

*«Нет ничего практичнее хорошей теории»*

*А.Вольта (1815)*

## **Физиологические закономерности формирования двигательных навыков в спорте**

*Проф. Э.Н.Нуритдинов, доц. Ш.А.Аминжанов*

Вопрос о формировании спортивных двигательных навыков является многосторонним. Чрезвычайно интересным. В его разработке принимают участие представители многих дисциплин - физиологи, биомеханики, морфологи, психологи, специалисты в области теории физического воспитания, спортивно-педагогических и других наук.

Существенное место в разработке разносторонней проблемы о двигательном навыке принадлежит физиологии, раскрытию физиологических механизмов, обуславливающих образование совершенствование и осуществление сложных двигательных актов.

Формирование любого двигательного акта является выражением сложного сочетания деятельности различных групп мышц. В свою очередь, в каждой отдельной мышце происходит комбинирование сокращений отдельных моторных функциональных единиц, каждая из которых представляет собой мотонейрон с иннервируемыми отростками его аксона мышечными волокнами. Важнейшая роль в раскрытии физиологической двигательной природы навыков принадлежит работам И.М. Сеченов и И.П.Павлова с его многочисленными учениками.

Ими был вскрыт основной физиологический механизм формирования произвольных движений, заключающийся в образовании *временных связей*, путем которых регулируется выполнение мышцами двигательного акта. Установление этого механизма, как и всякое крупное принципиальное открытие, дало возможность поставить перед исследователями целый ряд новых задач, разрешение которых дает возможность детализировать особенности протекания временных связей при разных двигательных навыках.

Многочисленные новые данные, полученные разными исследователями в последние

годы, позволили сформулировать целый ряд дополнений к представлениям о физиологической природе осуществления двигательных актов. (Анохин, 1968; Дж.Бендел, 1990; Верхошанский, 1987; Гершел, 2001; Дубровский, 2005; Зимкин, 1978; Меерсон, 2004; Селье, 1990 и другие). Они установили, что в процессе жизнедеятельности человека формируются различные двигательные умения и навыки, составляющие основу его поведения. Основу технического мастерства спортсменов составляют *двигательные умения* и *навыки*, формирующиеся в процессе тренировки и существенно влияющие на спортивный результат. Считают, что эффективность спортивной техники за счет навыка повышается в циклических видах спорта на 10-20%, а в ациклических - еще более.

*Двигательные умения* — способность на моторном уровне справляться с новыми задачами поведения. Спортсмену необходимо умение мгновенно оценивать возникшую ситуацию, быстро и эффективно перерабатывать поступающую информацию, выбирать в условиях дефицита времени адекватную реакцию и формировать наиболее результативные действия. Эти способности в наибольшей мере проявляются в спортивных играх и единоборствах, которые относят к ситуационным видам спорта (Фарфель В.С., 1970). В тех же случаях, когда отрабатываются одни и те же движения, которые в неизменном порядке повторяются на тренировках и во время соревнований (особенно в стандартных или стереотипных видах спорта), умения спортсменов закрепляются в виде специальных навыков.

*Двигательные навыки* — это освоенные и упроченные реакции которые могут осуществляться без участия сознания (автоматически) и обеспечивают оптимальное решение двигательной задачи.

Двигательные навыки человека характеризуются тем, что в них сочетаются безусловные и условные реакции. С одной стороны, через сигнальные системы устанавливаются временные связи между ранее индифферентными для спортсмена раздражителями и последующей деятельностью (условные реакции 1 рода), и с другой - вырабатываются новые (до этого времени не имевшиеся в двигательном фонде человека) ответные двигательные реакции (условные реакции 2 рода) с соответствующим характером протекания вегетативных функций.

