

Физиология движений и физиология активности

Николай Александрович Бернштейн (1896-1966)



В основе научного творчества Н.А. Бернштейна лежит его новое понимание жизнедеятельности организма, в соответствии с которым он рассматривается не как реактивная система, пассивно приспособливающаяся к условиям среды (именно это следует из условно-рефлекторной теории), а как созданная в процессе эволюции активная, *целеустремленная* система. Иначе говоря, процесс жизни есть не простое «уравновешивание с внешней средой», а активное преодоление этой среды.

До работ Бернштейна в физиологии бытовало мнение (которое излагалось 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 программ) – двигательная реакция.

Первый вывод, к которому пришёл Бернштейн, состоял в том, что так не может совершаться сколько-нибудь сложное движение. Главная причина состоит в том, что результат любого сложного движения зависит не только от собственно управляющих сигналов, но и от целого ряда дополнительных факторов, общее свойство которых: все они вносят отклонения в запланированный ход движения, сами же не поддаются предварительному учёту.

Дополнительные факторы, которые влияют на ход движения.

1. Реактивные силы. Если вы сильно взмахнёте рукой, то в других частях тела разовьются реактивные силы, которые изменяют их положение и тонус.

2. Инерционные силы. Если вы резко поднимите руку, то она взлетает не только за счёт тех моторных импульсов, которые посланы в мышцы, но с какого-то момента движется по инерции. При беге значительная часть движения выносимой вперёд ноги происходит за счёт этих сил.

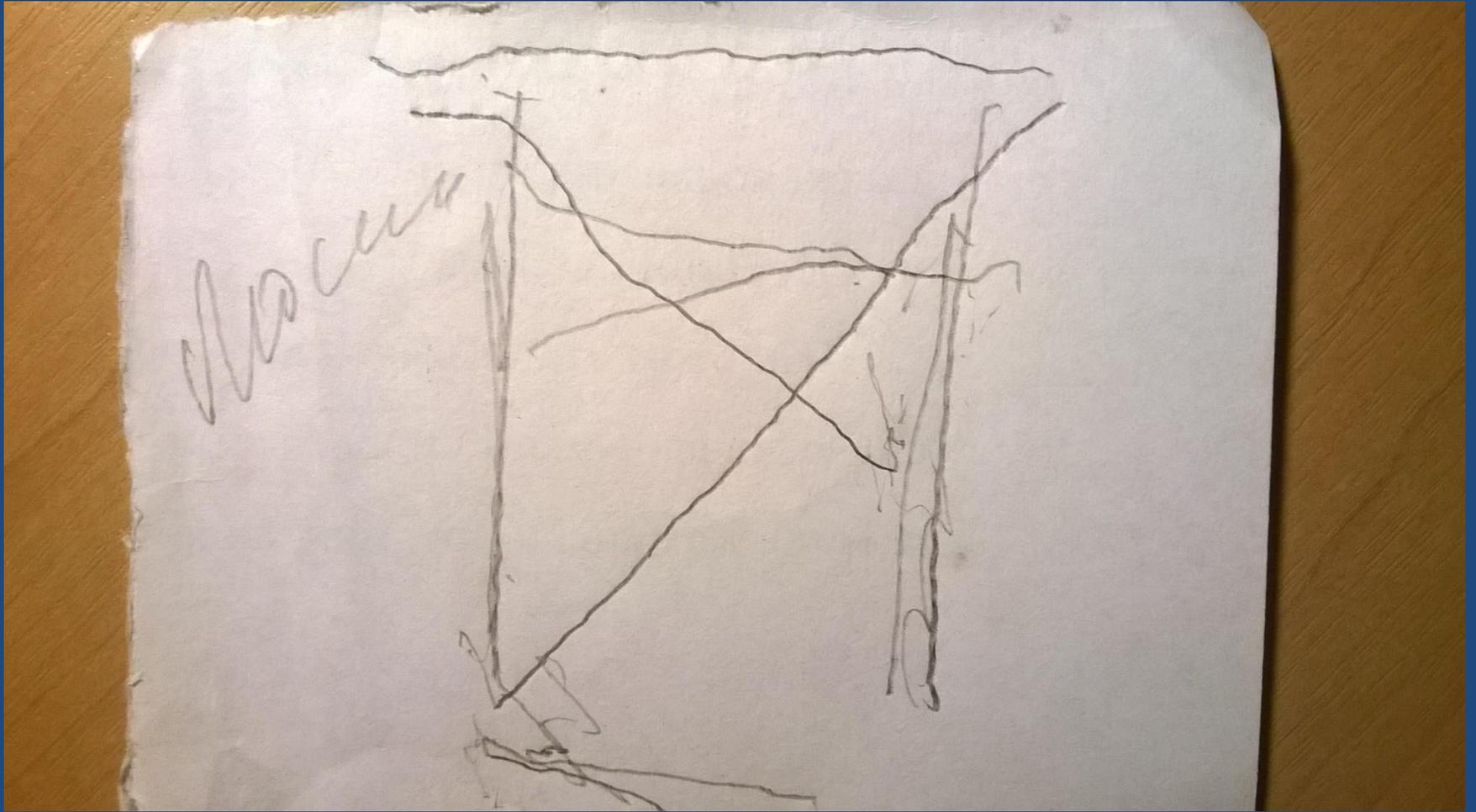
3. Внешние силы. Если движение направлено на объект, то оно обязательно встречается с его сопротивлением, причём это сопротивление далеко не всегда предсказуемо.

