есть и такие, которые субъект не замечает; их нельзя заметить также, глядя в глаза другого человека со стороны; это — *непроизвольные микродвижения глаз*. Они происходят и тогда, когда человек, как ему кажется, неподвижно смотрит на точку, т. е. фиксирует ее взгля-

дом. Для выявления этих движений приходится прибегать к очень тонким и точным методам регистрации.

С помощью таких методов давно было обнаружено, что при фиксации точки глаза совершают движения трех разных типов: тремор с очень большой частотой, дрейфы и скачки, которые обычно возвращают глаз, сместившийся в результате дрейфа, на фиксируемую точку. Каждый из этих типов движений имеет свои параметры: частоту, амплитуду, скорость и др.

Факт, который удалось установить нам, состоит в том, что при изменении задачи существенно меняются все параметры перечисленных движений глаз. Например, в одном случае испытуемому предлагалось «просто смотреть» на световую точку, в другом — «обнаруживать моменты, когда будет меняться ее цвет».

Заметьте, задача менялась, казалось бы, очень незначительно: во втором случае, как и в первом, испытуемый должен был фиксировать точку, чтобы не пропустить смену цвета. И тем не менее изменение цели (смысла) фиксации приводило к изменениям фиксационных движений: другим становился частотный спектр тремора, скорость дрейфов уменьшалась, скачки происходили реже и с меньшей амплитудой.

Подобные факты, как и общий вывод из них, замечательны тем, что показывают решающее влияние такой психологической категории, как *задача*, или *цель*, движения на организацию и протекание физиологических процессов.

Этот результат явился крупным научным вкладом Н. А. Бернштейна в физиологию движений.

ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО НАВЫКА.
 ПРИНЦИП АКТИВНОСТИ И ЕГО
 РАЗВИТИЕ Н.А.БЕРНШТЕЙНОМ:
 КОНКРЕТНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ, ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЙ И ФИЛОСОФСКИЙ АСПЕКТЫ

Переходим к следующей важной теме, совершенно новому раскрытой Н. А. Бернштейном, — **механизм формирования навыка**. Эта проблема очень важна для психологии, так как формирование навыков составляет, как вы уже знаете, основу всякого обучения.

Процесс формирования навыка описан у Бернштейна очень подробно. Он выделил много частных фаз — порядка семи, которые объединяются в более общие периоды. Для первого знакомства достаточно будет разобрать эти периоды.

В первый период происходит *первоначальное знакомство с движением и первоначальное овладение им*. С чего начинается обучение движению, т. е. каковы «горячие точки» формирования навыка на первых порах?

Все начинается, конечно, с выявления его *двигательного состава*, т. е. того, что и как надо делать: какие элементы движения, в какой последовательности, в каких сочетаниях надо производить. Например, когда рука толкает ядро, то что в это время делает корпус?

Как происходит знакомство с двигательным составом действия? Конечно, путем рассказа, показа, разъяснения, наблюдения. В этот период идет ознакомление с тем, как движение выглядит *снаружи*. Часто, если его показывает опытный мастер, создается иллюзия необыкновенной простоты и легкости выполнения. Однако, как правило, новичка ждет разочарование: движение совершенно не получается.

Часто в такую «ловушку» видимой легкости движения попадают дети. Вам, наверное, приходилось наблюдать их наивные, неловкие попытки воспроизвести только что увиденный танец, спортивное движение или какое-нибудь орудийное действие.

В чем же причина подобных неудач? Причина в том, что, как только движение начинается, на субъекта обрушивается поток совершенно непривычных сенсорных сигналов о нем. Этот поток идет от всех частей тела, со всех рецепторных поверхностей, и человек не может в них разобраться. Таким образом, следующая фаза первого периода (она наиболее трудоемкая) уходит на бесконечные повторения с целью прояснения *внутренней картины движения*. Одновременно человек учится *перешифровывать* афферентные сигналы в эффекторные команды. Накопление «словаря перешифровок» — одно из самых важных событий этого периода. Большое количество повторений здесь необходимо потому, что перешифровки должны быть найдены в ответ на любые отклонения, на любые варианты движений. Как пишет Бернштейн, организм на этой фазе должен «наощущаться до сыта», и каждая шишка или синяк — это болевой след от процесса накопления перешифровок.

