

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Показана история и современное состояние исследований по проблеме управления движением организма человека с целью получения спортсменами теоретических знаний для совершенствования их спортивно-технического мастерства.

Ключевые слова: история психомоторики, принципы и механизмы управления движением, психофизиология

Постановка проблемы. Достижение высокого результата в спорте возможно за счет совершенствования морфологических, функциональных и психических показателей спортсменов, овладения ими в полной мере техникой своего вида спорта. Для этого спортсмен должен чётко представлять себе, каким образом происходит построение, как определённого движения, так и всего набора, характерного для данного вида спорта, уметь мысленно воспроизводить эти движения и иметь представление об их управлении. Спортсмены должны в совершенстве изучить принципы и механизмы построения движения, что будет способствовать правильному формированию и совершенствованию их спортивно-технического мастерства.

Анализ последних достижений и публикаций. Эффективность методов организации, управления и контроля в тренировочном процессе зависит от рационального использования современных технологий, учета индивидуальных, возрастных, психических и морфофункциональных особенностей организма спортсмена. Этим вопросам большое внимание уделяли такие ученые как Матвеев Л.П. [12], Гогонов Е.Н. [4], Волков Л.В. [3], Ильин Е.П. [7] и другие. Результаты психофизиологических исследований на высоком научно-теоретическом уровне способны объяснить процессы, происходящие в организме человека при осуществлении им движений.

Цель статьи: описать историю изучения управления движением в организме человека, проанализировать принципы и механизмы построения движения с точки зрения психофизиологии.

Результаты исследований. Движение, в широком смысле, – это всякое изменение. Древнегреческие философы Фалес, Анаксимен, Гераклит рассматривали материальные первоначала вещей – воду, воздух, огонь – как непрерывно изменяющиеся, находящиеся в вечном движении. Гераклит учил, что в мире нет ничего неподвижного ("все течет", "в одну и ту же реку нельзя войти дважды"). Ему принадлежит гениальная догадка, что источником движения, развития природы является борьба противоположностей [14]. Движение в узком смысле – это изменение положения тела в пространстве. Следует различать "элементарное движение" и "двигательный акт" [5]. Элементарное движение представлено сокращением/расслаблением мышечных единиц, вызываемых стимуляцией мотонейрона. Примером элементарного движения могут служить сухожильные (проприоцептивные рефлекс: коленный, ахиллов и другие). Само понятие рефлекс, в качестве "отраженного действия" ввел в 17 веке Рене Декарт. По его мнению, нога отдергивается от огня наподобие того, как звенит колокольчик в доме, когда гость дергает за шнурок у входной двери. Только, в отличие от шнурка, нервные волокна при натяжении не приводят в движение язык колокольчика, а открывают "заслонки" в мозге на мельчайших отверстиях, через которые из желудочков головного мозга по двигательным нервам, как по трубочкам, устремляются к мышцам "животные духи". Раздувая мышцы, они производят движения, благодаря которому нога отдергивается от огня [16]. В трудах Рене Декарта нет самого термина "рефлекс". "Отраженное действие", изученное им, физиолог И. Унцер в 1771 году назвал рефлексом (от лат. "рефлексе" – отраженный). И. Прохазка в 1800 г. ввел этот термин в физиологию и впервые дал классическое описание рефлекторной дуги. Он развил понятие рефлекса и распространил его на деятельность всей нервной системы, в том числе и на психическую [16]. Английский ученый Чарлз Белл открыл связь периферической нервной системы с определёнными областями мозга. В 1811 году учёный предположил, что задние корешки спинного мозга отвечают за сенсорные функции, в то время как передние корешки отвечают за моторику. Теория Белла в 1822 году была подтверждена французским физиологом Франсуа Мажанди, а функциональное разделение нервных ветвей спинного мозга сегодня известно как закон Белла-Мажанди [1].