4. Исходное состояние мышцы. Состояние мышцы меняется по ходу движения вместе с изменением её 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 учёта информации о состоянии двигательного аппарата и о непосредственном ходе движения. Эта информация получила название *«сигналов обратной связи»*.

Тезис о том, что без учёта информации о движении последнее не может осуществляться, имеет веские фактические подтверждения (1. Сухотка спинного мозга – отсутствие афферентных сигналов от опорно-двигательного аппарата. 2. Случаи несогласованной и противоречивой информации с разных анализаторов).

Искажённая обратная связь



Принципы управления движениями

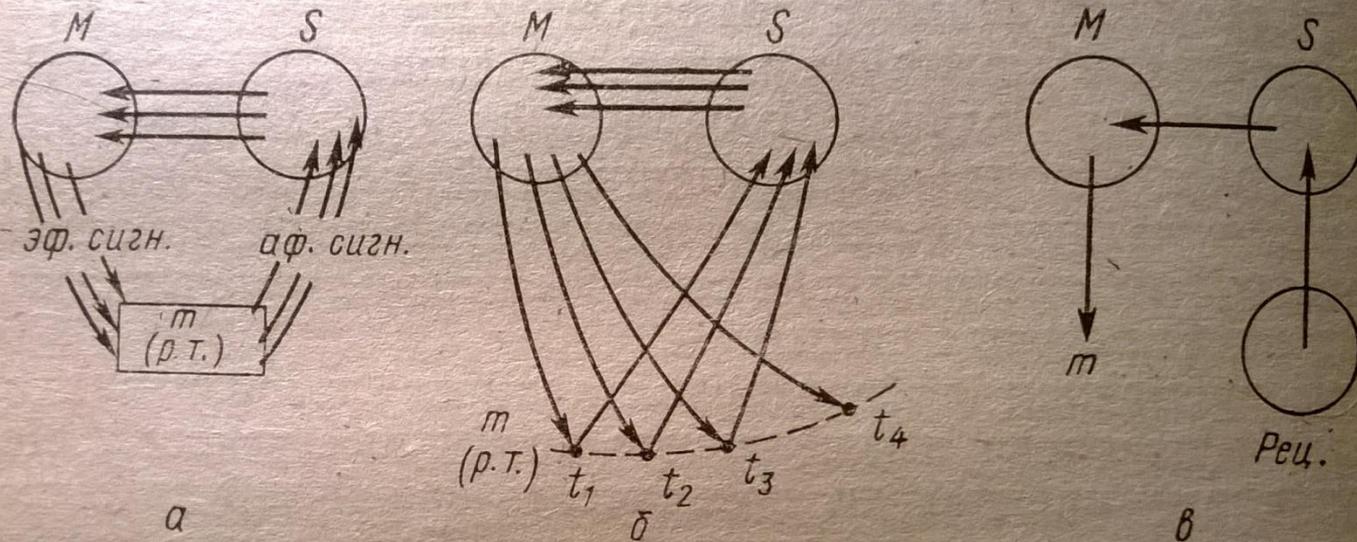
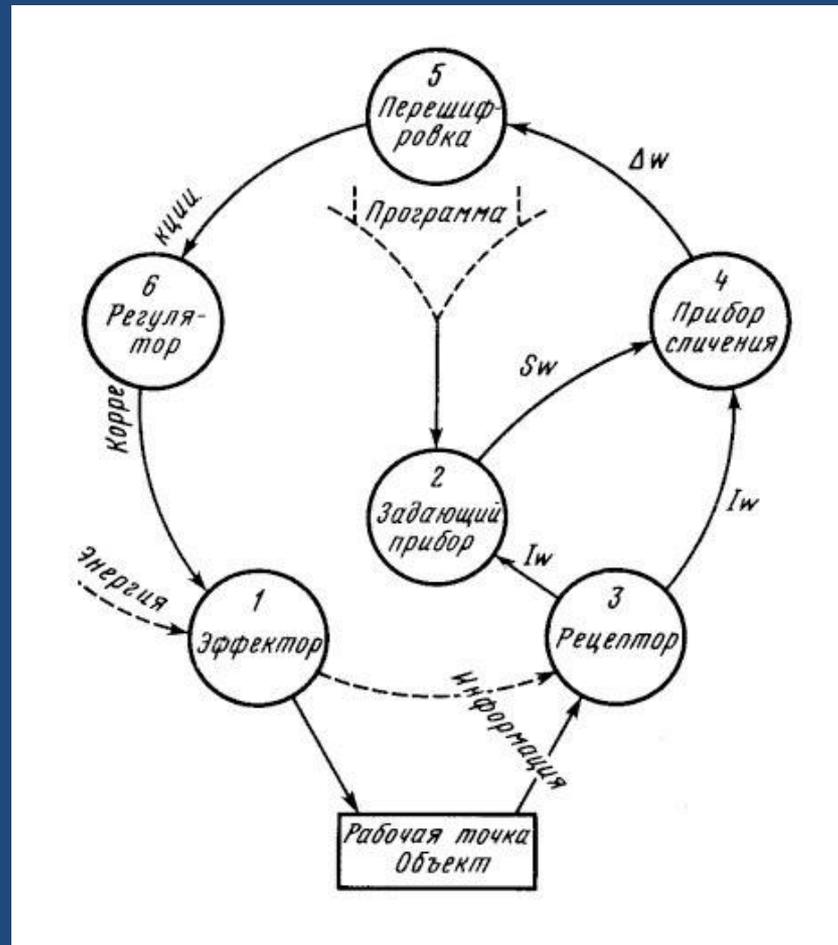


Рис. 6. Различные принципы управления движениями: а — принцип сенсорных коррекций (по Н. А. Бернштейну), б — то же, временная развертка, в — принцип рефлекторной дуги. Обозначения и сокращения: М — моторный центр, S — сенсорный центр, m (р. т) — мышца, рабочая точка, аф. сигн. — сигналы обратной связи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

Схема рефлекторного кольца Н.А. Бернштейна



От рефлекторного кольца – к теории уровней построения движений.

