

4510
B67

**СИСТЕМНАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ
ДВИЖЕНИЙ
СПОРТСМЕНА**

4510
867

КОМИТЕТ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ
И СПОРТУ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ РСФСР

ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ФИЗКУЛЬТУРЫ

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНА

Волгоград 1978



Сборник научных трудов, излагающих результаты исследований двигательной деятельности спортсменов. С позиции системного подхода освещены проблемные вопросы изучения движения человека. Рассматриваются физиологические, психологические и педагогические аспекты формирования, функционирования и распада системных образований движений спортсмена, разбирается также возможность целенаправленного изменения результатов субсистем в целостном двигательном акте.

Редакторы В. И. Царапкин, В. С. Бакулин

Посвящается 80-летию со дня рож-
дения академика П. К. АНОХИНА

ДВИЖЕНИЕ КАК ОБЪЕКТ СИСТЕМНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В. А. Поляnceв, Г. Ц. Агаян

Институт нормальной физиологии АМН СССР
им. П. К. Анохина

(Москва)

ВВЕДЕНИЕ

Разработка проблемы организации движений привлекает к себе внимание со стороны специалистов самых разнообразных научных направлений. Такое положение вполне справедливо, так как движение является тем единственно отчетливо видимым инструментом, с помощью которого реальные живые организмы воздействуют на внешний мир, преобразуя его в своих целях, познают и изменяют его. По сути дела анализ различных форм организации движений составляет предмет и содержание науки. Анализ механического движения обязаны своим появлением механика и физика. Анализ развития движения живых объектов обязаны своим появлением биология и физиология. И сейчас к анализу сложных форм моторной деятельности живых организмов вновь привлечено самое пристальное внимание в связи с задачами организации сложных двигательных актов человека, в том числе и спортивных движений. Этот интерес в данный момент определяется не только потребностями биологии, но и проблемами, возникшими в последние годы вне ее. Например, «роботостроение» и «искусственный интеллект». Подчеркивание указанных проблем как инициаторов разработки проблемы управления движениями вовсе не означает, что традиционно-заинтересованные в этих проблемах науки не нуждаются в их разработке. Их заинтересованность по-прежнему остается значительной, и эффект разработки этой проблемы бесспорно окажет большое влияние как на дальнейшее совершенствование спортивных и трудовых движений человека, так и на клиническую неврологию, космическую и спортивную медицину, а также на физиологию, гигиену и др. Подчеркивание важности разработки этой проблемы для небологических дисциплин («роботостроение», «искусственный интеллект») означает ее выход за пределы традиционного круга потребителей и превращение этой проблемы в общенаучную, имеющую также важное общетехническое значение.

В самом деле, мы оказались перед фактом, когда, казалось бы, безграничные возможности современной технической мысли и технологии наталкиваются на серьезные препятствия в виде трудности построения машины, способной в достаточно широкой степени формировать не отдельные частные стороны двигательной деятельности, а широкое многообразие движений, которые осуществляются живыми организмами. Имеющийся на сегодня опыт построения подобных машин показывает, что эти устройства еще очень далеки от истинного подобия своих биологических прототипов. Пока их работа практически осуществляется в рамках очень узких, жестко программированных задач. Эти устройства, если так можно выразиться, находят на самом раннем этапе своего эволюционного развития. Но вместе с тем уже сейчас можно видеть, сколь широкие перспективы открываются перед их развитием и как они могут быть используемы в самых разнообразных областях человеческой деятельности.

Нам представляется важным обратить внимание на адекватность используемых формальных методов для целей управления роботами.

В результате теоретического и экспериментального анализа существующих путей организации движения роботов становится все более ясным, что традиционные пути развития систем управления, основанные на применении количественных методов и современного математического аппарата, оказываются малопригодными, особенно в тех случаях, когда речь идет об управлении многозвенными и многосвязными системами, осуществляющими свою деятельность в трехмерном пространстве. Именно эти обстоятельства и побуждают к исследованиям процессов управления, протекающих в живых объектах, и исследованию принципов организации сложных двигательных актов живых систем в условиях целенаправленного поведения. И, конечно, большое, а может быть, даже решающее значение, будут иметь результаты исследований, полученные при изучении достигших поразительного совершенствования движений спортсменов.

Какими же средствами достигается разнообразие и сложность двигательной деятельности биологических рабочих механизмов? Отвечая на этот вопрос, Н. К. Киселев во введении к сборнику «Нейрофизиологические механизмы координации движений» пишет, что в «самом общем виде в этих механизмах можно выделить следующие основные системы элементов, совокупность которых и определяет целостную моторную деятельность живых организмов у позвоночных животных и человека: костные элементы скелета, связанные соединительными элементами в рабочие системы рычагов («кинетические цепи» механики); мышечные элементы, выра-

батывающие механическую энергию и локализирующие ее приложение в рабочей системе костных рычагов; нервные элементы, периферические и центральные, составляющие управляющий аппарат для выработки и распределения механической энергии в мышечной системе, приводящей в действие системы костных рычагов.