Среди отечественных ученых впервые на движение как необходимое условие нашей жизни и деятельности обратил внимание И. М. Сеченов. В своей книге "Рефлексы головного мозга" он писал: "Смеется ли ребенок при виде игрушки, улыбается ли Гарибальди, когда его гонят за излишнюю любовь к Родине, дрожит ли девушка при первой мысли о любви, создает ли Ньютон мировые законы и пишет их на бумаге – везде окончательным фактом является мышечное движение" [13]. Анализируя рефлекторный акт, он характеризовал первую его часть, начинающуюся с восприятия чувственного возбуждения, как сигнальную. При этом чувственные сигналы "предупреждают" о происходящем в окружающей среде. В соответствии с поступающими в центральную нервную систему сигналами вторая часть рефлекторного акта осуществляет движение. И.М. Сеченов подчеркивал роль "чувствования" в регуляции движения. Связь

различных психических явлений с движениями и деятельностью человека он назвал психомоторикой. По его мнению, первичным элементом психомоторной деятельности человека является двигательное действие, представляющее собой двигательное решение элементарной задачи, или, иными словами, достижение элементарной осознанной цели одним или несколькими движениями. В свою очередь, двигательное действие, развивающееся в процессе обучения, упражнения или повторения, следует называть двигательным или психомоторным навыком. Смелые идеи Сеченова приняли и разработали Н.Е. Введенский, И.П. Павлов и А.А. Ухтомский. Наиболее важным в работах И.П. Павлова является физиологический аспект рефлекторной теории. Все его учение направлено на раскрытие внутренних закономерностей тех нервных процессов, которые опосредуют зависимость ответных реакций от раздражителей, от внешних воздействий. Такими внутренними законами являются, законы иррадиации и концентрации, возбуждения и торможения, открытые И.П. Павловым [15].

Рассматривая условно-рефлекторный принцип работы мозга по Павлову, следует остановить свое внимание на достижениях известного российского невропатолога, психиатра, физиолога, рефлексолога, создателя 1-й в России лаборатории экспериментальной психологии (1885) при клинике Казанского университета, В.М. Бехтерева (1857-1927). Начиная с 10-х гг. XX века он, приступая к построению собственной общепсихологической теории, названной им рефлексологией, основанной на объективных методах исследования, предложил сочетательно-рефлекторный принцип работы мозга. Кроме того, В.М. Бехтерев является основателем Психоневрологического института (1908), который стал центром комплексного исследования человека в Санкт-Петербурге [8].

Механизмы рефлекторной деятельности организма были дополнены открытиями Ч. Шеррингтона, который создал учение о рецептивных полях, разделив все рецепторы на проприо-, экстеро- и интерорецепторы. Он показал важность специализированных нервных окончаний, расположенных в тканях мышечно-суставного аппарата (проприорецепторов) для координации движений. Ч. Шеррингтон сформулировал представление о синапсе – области контакта нейронов друг с другом, определил его значение в механизмах возбуждения и торможения нервных клеток, участвующих в формировании рефлексов. Установил существование антагонистических рефлексов, открыл феномен облегчения рефлексов. Исследовал торможение в спинном мозге и проанализировал явление суммации возбуждений [9].

На основании своих опытов с условными рефлексами И.П. Павлов установил, что моторная кора получает сенсорные проекции от рецепторов мышечной и суставной чувствительности. В 1909 году он ввел понятие "двигательный анализатор", который выполнял функцию восприятия сигналов от тела, поступающих в сенсорные и ассоциативные зоны коры, и в дальнейшем проецирующихся на моторную кору. Связь восприятия и ответного движения, стали называть сенсомоторным процессом, который был представлен тремя группами ответных реакций: простая сенсомоторная реакция, сложная сенсомоторная реакция и сенсомоторная координация. Любая сенсомоторная реакция рассматривалась как самостоятельное действие или элемент сложного психомоторного акта. С физиологической точки зрения сенсомоторные реакции рассматривались как условные рефлексы. Поясним эту точку зрения на примере. В ответ на укус комара человек невольно отдернул ногу – это безусловный рефлекс. Центральный момент его протекает в низших отделах нервной системы, хотя он также имеет свое корковое представительство, вследствие чего человек почувствовал боль. Одновременно боль вызвала изменение частоты сокращений сердца – это вегетативная реакция, которая связана с деятельностью вегетативной нервной системы; она замыкается в подкорковых узлах мозга, но также имеет свое корковое представительство. Рефлекторное движение ноги могло не согнуть комара, и человек, до сознания которого дошла боль, ударил рукой по комару, осуществив произвольное психомоторное действие. Вместе с тем это движение рукой было и его сенсомоторной реакцией, центральный момент которой протекал в коре головного мозга. Этот же моторный момент мог завершить и другую сенсомоторную реакцию. Человек мог не чувствовать боли, а увидеть комара, когда он еще только садился на ногу. В обоих случаях движения руки могли быть совершенно одинаковыми, но во втором случае сенсорным моментом служило бы уже не тактильное, а зрительное восприятие. Соответственно изменилась бы и локализация центрального момента реакции в мозге [10].