Производственные и спортивные двигательные навыки характеризуются различной

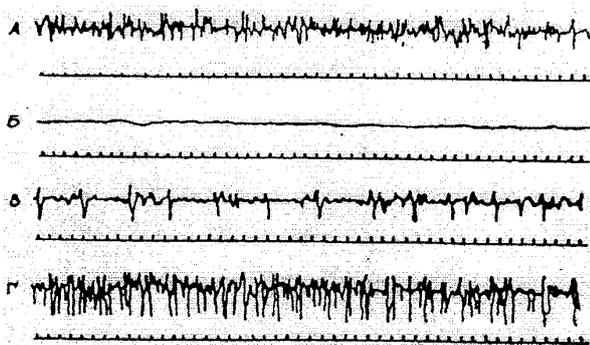
сложностью. В некоторых случаях эта сложность может быть весьма большой, особенно если движение состоит из многих последовательно сменяющих друг друга фаз с разными временными интервалами между ними. Такие двигательные навыки представляют собой целый комплекс условных рефлексов, в том числе весьма высоких порядков. В связи с этим возникает вопрос - следует ли такое сложное сочетание двигательных условных рефлексов, как и простейшие формы их, называть одним и тем же термином «условный двигательный рефлекс»? Если самые простейшие формы двигательных навыков и можно называть условными рефлексами, то сложным двигательным навыкам больше соответствуют обозначения «двигательный акт» и «двигательная деятельность», хотя они также формируются по механизму временных связей. Такое разграничение диктуется тем, что если понятием «условный рефлекс» обозначить все проявления жизнедеятельности организма, связанные с механизмами временных связей, то этот термин утрачивает свою конкретность.

В понимание физиологических механизмов двигательных навыков особый вклад внесли физиологи - И.П.Павлов, В.М.Бехтерев, А.А.Ухтомский, П.К.Анохин, Н.А.Бернштейн, А.Н.Крестовников, Н.В.Зимкин, В.С.Фарфель и др. Согласно их взглядам, любые навыки - *бытовые, профессиональные, спортивные* - не являются врожденными движениями. Они приобретены в ходе индивидуального развития. Возникая в результате подражания, условных рефлексов или по речевой инструкции, двигательные акты осуществляются специальной **функциональной системой** нервных центров. Деятельность этой системы включает следующие процессы: *синтез афферентных раздражений (информации из внешней и внутренней среды), учет доминирующей мотивации (предпочтение действий), использование памятных следов (арсенала движений и изученных тактических комбинаций); формирование моторной программы и образа результата действий; внесение сенсорных коррекций в программу, если результат не достигнут.*

Комплекс нервных центров, обеспечивающих эти процессы, располагается на различных этажах нервной системы, становясь **доминантой**, т.е. господствующим очагом в центральной нервной системе.

В начальных стадиях развития двигательного навыка обычно *биотоки* регистрируются не только в тех мышцах, которые необходимо для осуществления данного

двигательного акта, но и в других «посторонних» мышцах. Это связано с явлениями распространения в нервных центрах. По мере укрепления навыка происходит ограничение распространения нервных импульсов и при полностью сформированном навыке она наблюдается только в необычных условиях, например при действии сильных посторонних раздражителей, при утомлении и т.д.



*Рис. 1. Электрограмма сокращений мышцы до и после физических упражнений  
(по Ю.М. Уфлянду).*

В других же случаях, наоборот, определенные формы одновременной деятельности антагонистов являются показателями специальной формы координации, свойственной высокой степени совершенства двигательного навыка.

При выполнении одного и того же сложного двигательного акта, гимнастического или другого упражнения картина биоэлектрической активности в мышцах по мере развития навыка претерпевает изменения. Например, при значительном растяжении мышц, в частности при выполнении новичками упражнения «шпагат», в растянутых мышцах бедра наблюдается значительная биоэлектрическая активность. В дальнейшем же по мере упрочения навыка она резко снижается.

Но эволюция биоэлектрической активности мышц при формировании навыка у разных лиц происходит неодинаково. Вследствие этого одновременная регистрация биопотенциалов со многих мышц у лиц, полностью овладевших навыком, показывает, что выполнение одного и того же сложного двигательного навыка характеризуется у них неодинаковой биоэлектрической активностью в разных мышцах. Наряду с общими чертами в картине биоэлектрической активности у спортсменов совершенно одинаковой квалификации выявляются и существенные различия.