Итак, если воспользоваться схемой рефлекторного кольца, то можно указать наиболее «горячие точки» первого периода. Ими будут события, происходящие в блоках: «программа», «задающий прибор» и «перешифровки», т. е. соответственно, прояснение внешнего двигательного состава, внутренней картины движения и отработка правильных коррекций.

Последнее чрезвычайно важное событие, которым кончается этот период, состоит из первоначальной росписи коррекций по нижележащим уровням. В этом процессе надо специально разобраться.

Напомню, что, обсуждая в лекции «Неосознаваемые процессы» формирование навыка, я подчеркивала, что первоначальная отработка всех элементов, составляющих навык, происходит на уровне сознания. Очень часто она строится на уровне *D*, поскольку этот уровень наиболее доступен осознанию.

Интересно, что к помощи уровня *D* интуитивно прибегают педагоги и тренеры при первоначальной отработке Движений, которые относятся к нижележащим уровням. Приведу два примера.

При обучении прыжкам на батуте очень важно с самого начала выработать правильную вертикальную стойку. Важная особенность этой стойки — максимальная вертикальная «растяжка» тела при взлете

вверх с одновременным его раскрепощением. Последнее дается новичкам с трудом: они, как правило, «зажимают» корпус, напрягают плечи, наклоняют голову и т. п. Мне приходилось наблюдать, как опытный тренер подключал к отработке этого движения, по своему смыслу принадлежащего уровню В или даже А, уровень D через инструкцию: «Представьте себе, что из вашего затылка торчит шест и вы каждый раз, когда подлетаете вверх, стремитесь коснуться его концом потолка». Очевидно, что тем самым внимание ученика отвлеклось от позы тела на «предметную логику» положения и движения «шеста». Оказывалось, что, действуя в этой логике, обучающийся значительно легче достигал требуемой позы.

Другой пример относится к технике поворота на горных лыжах.

Одним из моментов, способствующих сохранению и даже увеличению скорости во время поворота, является довольно тонкое движение дополнительного «выталкивания» ступней ног вперед по ходу «выписывания» лыжами дуги. Уловить это движение помогает совет представить себя на качелях: раскачивание качелей достигается очень сходными движениями ног.

Подобные предметные образы помогают найти правильный внешний рисунок движения и отработать необходимые коррекции на уровне D. Однако по мере повторения начинают проясняться и осваиваться сигналы обратной связи на нижележащих уровнях. Как правило, они дают более тонкие и точные сведения о различных сторонах движения, недоступные ведению уровня D. Вас уже известно, что уровень A хорошо «осведомлен» о тонусе и равновесии тела, уровень B — о положении частей тела и т. д.

Попробуем на схеме кольца изобразить этот процесс подключения нижележащих уровней.

К сожалению, Н. А. Бернштейн только вербально соединил основные части своей концепции — схему кольца управления и теорию уровней, указав, что совместно работающие уровни можно представить себе как иерархическую систему колец. Он, однако, не оставил соответствующей схемы.

Попробуем гипотетически восполнить этот пробел на свой страх и риск. На рис. 8 изображены два кольца: верхнее принадлежит ведущему уровню, а нижнее — одному из фоновых уровней. На самом деле система колец должна быть более сложной: содержать не два, а несколько этажей и в каждом уровне — не одно, а много колец.