Само по себе сочетание костных элементов по определенной системе, образующей скелет животного и человека, не обеспечивает формирование рабочего механизма, способного выполнять определенное рабочее действие. Поверхности соприкосновений в местах костных сочленений не обеспечивают однозначности траекторий движения одного элемента костного сочленения в отношении другого, то есть ограничения движений только одной степенью свободы, так, как это имеет место в механизмах рабочих машин. Вся совокупность возможных движений в теле животных и человека чрезвычайно увеличивается вследствие суммирования степеней свободы отдельных сочленений скелета, достигая для человека значений порядка 10^5 (Ухтомский, 1927). Из этого факта множества степеней свободы, заданного условиями сочленений костных элементов скелета, вытекает ряд важных положений. Статистически заданные отношения между костными элементами скелета не обеспечивают сами по себе рабочего механизма — «машины», требующей только приведения в движение для осуществления рабочего действия. Формирование рабочих механизмов на основе статистически заданных связей является функцией скелетной мускулатуры, управляемой нервной системой. Сущность этого формирования состоит в ограничении числа степеней свободы в костных сочленениях — суставах до того необходимого и достаточного минимума, который требуется для осуществления биологически целесообразного рабочего движения органа в целом. Отсюда вытекает действенность функций скелетных мышц: исключение, задержка ненужных движений в суставе, его «фиксация» в определенном рабочем положении с заданной степенью свободы и сообщение сформировавшемуся механизму движения для выполнения рабочего действия. Следовательно, условием формирования рабочих механизмов в двигательном аппарате и осуществления их биологически целесообразной деятельности является координация, соподчиненность сокращения и расслабления, действия и задержки в совокупности мышц каждого из сочленений, участвующих в рабочем движении и в каждый данный момент времени (Н. А. Киселев, 1972, стр. 4).

Если указанные выше аспекты рассмотрения значения и роли костных, суставных, мышечных элементов кинематической системы

каждого организма, в основном, могут считаться общепринятыми, то вопросы о логике и механизме работы нервных образований, обеспечивающих управление движениями в процессе целенаправленного поведения, являются предметом исследования и дискуссий.

Исторически проблема движений начала развиваться как глава физиологии мышц, то есть как учение о функциях определенного вида возбудимых тканей, где вопросы собственно механизма возбуждения и сокращения были центральными на протяжении длительного интервала становления и развития этой проблемы. Выделение в качестве базисного понятия о проблеме движения элементарного мышечного сокращения казалось логичным даже и потому, что из этих элементарных сокращений различных мышц и в различных комбинациях, казалось, может быть сконструировано и синтезировано любое сложное координированное движение.

В настоящее время еще достаточно широко распространено мнение о том, что «управление двигательным аппаратом человека складывается из процесса формирования команды, передачи ее исполнительному органу, реакции исполнительного органа и ее координации по ходу выполнения» (И. П. Блохин, 1960, стр. 148).

Управление мышечными элементами во время двигательного акта в этом плане представляет собой сложный многокомпонентный процесс, протекающий в нервной и мышечной системе в соответствии с условиями среды и целевой задачей, возникающей при взаимодействии органов со средой. Всякое мышечное явление является результирующим эффектом многих кинематических моментов, деятельность которых координируется работой нервной системы. В связи с этим логика этого процесса представляется так, что координация движения рассматривается как преодоление избыточных степеней свободы движущегося органа (Н. А. Бернштейн, 1961, 1966).

При рассмотрении механизмов управления сложно организованными двигательными актами необходимо иметь в виду, что в эволюции процессов регуляции двигательной активностью мышечной системы наблюдается сложное переплетение как древних, хотя и примитивных, но более автоматизированных, так и новейших, требующих нервной регуляции, форм управления. Развитие движений исторически сложилось так, что в процессе их становления выявились и как бы надстраивались над элементарными процессами возбуждения все более сложные физиологические аппараты, объединения отдельных мышечных сокращений в сложный координированный акт. При этом сам процесс управления представлялся в виде процесса формирования командных посылок, характер которых определял структуру двигательного акта.

К настоящему времени в проблеме управления движениями стали возникать новые направления, развитие которых заставляет

рассматривать моторное поведение с позиции других критериев. Существенными чертами наметившихся подходов является то, что движение начинает рассматриваться как элементарный приспособительный (а не чисто эффекторный) акт, как составная часть, как звено приспособительного поведения живого организма.

При этом предполагается, что выделение в составе движения чисто моторного (эффекторного) компонента автоматически лишает его приспособительной функции.

Другим важным моментом, который необходимо подчеркнуть, является то, что движение есть сложный многомерный процесс, не сводимый к формальному набору значений мышечных напряжений и величин углов в суставах кинематической системы, то есть движение представляет собой **качественно определенный акт целенаправленного поведения**. Например, поддержание вертикальной позы человека, акт письма, то есть движение, наряду с характеристикой участвующих в нем мышечных компонентов, должно характеризоваться их целенаправленностью, или, как принято выражаться в неврологии, их праксисом.

В данной работе делается попытка рассмотрения проблемы организации движений в рамках целостной интеграции приспособительного поведения. При этом мы исходим из того, что приспособительное поведение есть непрерывный процесс взаимодействия организма и среды, в котором функции организма опосредуются через среду и в отрыве от которой практически лишены смысла.

В связи с этим попытаемся использовать некоторые известные сведения, полученные в науках о поведении животных (биологии, этологии, физиологии и др.), а также клинической неврологии и нейропсихологии с целью получения дополнительных аргументов к выделению с **позиций системного подхода, в качестве базового объекта анализа управления движением, поведенческий акт**.