Все реакции организма (в том числе движения при выполнении физических упражнений) являются системными, т.е. обусловленными совместной деятельностью многих отделов нервной системы и периферических органов, направленной на достижение определенной цели.

Системный подход к изучению различных функций организма, особенно много разрабатываемый П.К.Анохиным, требует учета как афферентных, программирующих и эфферентных функций нервной системы, так и состояния исполнительных периферических органов. Поэтому наряду с деятельностью нервных аппаратов при характеристике физиологической природы навыка следует рассмотреть и некоторые вопросы, связанные с состоянием мышц.

## **1.2. Афферентный синтез в двигательных навыках.**

В нервной структуре двигательных навыков, являющихся поведенческими актами, условно можно выделить афферентные (приносящие, чувствительные), программирующие и эфферентные (выносящие, исполнительные) компоненты.

Афферентные, или анализаторные компоненты, как известно, состоят из рецепторов, чувствительных нейронов и афферентных популяций (совокупностей) нервных клеток в центральной нервной системе. Все эти элементы нервной системы воспринимают раздражение из внешней среды и различных частей самого организма и участвуют в осуществлении так называемого афферентного синтеза.

В соответствии с представлениями П.К.Анохина афферентный синтез происходит при взаимодействии четырех основных факторов: 1) мотивации, 2) памяти, 3) обстановочной информации и 4) пусковой информации.

Важная роль в афферентном синтезе принадлежит памяти, т.е. следовым явлениям, обусловленным ранее приобретенным опытом. Значение следовых явлений как кратковременных, так и долговременных (сохраняющихся длительно у животных, а у людей - многие годы и даже десятки лет) особенно велико у человека, поскольку все стороны его жизни, в том числе и спортивные, обусловлены накоплением огромного личного и социального опыта. В виде имеющихся у человека следов в нервной системе

(памяти) опыт оказывает сильнейшее влияние на оценку любых событий и ситуаций.

Выполнение физических упражнений проводится в определенных условиях стадиона, спортивной площадки, спортивного зала. Поэтому обстановочная информация, поступающая из окружающей среды, является несомненно, весьма существенным компонентом для правильного афферентного синтеза.

Наконец, важная роль принадлежит непосредственно пусковым сигналам, какими в спорте являются выстрелы, звуки свистка, движение флажка, голосовая команда.

Особенностью афферентных компонентов спортивных навыков является то, что при многих видах физических упражнений раздражители, требующие ответных двигательных актов. Являются весьма сложными. В этом случае пусковая афферентация представляет собой не единичный сигнал, а ситуацию определенного характера, т.е. пусковой сигнал и обстановочная информация сливаются в единое целое. Это всегда сильно осложняет афферентный синтез. Например, в разных видах единоборства и спортивных игр различные действия нужно начинать многократно. При этом, особенно в коллективных спортивных играх, начало и характер ответных движений определяет не какой-либо отдельный сигнал, а вся создавшаяся ситуация, т. е. совокупность многих, в ряде случаев десятков и даже сотен, раздражителей. Так, в спортивных играх, например в футболе, или хоккее, для направления своих действий игрок должен учитывать не просто непрерывно изменяющееся расположение всех других партнеров, но и специализацию и силу игры каждого из них. При этом синтез происходит при резком дефиците времени, в некоторых случаях за секунды и даже доли секунд.

Таким образом, в спорте в одних случаях, например у гимнаста, афферентный синтез для принятия решения о начале своих движений относительно прост, в других же, в частности при единоборстве, и в особенности при коллективных спортивных играх, - весьма сложен.

### **1.3. Программирование в двигательном навыке.**

Афферентный синтез является основой для принятия решения и программирования последующих действий как перед началом физического упражнения, так и в процессе его

выполнения.

Программирование движений, т. е. центральный компонент навыка, характеризуется различной степенью трудности своего осуществления. Это связано, с одной стороны, со степенью сложности двигательного акта, с другой же - со степенью новизны. Если движение совершалось ранее многократно, т. е. навык уже хорошо освоен, то многократно повторяющееся программирование даже сложных стереотипных двигательных актов, например в гимнастике, при метаниях и т. д.