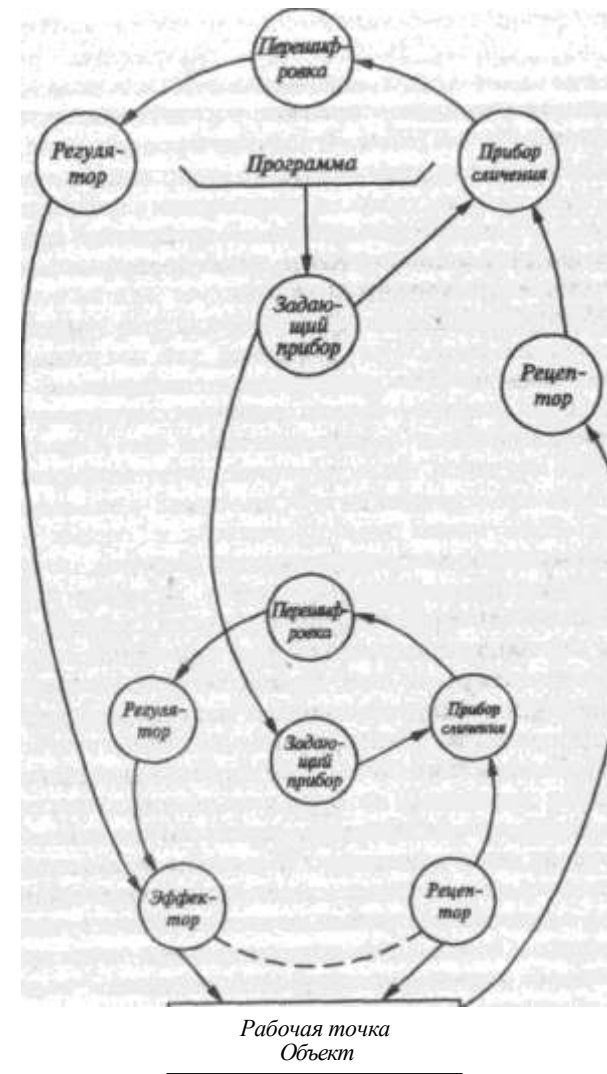


Рис. 8. Схема соподчинения колец ведущего и фоновых уровней

Однако рассмотрим только два соподчиненных кольца, как представляющих отношения ведущего и любого из нижележащих уровней.

Кольцу ведущего уровня принадлежит общая программа движения, все остальные блоки дублируются в кольце фонового уровня. В частности, у него свой «рецептор», через который поступают сигналы об аспектах движения, адекватных данному уровню, и часто сигналы другой модальности, чем сигналы ведущего уровня. Эффектор же у обоих колец общий — это, условно говоря, мышца, на которую сходятся сигналы управления с разных уровней.

Теперь рассмотрим какой-нибудь простой пример процесса формирования навыка, в котором явно видно подключение нижележащего уровня.

Обычно вы входите в свою комнату и включаете свет, не глядя на руку. Это движение для вас слишком привычно, и вы о нем специально не заботитесь.

Однако раньше, только осваивая это движение, вы, конечно, зрительно контролировали его. Оно строилось у вас на уровне С как движение, учитывающее метрику внешнего пространства и нуждающееся в зрительном контроле. Если ваша рука двигалась не совсем точно по направлению к выключателю, зрительные сигналы о ее отклонении перешифровывались в сигналы коррекции.

Однако одновременно вы получали сигналы обратной связи от мышечных рецепторов проприоцептивной модальности. Вначале они не несли функциональной нагрузки. Однако постепенно, по мере повторения движения, происходило формирование мышечного чувства правильного движения. Это было прояснение «внутренней картины» движения, которое уже обсуждалось выше. На схеме оно означает формирование *SW* нижнего кольца, которое должно отвечать *SW* кольца ведущего уровня. Теперь в нижнем кольце может начать функционировать прибор сличения и обрабатываться соответствующие перешифровки. Однако для этого в течение некоторого времени необходима полная задействованность ведущего уровня: он продолжает выполнять роль лесов для строящегося здания. В нашем примере это соответствует фазе, когда вы более уверенно и более точно протягиваете к выключателю руку, но все-таки вынуждены еще на нее поглядывать.

Итак, события, которые завершают первый период, а именно прощупывание и роспись коррекций по фоновым уровням, на схеме изображаются подключением контуров управления нижележащих уровней.

Этот процесс непосредственно подходит ко *второму периоду — автоматизации движения*.

В течение этого периода происходит полная передача отдельных компонентов движения или всего движения целиком в ведение фоновых уровней. В результате ведущий уровень частично или полностью освобождается от заботы об этом движении.

Как образно пишет Н. А. Бернштейн, на этом этапе окрепшие фоновые уровни «отталкивают от себя руку ведущего уровня», как ребенок, научившийся плавать, отталкивает руку взрослого, до тех пор поддерживавшую его.