Исследуя механизмы организации поведенческого акта, мы будем основываться на наиболее разработанной в современной физиологии системной методологии — теории функциональной системы П. К. Анохина, в которой поведенческий акт рассматривается как замкнутое циклическое образование, формирование которого обеспечивает организму получение полезного приспособительного эффекта.

Методологические основы развития проблемы организации движения

Естествоиспытатель, наблюдая за жизнью животных и людей, невольно обращает внимание на то, что все их поведение представляет собой не случайную совокупность движений, реакций, а целую

гамму целесообразных и целенаправленных движений и поступков.

Эту сложную совокупность двигательных проявлений уже давно стали разделять на отдельные компоненты и составляющие, стремясь понять и охарактеризовать их существо и происхождение. Анализ поведения, как научной проблемы, стал объектом рассмотрения ряда научных дисциплин, таких, как биология, физиология, психология, этология, и др.

В последние годы особый интерес к исследованию природы и механизмов поведения возник и у специалистов небιологических дисциплин: биокибернетики, бионики и т. д.

Ранее при рассмотрении любого объекта исходили из представления о том, что этот объект покоится в двух своеобразных «средах» — пространстве и времени. Именно эти «среды» и стали рассматриваться в качестве неизменяющихся от присутствия в них того объекта, относительно которого можно было с успехом характеризовать как само положение, так и его изменение — движение. Такое проявление «свойств» объектов нашло свое отражение в механике и физике в виде статического и динамического подходов к описанию явлений.

При этом статическое описание явления предполагало как его пространственную характеристику как объекта в целом и его взаимоотношение с другими объектами, так и взаимное положение частей данного объекта — собственно его структуру.

Динамическое описание в своей основе представляло собой описание свойств объектов по отношению к другой «базовой среде» — времени. Характеризуя время, обычно в качестве его свойств отмечали однонаправленность, непрерывность и равномерность. Именно эти свойства времени накладывали свой отпечаток на динамическую характеристику явления. Временная организация процесса, протекающего в самых разнообразных по своей физической природе объектах, имеет целый ряд общих черт.

Именно это представление о свойствах объектов и явилось причиной возникновения формального математического аппарата для описания явлений, протекающих в объектах различной физической природы.

В дальнейшем этот аппарат стал служить специализированным языком для описания объектов через его статические и динамические характеристики. Такой подход был характерен для классической науки в целом, и биологические дисциплины в этом смысле не составляли исключения. Выделение научной дисциплины происходило по критерию структурных особенностей объекта исследования (например, белковая молекула, клетка и т. п.), а особенности динамики функционирования данного объекта были предметом

данного научного направления (биохимия, цитология и т. п.).

Априорно план разработки любой конкретной проблемы определяется общей традицией методологии, существовавшей в науке, согласно которой любое сложное явление может быть представлено как совокупность простых частей. Например, любой физический объект представлялся в пределе, состоящем из простейших образований атомов (в последнее время говорят об элементарных частицах, квантах и т. д.). В биологии переход к атомному или молекулярному уровню означал бы отказ от исследования биологической специфики живых объектов, поэтому элементами этих объектов были приняты в структурном отношении клеточные образования, белковые молекулы и т. д.

Поиск функционального кирпичика применительно к описанию поведения живого объекта привел к выделению движения как своеобразного функционального элемента. Характер движения определялся в соответствии с традициями механики, а само движение описывалось на языке механики как траектория, линейные и угловые перемещения силы, массы и т. д.

Выделив как специальные формы проявления поведения сокращения мышц, движения в суставах, в своем дальнейшем развитии биология и физиология основное внимание уделили тем конкретным механизмам, которые обуславливали как сам факт проявления этих движений, так и природу их происхождения.

Наши знания о природе механизмов поведения базируются на учении о рефлексе, разработанном более трехсот лет назад французским монахом Рено Декартом. Исследования Декарта были направлены как на объяснение самой природы явлений, так и на выявление тех конкретных механизмов, которые обеспечивают их проявление, реализацию и осуществление. Дальнейшие морфологические исследования подтвердили основные положения Декарта и дали новый толчок к их широкому использованию для клинических и экспериментальных целей. Именно рефлекторной теории Декарта мы обязаны тому огромному багажу знаний, который накоплен в настоящее время наукой о живом объекте.

Исследователь-биолог всегда предполагал и считал, что любые поведенческие реакции по своей природе приспособительны, однако в качестве объекта исследования он стремился использовать такие функциональные отправления, которые могли быть выражены в категориях точных наук. Именно поэтому исследователь выискивал конкретные точные движения и подвергал их детальному анализу. Такое положение в настоящее время привело к тому, что наши знания о поведении содержат богатую информацию об элементах этого поведения и, по существу, в зачаточном состоянии — об организации целостных поведенческих проявлений.

Отсутствие знаний о конкретных механизмах целостных форм поведения, о самой природе организации целого из частей (элементов) стало в настоящее время одной из наиболее острых проблем, от продвижения которой зависит общий прогресс развития учения о поведении. До последнего времени основным направлением в решении этой проблемы заключалось в том, чтобы определить сам состав этих частей и их удельный вес внутри казавшегося понятным целого. В настоящее время наступает этап, когда на первый план выступают сама природа целостности и способы точного определения (характеристики) качественно различных целостных объектов. По-видимому, и в подходе к исследованию поведения наступил этап, когда дальнейшее усовершенствование поэлементного и даже комплексного описания уже не достигает целей эффективного описания рассматриваемых явлений. В связи с этим целесообразно пересмотреть наши представления о самих методах членения сложного поведения на его «простые» составляющие.