Представление о природе движений было дополнено и разработано Н.А. Бернштейном. Используя метод циклографии, им была показана принципиальная невозможность реализации произвольного движения с помощью только рефлекторной дуги. Согласно Н.А. Бернштейну, изменения в мышце, возникающие при движении, возбуждают чувствительные окончания проприорецепторов и эти сигналы, достигая моторных центров коры, вносят изменения в эффекторный поток, достигающий работающей мышцы. Таким образом, перед нами "не рефлекторная дуга, а другая форма взаимоотношений между афферентным и эффекторным процессами, характерная для всех координационных процессов, – рефлекторное кольцо". Рефлекторное кольцо представляет собой фундаментальную форму двигательного нервного процесса [2]. В упрощенном виде эта схема выглядит так: из моторного центра (М) в мышцу (рабочую точку мышцы) поступают афферентные команды. От рабочей точки мышцы идут афферентные сигналы обратной связи в сенсорный центр (S).

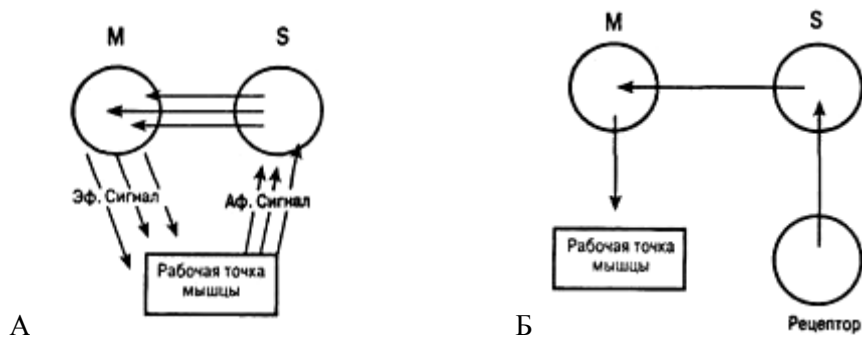


Рис. 1. Принципиальное различие концепций построения движений на основе рефлекторной дуги (Б) и рефлекторного кольца (А)

В ЦНС происходит переработка поступившей информации, т. е. перешифровка ее в моторные сигналы коррекции, после чего сигналы вновь поступают в мышцу. Получается кольцевой процесс управления (рис. 1 А) по сравнению с рефлекторной дугой (рис.1 Б), которая выглядит как один из ее частных случаев, когда совершаются движения, не нуждающиеся в коррекции, т. е. движения рефлекторной природы [10].