В этот же второй период происходят еще два важных процесса: во-первых, *увязка деятельности всех низовых уровней*, ведь, как уже говорилось, должна отладиться сложная иерархическая система многих колец; во-вторых, *«рекрутирование» готовых двигательных блоков*.

Дело в том, что низовые уровни всякого организма, имеющего за плечами большую двигательную историю, не пусты и не немые. В них уже существуют функциональные системы (блоки), которые выработались по другим поводам. Если при освоении нового движения организм обнаруживает необходимость в определенного типа перешифровках, то он иногда ищет их в буквальном смысле, ищет и находит их в своем готовом словаре. Этот словарь Н. А. Бернштейн называет «фонотекой», причем первую половину слова он предлагает понимать не как латинский корень, означающий «звук», а буквально как «фон». Каждый организм имеет свою «фонотеку», т. е. набор фонов, и от его объема зависят его двигательные возможности и даже способности.

Показательно, что рекрутируемый блок может быть извлечен из движения, которое совершенно не похоже на то движение, которое осваивается. Например, при обучении езде на двухколесном велосипеде, как показывает анализ, очень полезен оказывается навык бега на коньках, потому что в обоих типах движений имеются внутренние одинаковые элементы. Это перешифровки,

обеспечивающие поддержание равновесия в условиях очень узкой опоры.

Именно рекрутированием готовых блоков объясняются те качественные скачки и «ага-реакции», которые иногда наблюдаются при овладении новым движением.

Наконец, последнее замечание, очень важное для характеристики этого периода. Вы уже знаете, что по мере автоматизации движения, последнее уходит из-под контроля сознания. Так вот субъект может и должен помочь этому процессу «ухода» из сознания. Если в течение первого периода субъекту нужно максимально включиться в движение — вдумываться и вчувствоваться в него, пристально следить за каждым его элементом и т. п., то теперь следует делать прямо противоположное: перестать обращать внимание на движение. Используя метафору Н. А. Бернштейна, скажем так: необходимо помочь ребенку, который уже почти научился плавать, оттолкнуть руку взрослого.

С этой целью тренеры и педагоги используют целый ряд приемов. Например, предлагают ускорить темп движения или непрерывно повторять его много раз подряд. Но самый эффективный прием состоит в том, чтобы включить данное движение в более сложную двигательную задачу, т. е. сделать так, чтобы оно выступило уже не как самоцель, а как средство решения более общей задачи.

Наконец, в последний, третий, период происходит *окончательная шлифовка* навыка за счет *стабилизации и стандартизации*.

Что такое стабилизация? Это более или менее понятно: навык обретает такую прочность, что не разрушается ни при каких обстоятельствах. Если в период первоначальной автоматизации движение могло выполняться чисто **только** находясь «под стеклянным колпаком», т. е. в стандартных условиях, то в этот период оно приобретает высокую помехоустойчивость. Например, футболист может играть при дожде на скользкой траве, теннисист — при ветре, слаломист может проходить трассу по ледяному склону или по буграм и т. п.

За счет чего приобретается такая помехоустойчивость? За счет того, что к этому моменту организм уже опробовал массу отклонений, которые вызывались внешними и внут-

ренными помехами. Все ни были отработаны, и теперь на каждый возможный случай у него имеется запас ответствующих коррекций.

Что касается стандартизации, то под ней имеется в виду приобретение навыков стереотипности. В этот период при многократном повторении движения получается серия абсолютно одинаковых копий, напоминающих, по образному выражению Н. А. Бернштейна, «гвардейцев в строю». Обеспечивает эту стереотипность помимо автоматизации еще один механизм, который тоже очень талантливо описал Бернштейн.

Он относится, в основном, к движениям темповым, высоко амплитудным, во время которых развиваются выработанные реактивные и инерционные силы.

Когда движение осуществляется с большой скоростью и большой амплитудой, то названные силы начинают существенно на него влиять. Влияние это может быть двояким: силы могут либо мешать движению, разрушать его, либо рационально использоваться и помогать ему. Так вот стереотипность навыков появляется благодаря тому, что организм научается эффективно использовать реактивные и инерционные силы. Достигается это за счет нахождения *динамически устойчивой траектории*. Динамически устойчивая траектория — это особая, уникальная линия, при движении по которой развиваются механические силы, способствующие продолжению движения в выбранном направлении. Благодаря им движение и приобретает легкость, непринужденность и стереотипность.