Сложившаяся ситуация является не случайным и изолированным явлением, относящимся только к развитию проблемы поведения, она является прямым следствием эволюции развития методологии науки в целом. Проявлением этого процесса является то, что в последние годы наблюдается активное развитие и все возрастающая популярность междисциплинарных наук, таких как кибернетика и системология. До настоящего времени членение целого организма на составные части происходило по структурному критерию, то есть, пытаясь анализировать поведение целого организма, мы подвергали членению не поведение организма, а сам организм. Например, ходьба, бег и т. д. представлялись не столько с позиций вклада этих форм поведения в целенаправленную деятельность организма, сколько трактовались через функции тех конкретных структур организма (нервно-мышечный аппарат, суставы и т. д.), которые принимали непосредственное участие в их реализации.

Такой подход уводил экспериментаторов от рассмотрения поведения как целостного проявления к анализу функциональных отклонений отдельных элементов организма, заставляя исследователя, пользуясь своим соображением и интуицией, конструировать и представлять себе поведение как целостную категорию.

В связи с эволюцией методик, развивающихся в рамках господствующей классической методологии, целесообразно обратить внимание на метод анализа сложных форм траекторий движений, которые могут быть представлены как функции времени, предложенные Фурье.

Согласно представлению Фурье, любая сложная функция времени может быть представлена и полностью охарактеризована че-

рез суперпозицию (линейное сложение) совокупности простых гармонических составляющих его колебаний.

Такие подходы и исследовательские приемы для анализа поведения, характеризуют отдельные его стороны или вклад отдельных его компонентов в формирование поведения организма, не позволили оценить поведение с точки зрения его роли для самого организма. Как это ни парадоксально, стремление к объективному исследованию организма уводило исследователя от понимания приспособительного смысла этого поведения.

Исследователи, стремясь стоять на позиции объективного изучения, были вынуждены рассматривать только те проявления, которые были доступны параметризации (с помощью датчиков), регистрации (с помощью осциллографов) и описанию с помощью формального аппарата описания (математического и т. д.). Вместе с тем сами наблюдения, проводимые биологами, все чаще заставляли задумываться над тем, что поведение не столько представляет собой двигательную форму деятельности, сколько подчинено задачам добывания питательных информационных компонентов (защита организма и т. п.). Моторное поведение нельзя рассматривать как явление, изолированное от потребностей организма. Оно является компонентом поведения и служит одним из основных средств формирования приспособительного эффекта.

Перечисленные выше особенности подходов к изучению поведения были характерны для тех областей биологии, которые с самого начала встали на четко выраженную экспериментальную основу. К ним, в первую очередь, следует отнести физиологию.

Определенным своеобразием отличается подход к изучению поведения человека и животных, который возник и разрабатывался в недрах психологии и зоопсихологии. Среди этих направлений следует отметить работы бихевиористов, которые, находясь под сильным влиянием успехов физики конца девятнадцатого века, стремились обнаружить некие «атомы поведения» — простые явления, из различных сочетаний которых должно складываться поведение в целом.

Ж. Леб (1918) полагал, что они заключаются в так называемых тропизмах, которые присущи не только животным, но и растениям. Он считал, что с помощью тропизмов удастся глубже проникнуть в элементарные явления жизни. В самом деле, что может быть проще движения герани, изгибающейся к свету, а между тем этот тропизм (от греческого «тропос» — поворот, направление) встречается у животных, например, у бабочки, летящей на свет. Ж. Леб искал тропизмы и находил их повсюду. Действительно, каким бы воздействием ни подвергался организм, ответная реакция всегда налична, хотя иногда она может оказаться бесполезной и лишеной смысла.

Другой подход к расчленению сложного поведения на простые компоненты был представлен в знаменитых работах И. П. Павлова по изучению высшей нервной деятельности. По мнению И. П. Павлова, сложное поведение можно расчленить на относительно «простые единицы» — условные рефлексы и безусловные рефлексы — инстинкты. Систематическое изучение инстинктов как специфической формы безусловнорефлекторной деятельности начало проводиться в конце прошлого века. Как указывает Л. В. Крушинский (1972), вслед за английским исследователем Сполингом Уитмен пришел к выводу, что инстинктивные движения весьма стабильны и поэтому, подобно морфологическим признакам, могут иметь таксономическое значение, то есть их можно использовать для классификации животных. Развитие этой концепции связано с именем Зейпрота (1911) и Крега (1918).

Крег разделил инстинктивный акт на составные элементы, введя такие фундаментальные понятия, как побуждение, требующее удовлетворения, и поисковое поведение, которое, в свою очередь, складывается из двигательной активности и завершающего акта. Это направление исследований, изучающее поведение животного во всем многообразии его взаимодействий со средой, получило название этологии (от греческого «этнос» — поведение; термин введен в 1930—1950 гг. Лоренцем, Гинбергенем, Бруком и рядом других исследователей). Ученые, исследовавшие поведение животных под новым углом зрения, «собрали огромный и интересный материал» (Л. В. Крушинский, 1972).