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 её пространственном положении, о предметном результате движения, афферентные сигналы приходят в разные чувствительные центры головного мозга и соответственно переключаются на моторные пути на разных уровнях. причём под уровнями следует понимать буквально морфологические «слои» ЦНС. Так были выделены уровни спинного и продолговатого мозга, уровень подкорковых центров, уровни коры.

Каждый уровень имеет специфические, свойственные только ему моторные проявления, каждому уровню соответствует свой класс движений.

Уровень А – самый низкий и филогенетически самый древний. Не имеет самостоятельного значения, заведует тонусом мышц.

Уровень В. Уровень синергий.

Перерабатываются сигналы от мышечно-суставных рецепторов, которые сообщают о взаимном положении и движении частей тела.

«Пространство тела». Вольная гимнастика, потягивание, мимика.

Уровень С. Уровень пространственного поля.

Поступает информация о внешнем пространстве. ходьба, лазанье, бег, прыжки, акробатика, гимнастика, метания, игра в теннис и городки, бильярд, броски вратаря на мяч.

Уровень D. Уровень предметных действий.
Корковый уровень, который заведует
организацией действий с предметами.
Принадлежит только человеку.

Уровень E. Уровень интеллектуальных
двигательных актов. Речевые движения,
движения письма. Движения этого уровня
определяются не предметным, а отвлечённым,
вербальным смыслом.