Значение соответствия формируемых нервной системой программ движений мышц и их волокон выявлено при наблюдениях над лицами, длительно находившимися в условиях полного постельного режима, например после повреждений нижних конечностей, инфарктов и т. д. После первых вставаний они должны были учиться ходить, так как вследствие некоторой атрофии мышечных волокон ранее, в здоровом состоянии, образованные программы движения не соответствовали резко сниженным возможностям мышц.

Еще более иллюстративные примеры получены в наблюдениях над космонавтами. При переходе от земных условий к состоянию невесомости движения делаются менее координированными вследствие приведения в состояние сокращения того же числа мышечных волокон, что и на земле. А это в космосе является уже чрезмерным. Через некоторое время в результате практики у космонавтов программирование становится более совершенным, и координация движений улучшается. Но когда космонавты после длительного пребывания в состоянии невесомости возвращаются на землю, координация движений у них вновь нарушается. Программа движений, выработанная для условий невесомости, оказывается неполноценной из-за недостаточной мобилизации волокон в мышцах, прежние же земные программы двигательной активности оказываются не вполне соответствующими действительности из-за происходящей в космосе некоторой атрофии мышц и, следовательно, уменьшения их силы.

В спорте при нормальных условиях тренировки мышцы не подвергаются более или менее значительной атрофии. Но некоторые, хотя и незначительные, изменения состояния мышц могут происходить даже при коротких перерывах в течение 1-2 суток. Между тем на соревнованиях часто результаты разных спортсменов отличаются друг от друга лишь на

ничтожную величину - секунды и даже десятые и сотые доли секунды (например, в спринте), на сантиметры (в прыжках и метаниях), на десятые и сотые доли балла (в гимнастике, фигурном катании и т.д.). Такого рода разница может в отдельных случаях обуславливаться несоответствием программирования (в центральной нервной системе) состоянию периферических аппаратов, в том числе мышц. Такие упражнения, как прыжки в высоту, прыжки с шестом, поднятие тяжестей, как правило, дают лучшие результаты не при первом, а при повторных выполнениях, когда во время решения начальных более легких задач (меньшая высота, меньший вес) нервная система информируется о состоянии периферического мышечного аппарата. Поэтому специальная разминка у спортсменов перед выполнением любых сложнокоординационных упражнений наряду с решением ряда других задач содействует информации нервных центров о состоянии мышц в данное время. Тем самым улучшается соответствие программы выполнения упражнения состоянию мышц и вегетативных органов.

При длительных циклических упражнениях в результате наступающего утомления свойства мышц также изменяются. Но в этом случае нервная система информируется о состоянии мышц уже по ходу выполнения упражнения и компенсаторно изменяет характер движения. Например, через некоторое время после начала циклических упражнений, как это показано было в работах В.С.Фарфеля и его сотрудников без снижения скорости передвижения может наблюдаться уменьшение длины и учащение темпа шагов или гребков. В этом случае центральная нервная система спортсменов изменяет программу управления движениями уже в процессе самой работы.

Таким образом, двигательный аппарат человека по существу является системой, способной стабильно сохранять внешнюю структуру движения, при многократном его повторении за счет использования в различных комбинациях таких нестабильных исполнительных приборов, как мышцы и их волокна. Это достигается благодаря высоким координационным свойствам нервной системы, ее способности осуществлять одно и то же движение за счет разного паттерна (мозаики) участвующих нервных клеток и иннервируемых ими мышечных волокон.

**1.4. Замысел и общий план действия.** На первом этапе формирования двигательного навыка возникает *замысел действия*, осуществляемый ассоциативными зонами коры больших полушарий (переднелобными и нижнетеменными). Они формируют общий план осуществления движения. Вначале это лишь общее представление о двигательной задаче, которое возникает либо при показе движения другим лицом (педагогом, тренером или опытным спортсменом), либо после словесной инструкции, самоинструкции, речевого описания. В сознании человека создается определенный эталон требуемого действия, «модель потребного будущего». Эту функцию П.К.Анохин назвал «опережающее отражение действительности». Формирование такой нагляднообразной модели складывается из образа ситуации в целом (задаваемые пространственные и временные характеристики двигательной задачи) и образа тех мышечных действий, которые необходимы для достижения цели. Имея представление о требуемой модели движения, человек может осуществить ее разными мышечными группами. Так, например, подпись человека имеет характерные черты, независимо от мышечных групп, выполняющих ее (пальцы, кисть, предплечье).