Помимо рефлекторного кольца Бернштейн выдвинул идею об уровне построения движений. В ходе своих исследований он обнаружил, что в зависимости от того, какую информацию несут сигналы обратной связи – сообщают ли они о степени напряжения мышц, об относительном положении частей тела и т. д., – афферентные сигналы приходят в разные чувствительные центры головного мозга и соответственно переключаются на моторные пути на разных уровнях. Причем под уровнем следует понимать буквально "слои" в ЦНС. Так были выделены уровни спинного и продолговатого мозга, уровень подкорковых центров, уровень коры – всего пять основных уровней построения движений (А, В, С, D, Е). Самый древний в филогенетическом отношении – уровень А. Он называется уровнем "палеокинетических регуляций", или руброспинальным, по названию анатомических "субстратов", которые отвечают за построение движений на этом уровне: "красное ядро" выступает "высшей" регулирующей инстанцией этого уровня построения движений, к которому имеют отношение и другие подкорковые структуры. Система данных структур обеспечивает поступление и анализ проприоцептивной информации от мышц, удержание определенной позы, некоторые быстрые ритмичные вибрационные движения (например, вибрато у скрипачей), а также ряд непроизвольных движений (дрожь от холода, вздрагивание, стучание зубами от страха). Второй – уровень В – называется также уровнем "синергии и штампов", или таламо-паллидарным уровнем, поскольку его анатомическим субстратом являются "зрительные бугры" и "бледные шары". Он отвечает за так называемые синергии, т.е. высокослаженные движения всего тела, стереотипные движения типа наклонов, приседаний. Этот уровень обеспечивает анализ информации о расположении отдельных конечностей и мышц, отвечает также за автоматизацию различных двигательных навыков, выразительную мимику и эмоционально окрашенные пантомимические движения. Уровень С, называемый уровнем пространственного поля, или пирамидно-стриальным, поскольку его анатомическим субстратом выступают уже некоторые корковые структуры, образующие так называемые пирамидные и экстрапирамидные системы, обеспечивает ориентацию субъекта в пространстве. Движения, выполняемые на данном уровне, носят отчетливо целевой характер. Таковы, к примеру, плавание, прыжки в длину, высоту, вольные акробатические упражнения, движения рук машинистки или пианиста по клавиатуре и др. Еще более высоким уровнем является уровень D, называемый также теменно-премоторным, поскольку его анатомическим субстратом являются исключительно кортикальные структуры. Он называется также уровнем предметных действий, поскольку обеспечивает взаимодействие с объектами в соответствии с их предметными значениями. Примеры движений на этом уровне: питье из чашки, снятие шляпы, завязывание галстука, изображение домика или человека. Наконец, уровень Е (Н. А. Бернштейн говорил, что этот уровень наименее изучен в физиологии активности, – возможно, это даже не один, а несколько уровней) отвечает за "ведущие в смысловом отношении координации речи и письма", которые объединены уже не предметом, а отвлеченным заданием или замыслом. Таковы, например, речевые и другие движения читающего лекцию преподавателя, танец балерины и т.п. Здесь речь уже идет о передаче научных знаний или замысла художника, что предполагает исключительно произвольный уровень регуляции разворачивающихся действий. Анатомический субстрат движений данного уровня еще изучается, хотя современные исследования доказывают несомненное участие в произвольной регуляции движений именно лобных долей коры головного мозга. Как правило, в построении действий человека принимают участие структуры всех уровней, хотя иногда более простые движения регулируются лишь низшими уровнями. В принципе одно и то же движение может строиться на различных уровнях, если включается в решение разных задач. Поэтому можно изменить характер протекания движений, изменив его смысл для человека. Анатомо-физиологические структуры здесь всего лишь инструменты для реализации задач деятельности субъекта. То, какие именно структуры участвуют в обеспечении построения движений человека, зависит от того, какое место занимает это движение в структуре деятельности субъекта, какой смысл оно имеет для него. Образно говоря, мозг и нервная система в целом – инструмент, с помощью которого человек "проигрывает мелодии своей жизни" [11].