В своей книге «Поведение животных» Р. Шовен приводит обратное разъяснение сущности этологии как научной дисциплины. Он пишет, что настало время снова обратиться к источникам биологии, взглянуть на природу открытыми глазами, не затуманенными никакими теориями. Пора вновь поставить старый вопрос: «Что такое живой организм, что он делает, как его изучать?».

«Наиболее простой и широко принятый сейчас в науке ответ на этот вопрос, — пишет он, — таков: живое существо — это машина. Но как понять эту машину? Позвольте привести притчу. Пусть маршалки, впервые попавший на нашу планету, нашел часы. Как он соблазнит, что это такое? Если он специалист по металлам, то он не преминет отметить сплавы, из которых состоит корпус, отметит способы обработки и т. п. (это микроанатомия); затем его внимание привлекут шестеренки и анкерное устройство, их взаимодействие (физиология). Но если, достигнув этого пункта, он не сделает следующего шага, не перейдет к «внешнему» «молярному» (этология) изучению часов, не увидит, что этот механизм измеряет время, то упустит основное и ничего в часах не поймет» (Р. Шовен, 1972, стр. 12).

К настоящему времени становится все более очевидным, что адекватные методы объективного исследования поведения организма должны базироваться на представлении о том, что двигательное поведение имеет ярко выраженный приспособительный характер и приемы выделения в его составе отдельных компонентов не должны игнорировать его приспособительного характера или же удельного вклада каждой анализируемой компоненты в общем приспособительном эффекте.

Указанное обстоятельство выдвигает в качестве первоочередной задачи рассмотрение проблемы поведения с новых позиций, то есть рассмотрение поведения как сенсомоторного процесса, в организации и формировании которого принимают активное участие многие образования организма, совместная деятельность которых обеспечивает получение организмом полезного приспособительного эффекта.

Сложившиеся на протяжении развития экспериментальной физиологии традиции рассматривать раздельно (и даже противопоставлять) афферентную и эффекторную функции в значительной мере способствовали тому, что движения рассматривали главным образом в связи с особенностями структур мышечного и костно-суставного аппарата. Если афферентной функции отводилась творческая пусковая роль, то эффекторная рассматривалась как пассивная — исполнительная. В самом деле, со времени Декарта, со времени создания им рефлекторной теории, всякое движение рассматривается как обусловленное качеством и силой раздражителя и спецификой рефлексогенной зоны, на которую действует этот раздражитель. Возникновение рефлекторной теории исторически было обусловлено желанием устранить из понимания механизмов функционирования «таинственные», не контролируемые «божественные силы».

Именно стремление показать обусловленный реальными физическими факторами эффекторный ответ лежало в основе и явилось содержанием рефлекторной теории. Первоначально сформулированная Декартом концепция базировалась на наивных, с нашей точки зрения, представлениях о том, что при воздействиях в рецепторах возникали духи. Эти возникшие духи бежали по чувствительным нервам, которые представлялись полыми трубочками, в желудочки мозга, от стен которых они отражались, «рефлексировали» на начало соответствующих двигательных нервов. Приходя в мышцу, эти духи напрягали ее, вызывая сокращение. Теория Декарта сыграла выдающуюся роль в развитии теории мозга, потому что она не только объяснила с материалистических позиций сам факт акта движений, но и поставила множество конструктивных вопросов для конкретного экспериментального анализа.

Последующие микроскопические исследования нервной системы блестяще подтвердили правильность высказанных Декартом соображений, уточнив и скорректировав при этом некоторые его предположения. В результате этих исследований была сформулирована концепция о клеточном строении организма. В нервной системе были обнаружены и подробно изучены специфические клетки системы — нейроны, установлены механизмы связи между нейронами через специальные образования — синапсы. Нейронная теория, по существу, еще более укрепила основу рефлекторной теории, подводя под нее адекватную морфологическую структурную основу. Последующими физиологическими исследованиями было обнаружено, что в рецепторных образованиях под влиянием раздражителя образуется импульс, который, в частности, может быть охарактеризован по его электрическим параметрам.

Развитие электрофизиологических методов исследований позволило установить скорость распространения нервного импульса по нервным и проводящим путям, позволило выяснить и установить с большей точностью и сами пути его распространения.

Говоря об этих исследованиях, нам бы хотелось обратить внимание на то, что большая часть из них осуществлялась в условиях вивисекции на наркотизированном животном. Эти исследования дали возможность установить особенности реакций организма, которые обуславливались его структурными предпосылками. По существу, исследователя интересовал лишь сам факт наличия ответа, а не его конкретная качественная специфика и приспособительное значение. Такой взгляд на проблему сформулировал и соответствующие представления в столь важной области медицины, как клиническая неврология, что представляет самостоятельный интерес для анализа.

Клинико-неврологические аспекты изучения движения

Как уже указывалось выше, движения исторически начали рассматриваться и анализироваться как функции мышечной ткани. При этом сам мышечный субстрат рассматривался как структурное образование, как нечто базисное и изначальное, а функция — как производное и дополнительное. Развитие учения об управлении движением заставило пересмотреть такое отношение как к самим понятиям структура и функция, так и к их месту в целостном двигательном опыте. Важнейшим достижением современной физиологии является формирование нового взгляда как на само понятие функции, так и на представление о ее локализации.