На этом мы заканчиваем обсуждение процесса формирования навыка.

В заключение я хочу остановиться на разработке Н. А. Бернштейном **принципа активности**. Все основные положения его концепции, как вы уже могли понять, взаимосвязаны. То же относится и к принципу активности: он является, по существу, обобщением и развитием основных представлений о механизмах организации движений. Соответственно к обобщенной формулировке этого принципа Н. А. Бернштейн пришел в последний период своей жизни.

Вы уже знаете, что суть *принципа активности* состоит в *постулировании определяющей роли внутренней про-*

граммы в актах жизнедеятельности организма. Принцип активности противопоставляется *принципу реактивности*, согласно которому тот или иной акт — движение, действие — определяется внешним стимулом.

Надо сказать, что принцип реактивности владел умами естествоиспытателей и философов материалистического направления в течение не одного века. Он был прочно связан с идеей детерминизма и имел прогрессивное значение. Он интенсивно разрабатывался в физиологии XIX и начала XX в., а также в психологии в эпоху бихевиоризма; следы его сохраняются и до сих пор.

Что касается принципа активности, то для материалистического естествознания он явился достаточно новым.

Рассмотрим, следуя за развитием идей Н. А. Бернштейна, несколько аспектов принципа активности: конкретно-физиологический, общебиологический и философский.

В *конкретно-физиологическом* плане принцип активности неразрывно связан с открытием принципа кольцевого управления движениями. Как только была осознана необходимость участия сигналов обратной связи в организации движений, прояснилась и решающая роль центральной программы: ведь сигналы обратной связи сливаются с сигналами, которые поступают из программы. Наличие программы — необходимое условие функционирования кольца; без программы и задающего устройства нет смысла в кольце управления, достаточно дуги. Но по механизму дуги, как мы теперь уже знаем, не может совершаться целесообразный акт.

Таким образом, принцип активности в конкретно-физиологическом выражении и механизм кольцевого управления движениями — это прочно связанные между собой теоретические постулаты.

Теперь на том же конкретно-физиологическом уровне обсудим некоторые трудные вопросы, которые ставят перед защитниками принципа активности его критики.

Один из них следующий: «А разве нет реактивных процессов — движений, построенных по типу реакции?»

Например, прозвенел звонок — я вошла в аудиторию; я вошла — вы встали; вы встали — я сказала: «Здравствуйте». Здесь наблюдается уже целая цепь реакций. А поскольку реакции как явления есть, надо корректно описать и их механизмы.

У Н. А. Бернштейна есть ответ на этот вопрос. Он предлагает расположить все движения, которые имеются у животного или человека, в ряд на некоторой воображаемой оси по степени определяемости его внешним стимулом. Тогда на одном конце этого ряда окажутся безусловные рефлексы типа чихательного, мигательного, коленного (они запрограммированы морфологически), а также сформированные при жизни условные рефлексы типа выделения слюны у собаки на звонок. Эти движения, или акты, действительно, запускаются стимулом и определяются его содержанием.

Следующими в этом ряду окажутся движения, которые тоже включаются внешним стимулом, но уже не так жестко связаны с ним по содержанию. Например, когда я вошла, то вы встали не все — здесь уже нет ни безусловно- ни условно-рефлекторного акта. Или, например, получив удар, человек может отреагировать различным образом: тоже ударить в ответ или «подставить другую щеку».

Итак, возможны вариации ответных движений; нет их жесткой запрограммированности, жесткой связанности со стимулом. Это акты, в которых стимул приводит не к движению, не к действию, а скорее к принятию решения о действии. В этих случаях он выполняет роль спускового крючка. Он «включает» одну из возможных альтернативных программ. Такого типа акты занимают промежуточное положение в нашем воображаемом ряду.

И наконец, на другом крайнем полюсе оказываются акты, для которых, как пишет Бернштейн, и инициатива начала и содержание, т. е. программа, задаются изнутри организма. Это так называемые *произвольные* акты.