Результаты современных исследований доказывают, что управление двигательными актами строится на двух основных принципах: 1) прямого программного управления посредством центральных моторных программ, 2) принципе сенсорных коррекций текущего движения по цепи обратной связи с помощью обратной афферентации, которая используется для непрерывного контроля и коррекции выполняемого движения. Для многих видов движения управление может осуществляться одновременно двумя механизмами при использовании двух типов командных нейронов. Нейроны-триггеры лишь запускают двигательную программу, но не участвуют в ее дальнейшем осуществлении и воротные нейроны, которые поддерживают или видоизменяют двигательные программы, будучи постоянно возбужденными. Процесс формирования и построения новых моторных программ осуществляется в моторной коре (лобная доля), где строится конечный и конкретный вариант управления движением. Моторная кора использует оба принципа управления: контроль через петли обратной сенсорной связи и через механизм программирования. Клетки первичной моторной коры образуют колонки, которые возбуждают и тормозят группу функционально близких мотонейронов. Двигательная колонка представляет собой объединение нейронов, регулирующих работу нескольких мышц, действующих на сустав. При раздражении через микроэлектрод различных колонок возникают разнообразные движения в определенном суставе. Таким образом, в разных колонках представлены не отдельные мышцы, а разные движения, в которых участвуют определенные суставы [5]. Для оптимальной регуляции движения в моторную кору поступают сигналы от мозжечка, от базальных ядер, от черной субстанции среднего мозга через таламус и префронтальную кору, а также от других отделов коры по сенсорным путям мозга [2]. Ученые считают, что существует общий биохимический механизм актуализации моторных программ в результате роста активности ДА (дофамин)- и НА (норадреналин)-ергических систем в мозге. Эти системы обладают свойством угнетать тормозные интернейроны и тем самым растормаживать нейронные сети для инициации движения.

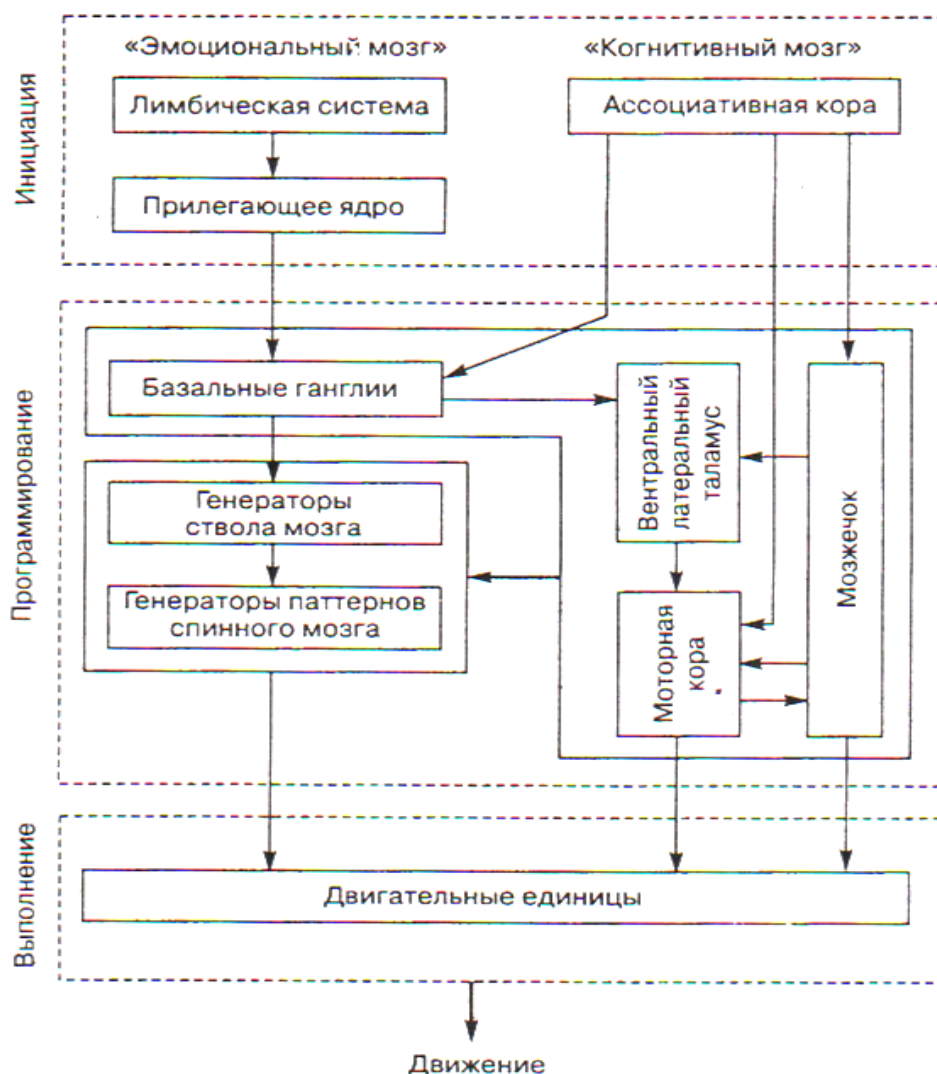


Рис. 2. Системы инициации движений [17]

Механизм инициации двигательного акта осуществляется с помощью лимбической системы – "эмоциональный мозг" и от церебральной коры (ассоциативных областей) – "когнитивный мозг". Обе системы инициации движения действуют в мозге совместно [17].