В свете современных данных функция перестала пониматься как свойство, однозначно обусловленное работой определенных

клеток того или иного организма. Согласно взглядам И. П. Павлова, она представляется как результат сложной рефлекторной деятельности, объединяющей в совместной работе « мозаику » из возбужденных и заторможенных участков нервной системы, которые осуществляют анализ и синтез сигналов, доходящих до организма, вырабатывают систему временных связей и обеспечивают тем самым « уравнивание » организма со средой. Именно поэтому коренным образом изменялось и представление о локализации функций, которое стало пониматься как формирование сложных « динамических структур » или « комбинационных центров », которые состоят из мозаики далеко отстоящих пунктов нервной системы, объединенных в общей работе (И. П. Павлов. Полное собрание трудов, т. III, 253, 288).

Пересмотр представления о функции и ее локализации является важнейшей вехой в становлении и формировании всего учения о мозге. В связи с этим хочется отметить, что, пожалуй, решающую роль в пересмотре наших представлений о функции и ее локализации сыграли работы П. К. Анохина (1938—1974). Он подчеркнул, что понятие функция обычно употребляется в двух совершенно различных аспектах.

Классическое представление функций рассматривает таковые, как отправление какого-либо органа или ткани. Так, например, функцией клеток слюнной железы является выделение слюны, а функцией сетчатки — восприятие световых раздражителей. В последние годы в биологии, физиологии высшей нервной деятельности и психологии понятие функция все чаще употребляется в ином смысле. Под функцией нередко понимают сложную приспособительную деятельность организма, направленную на осуществление какой-либо физиологической или психологической задачи. В этом смысле говорят о функции дыхания, ее локализации и даже об интеллектуальной функции. Во всех этих случаях речь идет о деятельности, которая может быть осуществлена различными способами, и содержание которой определяется поставленной перед организмом целевой задачей. Как подчеркивает А. Р. Лурия, « такое понимание функций в истории учения о локализации часто смешивалось с первым классическим представлением, на деле же радикально отличается от него по своему содержанию и требует совершенно иных представлений как о строении функций, так и об ее анатомофизиологических основах... Такое понимание функций, оставшееся без внимания в течение ряда десятилетий, получило широкое распространение в науке и сейчас принимается всей современной физиологией.

Согласно этому представлению « функция », в только что упомянутом смысле, на самом деле является функциональной

системой (понятие, введеное П. К. Анохиным), направленной на осуществление известной биологической задачи и обеспечивающей целым комплексом взаимно связанных актов, которые в итоге приводят к достижению соответствующего биологического эффекта. Наиболее существенная черта функциональной системы заключается в том, что она, как правило, опирается на сложную динамическую констелляцию звеньев, расположенных на различных уровнях нервной системы, и что эти звенья, принимающие участие в осуществлении приспособительной задачи, могут меняться, в то время как сама задача остается неизменной. Как это указал Н. А. Бернштейн (1935; 1947 и др.), такая система функционально объединенных компонентов имеет не «метрическое», а «топологическое» строение, при котором постоянными неизменными остаются начальное и конечное звено системы (задача и эффект), в то время как промежуточные звенья (способы осуществления задачи) могут изменяться в широких пределах» (А. Р. Лурия, 1969, стр. 34).

Огромный материал, заставляющий осуществлять разработку проблемы управления движений, давала неврологическая клиника. Именно вопросы клинической диагностики толкали разработку как физиологических, так и психологических аспектов целенаправленного поведения и являлись тем оселком, на котором проверялись жизненность и эффективность новых концепций механизмов формирования двигательных актов. Проблема исследования произвольных движений и клиника их патологии представляют особенно большую сложность. Это должно стать понятным, если учесть, что история изучения произвольного движения больше других разделов психологии и физиологии испытывала на себе влияние идеалистических философских концепций, и научные попытки подойти к этой области сложились значительно позднее. Представление о том, что произвольные движения являются чисто активными процессами, при которых сознание, или «душа», управляет движениями тела, существовало в равной мере и в философии, и в психологии, и в физиологии, создавая во всех этих областях науки препятствия для развития естественнонаучного знания. В философии эта проблема приняла форму учения «о свободе воли», составляющего ядро наиболее реакционных идеалистических течений. В психологии она выразилась в возникновении учения об идеомоторных актах, которое рассматривало произвольное движение как активные, автоматически проявляющиеся при возникновении соответствующих предствлений действия, но отказывалась от их научного объяснения. Произвольные действия трактовались субъективистской психологией как результат влияния на двигательные акты нематериальных духовных сил (Джеймс, 1890; Бергсон, 1896).

В физиологии идеалистическая концепция произвольных движений проявлялась в том, что в качестве «произвольных двигательных центров» рассматривалась только область передних центральных извилин, которые якобы направляли к мышцам «волевые импульсы». Происхождение этих импульсов оставалось неизвестным, и естественно, что двигательная зона коры трактовалась как та область мозга, в которой «духовный принцип» входит в материальный аппарат мозга» (Шеррингтон, 1934; Экклс, 1966). Такая идеалистическая концепция произвольных движений отрывала эту область от всех остальных областей естественнонаучного знания и препятствовала ее материалистическому исследованию.

Преодоление этих идеалистических взглядов на произвольные движения связано с развитием рефлекторной теории и с коренным изменением представлений о психофизиологической структуре организаций произвольных движений.