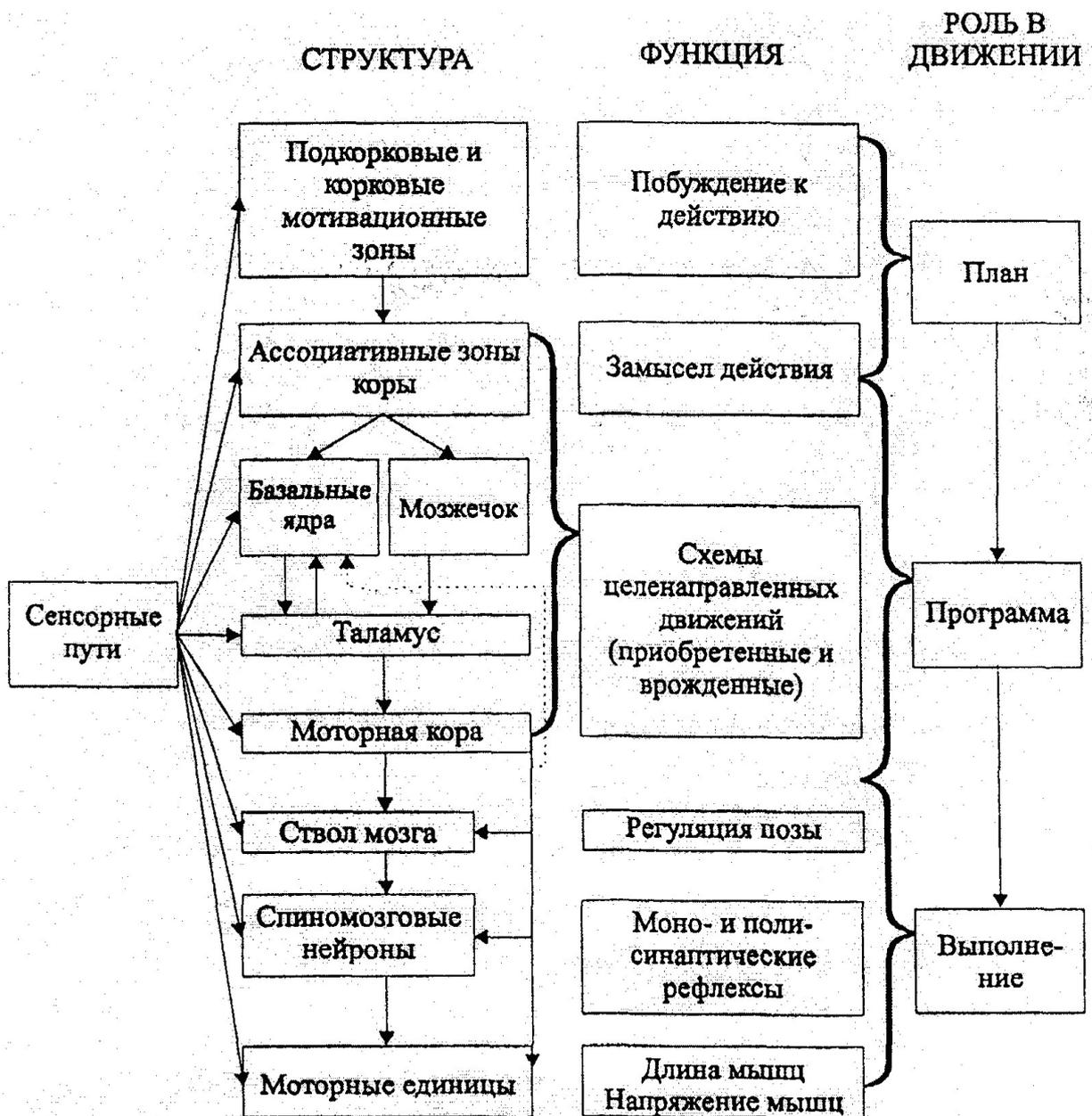
**1.5. Стадии формирования двигательных навыков.** На втором этапе обучения начинается непосредственное выполнение разучиваемого упражнения. При этом отмечаются три стадии формирования двигательного навыка: 1) *стадия генерализации* (иррадиации возбуждения); 2) *стадия концентрации*; 3) *стадия стабилизации и автоматизации*.