В настоящее время в структуре исследований двигательной деятельности студентов, обучающихся на занятиях по физическому воспитанию, используют кластерный анализ. Кроме того, большое внимание уделяется созданию математических моделей двигательной деятельности обучающихся с использованием методов теории множеств и отношений, теории вероятностей и математической статистики [6].

Использованные источники

1. Белл Чарлз / Электронный ресурс: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
2. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность / Н.А. Бернштейн // Научное издание. Под редакцией О.Г. Газенко. Издание подготовил И.М. Фейгенберг. – М.: Наука, 1990. – 492 с.
3. Волков Л.В. Теория и методика детского и юношеского спорта / Л.В. Волков. – Олимпийская литература, 2002. – 293 с.
4. Гогунев Е.Н. Психология физического воспитания и спорта / Е.Н. Гогунев, Б.И. Мартыанов. – М.: Академия, 2000. – 288с.
5. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: Аспект Пресс, 2001 – 373 с.
6. Доронин А.М. Кластерный анализ данных в структуре исследований двигательной деятельности // Физическая культура и образование, спорт, биомеханика, безопасность жизнедеятельности: Междунар. Науч. конф., посв. 70-летию Адыгейского государственного университета, 6 – 7 октября 2010г. – Майкоп, 2-10. – С. 218 – 222.
7. Ильин Е.П. Психология спорта / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2008. – 352 с.
8. Кондаков И. М. Психология-2000: Иллюстрированный справочник: / И. М. Кондаков; Столичн. гуманитарн. ин-т. – М., 2000. / Электронный ресурс: <http://psi.webzone.ru/st/131205.htm>
9. Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия. Пер. с англ. Т. 2: М – Я. М. : Прогресс, 1992. – 853 с.
10. Маклаков А.Г. Общая психология / А.Г. Маклаков. – СПб.: Питер, 2008 – 583 с.
11. Общая психология: в 7 т. / под ред. Б.С. Братуся. Том 1. Соколова Е.Е. Введение в психологию. – М., 2007. – Глава 9. § 7. – С. 292 – 295.
12. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов / Л.П. Матвеев. – К.: Олимпийская литература, 1999. – 318с.
13. Сеченов И.М. Избранные произведения: в 2 т. / И.М. Сеченов. – Т. 1. М.: АН СССР, 1952. – 774 с.
14. Словарь практического психолога. – М.: АСТ, Харвест. С.Ю. Головин, 1998. – 619 с.
15. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн // Составители, авторы комментариев и послесловия А.В. Брушлинский, К.А. Абульханова-Славская. – СПб: Издательство "Питер", 2000. – 712 с.
16. Физиология сенсорных систем и высшей нервной деятельности: в 2 т. Т.2. Физиология высшей нервной деятельности: учебник для студ. Высш. Учеб. Заведений / [Н. Г. Андреева и др.] ; под ред. Я.А. Альтмана, Г.А. Куликова, В.О. Самойлова. – М. Издательский центр "Академия", 2009. – 224 с.
17. Черенкова Л.В., Краснощекова Е.И., Соколова Л.В. Психофизиология в схемах и комментариях / Под ред. А.С. Батуева. – СПб: Питер, 2006. – 240 с.

Zhidenko A.A.

PSYCHOPHYSIOLOGICAL BASIS OF MOTION CONTROL

The history and current state of research on motion control of the human body for the purpose of acquisition of theoretical knowledge by athletes to improve their sports and technical skill is shown.

Key words: *history of psychomotor, principles and mechanisms of motion control, psychophysiology.*

Стаття надійшла до редакції 10.09.2012