Здесь уместно отметить, что И. М. Сеченовым в его знаменитой книге «Рефлексы головного мозга» (1861) было сформулировано положение, в соответствии с которым все виды двигательной деятельности имеют единую рефлекторную природу. Им было показано, что основное отличие между простыми и произвольными движениями и наиболее сложными произвольными следует искать лишь в той системе раздражений, которыми эти движения вызываются. Величайшая заслуга И. М. Сеченова, как нам представляется, не только в том, что был доказан детерминистский характер двигательных актов, но главным образом в том, что было показано единство природы их организации. Сделав акцент на обусловленном характере двигательных актов, И. М. Сеченов заострил внимание последующих исследователей этой проблемы не только на составе и характере эффекторных компонентов, осуществляющих двигательные акты, но и, главным образом, на тех афферентных системах, которые обеспечивают его реализацию. И не случайно, что двигательное поведение из числа эффекторного образования превратилось в сенсомоторную организацию. Именно это обстоятельство побудило в дальнейшем И. П. Павлова рассматривать центральный аппарат построения движения как двигательный анализатор. Исследования произвольных движений, проведенные в последний период, имеют весьма принципиальное значение. Они показывают, что на смену идеалистическому представлению о произвольных движениях как чисто волевых актах, пришло представление о них, как о сложных рефлекторных актах, осуществляющихся под влиянием целого комплекса афферентных систем. Рассматривая афферентные механизмы лишь как часть нервной организации двигательных актов и акцентируя внимание на тех афферентных воздействиях, которые участвуют в по-

строении двигательного акта, рефлекторная теория показала, что произвольные движения являются результатом суммарной деятельности всего мозга. На процесс развития учения о сложных двигательных актах огромное влияние оказало исследование клинико-неврологических расстройств, возникающих при различных формах патологии нервной системы. История учения о расстройствах произвольных движений при поражении мозга, получивших название апраксии, имеет уже почти столетний период.

Его начало было связано с попытками описания организации движений и двигательных расстройств в категориях психологии. Впервые понятие апраксии было введено в 1900 году Липманом с целью отдифференцировать данный вид двигательных расстройств от других, таких как паралич, атаксия и нарушение тонуса. Именно поэтому Липман с самого начала отнес этот вид расстройств к тем формам нарушений внешних психических функций, которые со времен Фингельбурга (1870) получили название асимболий (то есть нарушений символических функций души), и связал этот вид расстройства с такими формами нарушений произвольных движений, которые Мейнерт (1899) обозначил как «моторную асимболию».

Определяя апраксию как нарушение способности осуществлять целесообразное поведение при отсутствии парезов, атаксий или нарушения тонуса, Липман рассматривал его как результат поражения «тех частей мозга, которые, пользуясь языком психологии, нарушают господство души над отдельными членами тела, даже если последние не повреждены и сохраняют способность к движениям» (Липман, 1900). Согласно учению Липмана, произвольный двигательный акт является совместным результатом сознательного представления о движении и того двигательного эффекта, который это представление вызывает. В его представлениях существенными факторами в организации произвольных движений были: а) представления о цели действия и б) представление о возможном пути реализации действия.

Эти представления строятся на базе зрительных и кинестетических афферентаций, хранящихся в аппаратах мозга в виде образов или «образов памяти». Они могут оживляться, когда возникает общий «идеомоторный замысел» движения.

При некоторых формах очаговых поражений мозга становится невозможным сам замысел движения и больной не может создать образ нужного движения. При других формах патологии способность формировать образ нужного движения сохраняется, но между этим образом и нужными для его осуществления нервными структурами прерываются. В этих случаях больной, даже если какое движение он должен осуществить, не может его реали-

зовать, так как те энграммы, которые отложились в его прошлом двигательном опыте, не актуализируются — в результате возникает та форма апраксии, которую Липманн обозначал термином «моторная апраксия».

Сам факт возникновения учения об апраксиях является весьма примечательным событием в истории развития учения о мозге применительно к клинике двигательных расстройств. Работы Липманна были первой серьезной попыткой к изучению сложных целенаправленных актов, которые были поставлены в зависимость от нарушений двигательных функций мозга. Однако надо отметить, что развитие учения об апраксиях сразу же столкнулось с рядом серьезных теоретических и практических трудностей. Они были обусловлены в значительной мере той методологической позицией Липманна, согласно которой произвольные целенаправленные движения рассматривались как результат субъективных представлений.

Как подчеркивает А. Р. Лурия, «именно эти представления и привели к тому, что, описывая апраксии, Липманн фактически продолжал психоморфологическую традицию и непосредственно сопоставлял «непространственные психологические понятия» с «пространственной канвой мозга». Этот ход рассуждений неизбежно закрывал путь к научному анализу явлений и, что особенно существенно, неправомерно отрывал апраксии от более элементарных форм нарушений афферентаций, лежащих в основе построения каждого движения. Поэтому уже вскоре после того как положения Липманна были опубликованы, Монаков (1905, 1915) выступил с их критикой и противопоставил им требование подходить к апраксии с чисто физиологических понятий. Он рассматривал апраксию как патологию автоматизированных движений, являющуюся следствием того, что мозговое поражение «нарушает возбудимость известных участков коры, приводя к затруднению в проникании известных рефлекторных компонентов» (Монаков, 1914, стр. 96).