Таким образом, на вопрос: «Как же быть с реакциями, существуют ли они?» — ответ однозначен: «Да, конечно существуют, но они представляют собой частный, «вырожденный» случай активности». Подобно тому как покой есть вырожденный случай движения — движения с нулевой скоростью, безусловно-рефлекторные реакции — это акты с нулевой степенью активности, и они составляют очень небольшую часть всех актов жизнедеятельности. Многие жизненно важные действия относятся к промежуточному и крайне правому положению на только что описанной оси.

Теперь второй, более тонкий вопрос. Когда функционирует «кольцо», то блок сличения принимает два потока сигналов: от внешней среды и от программы. И эти два потока занимают как бы симметричное положение. Почему нужно отдавать предпочтение программным сигналам и считать, что определяют движение именно они, а не сигналы от внешней среды, которые действуют по реактивному принципу?

Вопрос этот звучит справедливо, если на процесс смотреть с точки зрения статической картины. А вот если обратиться к временной развертке процесса, то положение окажется не таким уж симметричным. Командные сигналы из блока программы *опережают* сигналы обратной связи. Они идут, так сказать, на полкорпуса впереди. Как это можно показать? Воспользуюсь примером из Бернштейна. Я начну диктовать вам хорошо известное стихотворение: «Как ныне собирается вещей...» — и специально задерживаюсь, чтобы вы почувствовали внутреннее звучание следующего слова — «Олег». Когда же вы декламируете текст стихотворения непрерывно, то можете заметить, что его текущая программа идет обычно на 2 — 3 слова впереди. Вы как бы слышите опережающий (планирующий) текст.

Вы можете заметить мне, что наличие опережающей программы — факт достаточно эфемерный: он основан на самонаблюдении, и никаких более осязаемых материальных доказательств его нет. Однако это не совсем так. Например, когда человек читает вслух текст, можно одновременно записать его голос и положение его глаз. И вот оказывается, что существует достаточно заметное рассогласование между тем словом, на которое он сейчас смотрит, и тем словом, которое он произносит. Например, он произносит «вещий Олег», а глаза у него — на словах «неразумным хазарам», а может быть и еще дальше. Это рассогласование называется глазо-голосовым объемом, оно отражает объем материала, который находится между программируемым и обрабатываемым текстом.

Или возьмем другой пример: описки или оговорки-С именем З. Фрейда связан только один их вид — тот, который определяется скрытыми мотивами и намерениями. Но они могут возникать и по другой причине, а именно из-за преждевременного вторжения сигналов про-

граммы. Обычно этому способствуют утомление, волнение или спешка.

Приведу примеры. При подготовке данной лекции, когда я делала письменные заметки, судьба преподнесла мне несколько подобных описок.

Приведу их, снабдив соответствующими исправлениями.

*завкл. в том
верной с точки зр.
иде дело ...
сидя одну*

Рис. 9. Примеры описок по причине «вторжения» сигналов моторной программ

Итак, существуют доказательства (субъективные и объективные) того, что сигналы, исходящие из программы (т.е. «активные») и поступающие из внешней среды (т.е. «реактивные»), функционально несимметричны в том смысле, что первые опережают вторые.

Но несимметричность их имеет еще один, более важный аспект. Как показал Н. А. Бернштейн, «активные» сигналы обеспечивают существенные параметры движения, а «реактивные» — несущественные, технические детали движения.

Эту мысль можно хорошо проиллюстрировать на движениях уровня *D*. Вы уже знаете, что движения уровня *D* очень легко приспособляются к внешним обстоятельствам.

Например, если вам нужно вывернуть шуруп и у вас нет отвертки, а на глаза попадает перочинный нож, то вы пытаетесь воспользоваться лезвием ножа. При этом ваше действие в общих чертах строится так, как если бы вы работали отверткой, но оно прилаживается к свойствам ножа. Двигательное оформление действия, его технические подробности — это несущественные переменные, а его принципиальная структура — существенная переменная. Изменить последнюю нельзя. Например, вы не можете взять клещами шуруп и потянуть его как гвоздь; вы должны сообразоваться с логикой этого предмета, т. е. обязательно его вывинчивать.