На первой стадии созданная модель становится основной для перевода внешнего образа во внутренние процессы формирования программы собственных действий. Физиологические механизмы этого во многом неясны. На ранних этапах онтогенеза, когда речевая регуляция движений (внешней речью постороннего лица или внутренней собственной речью) еще не развита, особое значение имеют процессы подражания, общие у человека и животных. Наблюдая за действиями другого лица и имея некоторый опыт управления своими мышцами, ребенок превращает свои наблюдения в программы собственных движений.

## 1.6. Основные принципы организации двигательных навыков

Двигательная деятельность человека - это основная форма его поведения. Решающим фактором поведения служит полезный результат. Для его достижения в мозге формируется так называемая функциональная система (Анохин, 1968, 1975; Судаков, 2000; Тхоревский, 2001; Уилмор, Костил, 2001; Фарфель, 1975). Продолжительность конечного результата включает следующие процессы: 1. обработку всех сигналов, поступающих из внешней или внутренней среды организма - так называемый **афферентный синтез**; 2. принятие решение о цели и задачах действия; 3. создание представления об ожидаемом результате и формирование конкретной программы движений и ее осуществление; 4. анализ полученного результата и внесение в программу поправок - сенсорных коррекций.

В результате афферентного синтеза формируются побуждение к действию (мотивация) и его замысел (рис. 5), извлекаются из памяти моторные следы (навыки) и выученные тактические комбинации. У человека на их основе создаются определенный план и конкретная программа движения. В нейрофизиологических ответах эти процессы называются «волна ожидания», изменяется амплитуда ЭЭГ, усиливается взаимосвязанность корковых нейронов, возникает местный потенциал и другие феномены, имеющие отношение к созданию рабочей системы мозга.



*Рис. 5. Общая схема функциональной организации двигательной системы*

На уровне спинного мозга процессы преднастройки выражаются в повышении возбудимости спинальных нейронов (рис. 6) и повышении чувствительности проприорецепторов скелетных мышц. Сенсорная информация о результате выполнения движения, получаемая по каналам обратной связи, используется нервными центрами для уточнения временных, пространственных и силовых характеристик двигательных навыков, внесения поправок в команды.

Три основных функциональных блока мозга. Среди многоэтажных систем нервных центров, управляющих функциями движения, обобщенно можно выделить три основных

функциональных блока: 1) блок регуляции тонуса и уровня бодрствования; 2) блок приема, переработки и хранения информации; 3) блок программирования, регуляции и контроля за двигательной деятельностью.

*К первому функциональному блоку* относятся неспецифические отделы нервной системы (в частности, ретикулярная формация ствола мозга), которые модулируют функциональное состояние вышележащих и нижележащих отделов, вызывая состояние сна, бодрствования, повышенной активности, увеличивая или уменьшая мощность двигательных реакций.

*Второй функциональный блок* расположен в задних отделах полушарий и включает в свой состав зрительные (затылочные), слуховые (височные), общечувствительные (теменные) области коры и соответствующие подкорковые структуры. Первичные (проекционные) корковые поля этого блока обеспечивают процессы ощущения, а вторичные - процессы восприятия и опознания информации. Высший отдел этого блока - третичные (ассоциативные нижнетеменные) поля, которые осуществляют сложные формы афферентного синтеза, создавая интегральный образ внешнего мира и обобщая сигналы, приходящие от левой и правой половин тела. Они формируют представления о «схеме тела» и «схеме пространства», обеспечивая пространственную ориентацию движений.