1. В организации сложных движений участвуют, как правило, сразу несколько уровней – тот, на котором строится данное движение (он называется ведущим), и все нижележащие уровни.

В сознании человека представлены только те компоненты движения, которые строятся на ведущем уровне.

2. Формально одно и то же движение может строиться на разных ведущих уровнях.

Чем определяется факт построения движения на том или другом уровне? Ведущий уровень построения движения определяется *смыслом*, или *задачей* (*целью*), движения.

Пример с раненым. Проба для выяснения того, насколько восстановилась функция руки.

1. Поднять руку как можно выше (уровень В).
2. Поднять руку до указанной отметки на стене (уровень С).
3. Снять шляпу с крючка (уровень D).

Проявлялась смена уровней в том, что движение приобретало новые характеристики, в частности осуществлялось со всё большей амплитудой.

Механизмы формирования навыка.

1. Первоначальное знакомство с движением и первоначальное овладение им.

1.1. Выявление двигательного состава (рассказ, показ, разъяснения, наблюдение, анализ). Ознакомление с тем, как движение выглядит снаружи (внешняя картина движения).

1.2. Прояснение внутренней картины движения. Человек учится перешифровывать афферентные сигналы в эффекторные команды. Накопление «словаря перешифровок». Организм должен «наощущаться досыта».

Наиболее «горячие точки» этого периода: «программа», «задающий прибор» и «перешифровки». Заканчивается этот период первоначальной росписью коррекций по нижележащим уровням.

Соподчинение уровней

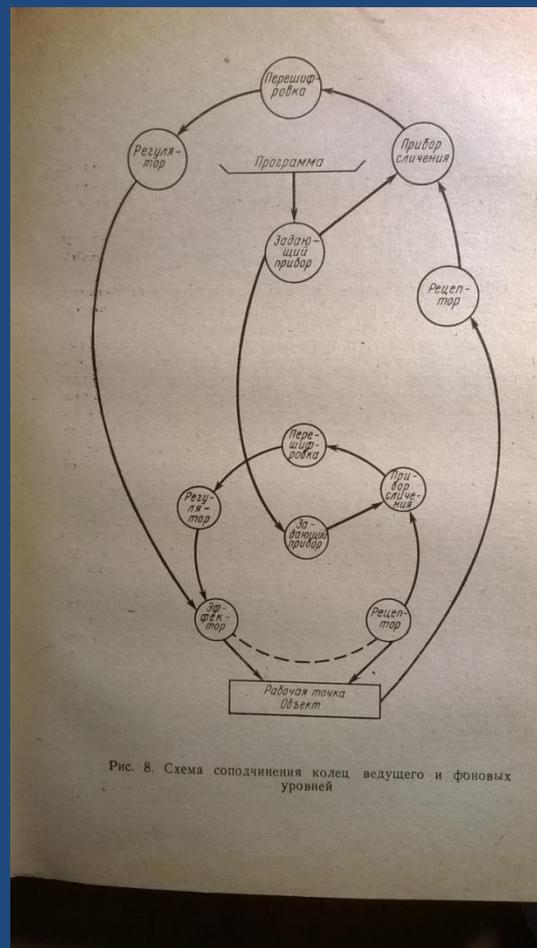


Рис. 8. Схема соподчинения колец ведущего и фоновых уровней

2. Автоматизация движения.

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.

2.1. Увязка деятельности всех низовых уровней.

2.2. «Рекрутирование» готовых двигательных блоков. «Фонотека» (фон). Каждый организм имеет свою «фонотеку», т.е. набор фонов, и от его объёма зависят его двигательные возможности и даже способности. При обучении езде на двухколёсном велосипеде очень полезным 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.

3. Шлифовка навыка за счёт стабилизации и стандартизации.

Стабилизация – навык приобретает такую прочность, что не разрушается ни при каких обстоятельствах.

Помехоустойчивость приобретается за счёт того, что к этому моменту организм уже опробовал массу отклонений, которые вызывались внутренними и внешними помехами. Все они были отработаны и теперь на каждый возможный случай у него имеется запас соответствующих коррекций.

Стандартизация – приобретение навыком стереотипности. В этот период при многократном повторении движения получается серия абсолютно одинаковых копий, напоминающих «гвардейцев в строю»