Это соображение с логикой предмета и определяется программой, которая задает общий план действия, и только благодаря этому действие оказывается выполнимым в осложненных условиях.

Итак, оба вида сигналов несимметричны и с качественно-функциональной стороны.

Наконец, последний вопрос связан с трудностью преодоления одного старого и прочно укоренившегося заблуждения. Оно состоит во взгляде на стимул как на агент, автоматически действующий на организм.

Когда изображается «дуга» реакции, то на орган чувств направляется стрелка, которая изображает «поступивший» стимул, и этот момент никак специально не обсуждается — вроде бы и так очевидно, что раз стимул есть, значит, он действует.

На самом деле в жизни происходит иначе. Вообще говоря, в случае резкого удара или яркой вспышки стимул и в самом деле действует автоматически, наподобие толчка. Представьте себе: тишина — и вдруг резкий звонок будильника, это стимул-толчок. И вот применительно только к таким случаям можно рисовать стрелку, идущую от стимула на орган чувств. Обычно же бывает совершенно иначе.

Во-первых, обычно субъект или организм погружен в целое море внешних воздействий, которые без конца «бомбардируют» его; во-вторых, *он выбирает стимулы*, а не они его.

В связи с этим расскажу одну историю.

Однажды в частной беседе несколько психологов обсуждали противопоставление принципов активности и реактивности, разгорелась дискуссия. «А все-таки принцип реактивности очень хорош,— сказал один из коллег,— он прозрачен, ясен, правильно описывает события. Вот, например, лежит на столе ручка — я ее беру. Что произошло? Ручка подействовала на мои глаза, последовало мое движение, я ее взял».

Пример действительно прост и ясен, но он может быть обращен как раз против принципа реактивности. И вот каким образом.

Во-первых, спросим себя, почему участник дискуссии взял ручку? Потому, что ему нужно было привести пример реактивного акта. Значит, у него была задача — объяснить преимущества принципа реактивности. В связи с ней он искал подходящий стимул и нашел его. Не ручка его стимулировала, *а он нашел ручку*. Его задача (программа) была на уровне *E*, это была смысловая

задача. Она могла быть решена многими разными способами. То что он проиллюстрировал свою мысль с помощью взятия ручки, означало приспособление к внешней среде второстепенных, технических компонентов действия. Но, еще раз повторю, инициатива этого акта, этого выбора шла изнутри.

И еще следует отметить, что в течение всего предшествующего разговора ручка лежала на столе, но никакой двигательной реакции не вызывала. Она приобрела значение реально действующего стимула только благодаря задаче, которая была только что обсуждена.

Итак, нужно признать, что часто процесс идет от задающего прибора на рецептор (это можно было бы изобразить на схеме кольца соответствующей стрелкой). В результате из внешней среды выбирается стимул, который используется для организации движения. Таким образом, программой определяются не только командные эффекторные команды, но и действующие стимулы.

Вот так выбивается почва из-под реактологического способа мышления. Выясняется, что в наиболее типичных случаях жизнедеятельности программа решает все: не только то, что надо делать, но и то, на что «реагировать».

На этом я заканчиваю обсуждение конкретно-физиологического плана принципа активности и перехожу к *общебиологическому* плану.

Н. А. Бернштейн задает вопрос: нет ли на общебиологическом уровне свидетельств существования принципа активности? И отвечает на него положительно.

Действительно, процессы развития организма из зародышевой клетки могут быть осмыслены как процессы реализации генетической программы. Это в точности отвечает принципу активности. То же происходит с процессами регенерации утраченных органов или тканей.

Что же касается влияния внешней среды, которое, конечно, имеет место в этих процессах, то оно происходит по несущественным параметрам. Например, согласно генетической программе на дубе вырастает лист определенной формы, и под влиянием внешней среды он никогда не превратится в лист березы. Если он вырос в неблагоприятных условиях, то может оказаться мелким или содержать меньше зерен хлорофилла, но во всех случаях останется листом дуба. Таким образом, влияние внешней

среды, т.е. реактивные процессы, имеют место, но они определяют вариацию несущественных признаков.