*Третий функциональный блок* расположен в передних отделах больших полушарий. В его состав входят первичные (моторные) и вторичные (премоторные) поля, а высшим отделом являются ассоциативные переднелобные (или префронтальные) области (передние третичные поля). Этот блок с участием речевых функций выполняет универсальную функцию общей регуляции поведения, формируя намерения и планы, программы произвольных движений и контроль за их выполнением.

### **1.7. Роль различных отделов коры больших полушарий в регуляции движений.**

Функцией различных корковых областей является определение целесообразности локомоций, ориентации положения тела в пространстве, создание двигательных программ и их перестройка в различных ситуациях, включение ритмических движений как составного элемента в сложные акты поведения.

В организации двигательных навыков участвуют практически все отделы коры

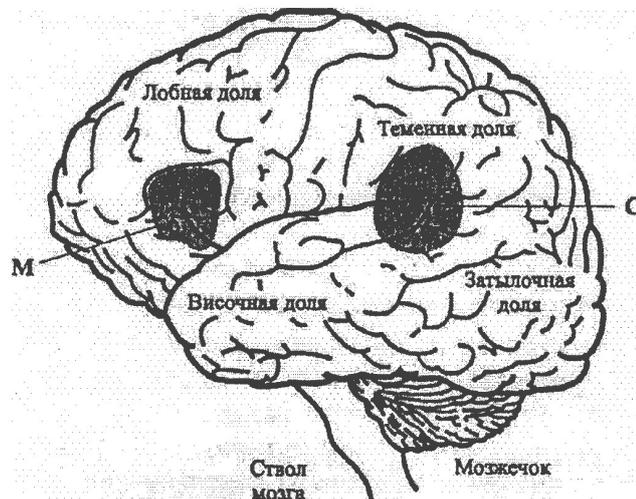
больших полушарий. *Моторная область коры* (прецентральная извилина) посылает импульсы к отдельным мышцам. Объединение отдельных элементов движения в целостный акт (кинетическую мелодию) осуществляют вторичные поля *премоторной области*. Они определяют последовательность двигательных актов, формируют ритмические серии движений, регулируют тонус мышц. *Постцентральная извилина коры* представляет собой общечувствительное поле, которое обеспечивает субъективное ощущение движений. *Нижнетеменные области коры* (задние третичные поля) формируют представления о взаимном расположении различных частей и положении тела в пространстве, обеспечивают точную адресацию моторных команд к отдельным мышцам и пространственную ориентацию движений. *Области коры, относящиеся к лимбической системе* (нижние и внутренние части коры), ответственны за эмоциональную окраску движений и управление их вегетативными компонентами.

В высшей регуляции произвольных движений важнейшая заслуга принадлежит *переднелобным областям* (передним третичным полям). Здесь помимо обычных вертикальных колонок нейронов существует принципиально новый тип функциональной единицы - в форме замкнутого нейронного кольца. Циркуляция импульсов в этой замкнутой системе обеспечивает кратковременную память между временем прихода сенсорной информации и формированием эфферентной команды, что служит основой сенсомоторной интеграции при программировании движений.

Функциями переднелобной области коры являются сознательная оценка текущей ситуации и предвидение возможного будущего, выработка цели и задач поведения, программирование произвольных движений, их контроль и коррекция. Соответствие действий поставленным задачам придает движениям человека определенную целесообразность и осмысленность.

Речевая регуляция двигательных навыков. Спецификой регуляции движений у человека является то, что они подчинены речевым воздействиям, т.е. могут программироваться лобными долями в ответ на поступающие извне словесные сигналы, а также благодаря участию внешней или внутренней речи (мышления) самого человека. В этой функции принимают участие расположенные в левом полушарии человека сенсорный центр речи Вернике и моторный центр речи — центр Брока (рис. 7). Считают, что

афферентная импульсация от речевой мускулатуры является важным ориентиром, дополняющим проприоцептивные сигналы от работающих мышц, а формирующиеся на речевой основе избирательные связи в коре облегчают составление моторных программ.



*Рис. 7. Центры речи в левом полушарии головного мозга человека.*

*М. - моторный центр (центр Брока), С-сенсорный центр (центр Верника)*