Другой пример, который относится уже к более высокому уровню жизнедеятельности. Что представляют собой инстинктивные формы поведения животных? Как показали исследования, они есть не что иное, как реализация поведенческих программ, заложенных в организме. Эти программы довольно жестки и в своих существенных чертах не изменяются под влиянием внешней среды.

Вот так, переходя от одного типа программ к другому, мы можем выстроить ряд внутренних программ, качественно отличающихся друг от друга и в то же время имеющих общие черты. Ряд этот начинается с генетического кода и кончается сознательными целями.

Общие черты таких программ следующие: каждая из них является моделью потребного будущего и детерминирует соответствующий процесс жизнедеятельности в его существенных чертах.

Как же с точки зрения принципа активности следует подойти к пониманию процесса жизнедеятельности организма в целом? В частности, правомерно ли утверждение, что жизнедеятельность есть процесс непрерывного приспособления к среде?

На этот вопрос можно ответить отрицательно. Главное, что составляет содержание процесса жизни, — это не приспособление к среде, а реализация внутренних программ. В ходе такой реализации организм неизбежно *преодоле-вает* среду. Приспособление тоже происходит, но это событие, так сказать, второго порядка значимости.

Приведу соответствующие слова Бернштейна, которые можно считать формулировкой принципа активности на общебиологическом уровне: «Процесс жизни есть не «уравновешивание с окружающей средой», как понимали мыслители периода классического механицизма, а преодолевайте этой среды, направленное не на сохранение статуса или гомеостаза, а на движение в направлении родовой программы развития и самообеспечения» [15, с. 313 — 314]. Возникает серьезный вопрос: а не означает ли утверждение принципа активности уступку идеализму и телеологизму?

В самом деле, рефлекторная дуга представляет собой наиболее явную демонстрацию материалистического принципа детерминизма: материальная причина — материальный процесс — материальная реакция. И внедрение схемы рефлекторной дуги означало в свое время крупную победу материалистического мировоззрения в области естествознания, в частности в физиологии высшей нервной деятельности.

Теперь же, в соответствии с принципом активности, утверждается как будто, что нечто идеальное, например сознательная цель, вызывает материальный процесс (например движение) и даже определяет физиологические структуры, которые его обеспечивают. Больше того, цель — это ведь то, что должно еще стать, она принадлежит будущему; как же будущее может определять и направлять ход процесса в настоящем? Думать так — значит впасть в телеологизм.

Н. А. Бернштейн убедительно отвечает на подобную критику. Дело в том, что любая внутренняя программа имеет в своей основе *материальный код*. Даже сознательная цель представлена в виде закодированных особым образом мозговых структур и процессов в них. Эти структуры и процессы — вполне материальные сущности. Поэтому материальные события определяются не идеальным началом и не тем, что появится только в будущем, а материальным началом, которое существует сейчас. Другое дело, что пока неизвестны материальные коды многих программ. Но непознанное не есть непознаваемое. Может быть со временем и сознательные цели человека получают свою материальную расшифровку.

Таким образом, принцип активности не противоречит основным положениям и духу материалистической философии.

В заключение скажу о значении идей Н.А. Бернштейна для психологии. Оно велико и многопланово. Несмотря на общую физиологическую ориентацию, Н. А. Бернштейн внес большой вклад в несколько разделов психологии. Он обогатил представления о функциях ре-цепции, выделив особую функцию — контрольно-коррекционную (функция чувствительных сигналов обратной связи).

Он произвел, конечно, революцию в области психофизиологии движений: сегодня ни одно исследование движений человека невозможно без глубокого знания и учета всего того, что было сделано Бернштейном в этой области. Особенно важна для психологии его идея о решающей роли задачи в организации движений.

Трудно переоценить вклад Н. А. Бернштейна в проблему формирования навыка: он по-новому рассмотрел ее физиологические, психологические и педагогические аспекты.

Теория уровней Н. А. Бернштейна по своему значению выходит за рамки проблемы организации движений. Существуют многочисленные попытки применить положения этой теории к процессам восприятия, внимания, мышления и т.п.

Наконец, благодаря работам Н. А. Бернштейна психология получила доказательства справедливости принципа активности «снизу», т. е. со стороны физиологии.