Монаков отказался от резкого противопоставления апраксии и более элементарных расстройств, которые были исходными для Липманна, и искал такие формы двигательных нарушений, которые сближают явления апраксии или с парезом, или с нарушениями чувствительности. Он выделил соответственно этому различные формы, с одной стороны, моторных и сенсорных апраксий, с другой стороны, гностических апраксий.

Возникновение противоречий в учении об апраксиях потребовало коренного пересмотра исходных субъективно-психологических положений, выхода за пределы психоморфологических концепций и значительного расширения физиологического анализа мозговых механизмов произвольного двигательного акта.

Исследования Вильсона (1903), Хеда (1920), Петцля (1937) и др. показали важную роль синтеза кинестетических импульсов в организации двигательных актов. В последние годы Кричли (1958) и Денни-Браун (1952—1956) сделали предметом своих тщательных исследований те физиологические условия, которые лежат в основе апраксий. Эти исследования, направленные на преодоление разрыва между патологией сравнительно элементарных и сложных форм двигательного акта и на изучение физиологической стороны нарушений, лежащих в основе апраксических расстройств, находятся еще на самых ранних стадиях.

Как указано выше, вопросы организации двигательного акта являются сложной, многогранной и во многом еще не решенной проблемой. Исторически сложившаяся как проблема объединения элементарных движений в сложный комплекс, она позволила выявить существенные противоречия в классической методологии и во многом способствовала постановке новых проблем как в неврологии и общей физиологии, так и в кибернетике и теории автоматического управления.

Представляется, что пути дальнейшего развития этой проблемы должны быть тесно связаны с учетом того обстоятельства, что движение — это не самоцель и не самостоятельное, направленное на самое себя, отправление организма. Движение есть компонент поведения, такого вида целенаправленной деятельности организма, задачей которого является достижение определенного соответствия организма и окружающей его среды. Именно относительно поведения, в структуре двигательного поведенческого акта мы считаем необходимым рассматривать всякое движение. Развитием клинической и экспериментальной неврологии и в особенности теории функциональной системы поведенческий акт выделен в качестве элемента поведения, обладающего необходимой полнотой свойств и обеспечивающего получение приспособительного эффекта. Это обстоятельство со всей остротой ставит целый ряд вопросов, связанных с методами квалификации поведенческих актов, их оценкой, классификацией и определением. При решении этих вопросов представляется крайне целесообразным использовать опыт, накопленный невропатологией двигательных расстройств и, в частности, нарушений целенаправленных движений, апраксий. Правда, надо отметить, что состояние указанных проблем таково, что их следует рассматривать в стадии становления, нежели считать решенными. Несмотря на сказанное о степени теоретической разработанности этих проблем, богатейший материал клиники и клинико-морфологические сопоставления заставляют отнести к проблеме праксиса самый внимательным образом. Как нам представляется, ее разработка должна базироваться на положении теории функциональной

системы о том, что ключевым системообразующим фактором любого поведенческого акта является результат деятельности системы, параметры которого обеспечивают получение организмом полезного приспособительного эффекта.

Указанное обстоятельство является основанием к тому, что характер и структуру входящих в состав функциональной системы моторных действий рассматривать не изолированно, как абсолютные пространственно-временные организации, а характеризовать их относительно планируемого или достигнутого результата.

Заключение

Проблема управления движением сложилась как самостоятельное научное направление в последние годы, главным образом под влиянием технических проблем и кибернетики. Однако это не означает, что механизмы управления и регуляции движений ранее не были предметом исследования. В течение длительного времени движение было практически единственным индикатором, по характеру деятельности которого судили о состоянии и особенностях функционирования нервной системы.

Развитие проблемы управления в последние годы поставило перед наукой целую серию новых и в высшей степени сложных вопросов, разработка которых привела к возникновению новых научных дисциплин и научных направлений. Среди них мы прежде всего должны указать на кибернетику, которая сделала своим предметом управление. На повестку дня стали такие задачи, как, например, автоматическая реализация управления по смыслу. Разработка указанной проблемы уже сейчас дает основание считать, что дальнейший прогресс будет в значительной степени связан с разработкой не численных, формальных подходов (семиотика), а новых логических приемов для оперирования явлениями (математизация диалектической логики).

Именно трудности, возникшие при разработке проблемы управления, наиболее отчетливо продемонстрировали необходимость активной разработки системного подхода, в рамках которого проблема управления стала все теснее связываться с такими проблемами, как проблема цели и целеполагания, целостности, организации, иерархии и т. д. Именно теория функциональной системы превратила двигательное действие, движение из самоцели в этап поведенческого акта, целью которого является получение полезного приспособительного эффекта.

Как известно, системный подход представляет собой методологию, согласно которой предметом исследования должен быть целостный объект. Системный подход базируется на представлении о том, что целому присущи особое свойство и закономерность. не

выводимая из свойств элементов данной системы. Именно целое в этом смысле представляет собой замкнутый законченный объект рассмотрения. Системное движение в науке, возникшее в последние годы, является преемником философской проблемы целостности, которая своими корнями уходит в античную философию.

Однако, несмотря на широкий интерес к системным проблемам, наличия специфической формалистики системного подхода в достаточно разработанном виде на сегодня мы еще не имеем. В настоящее время наиболее разработанная архитектура и специфические системные механизмы даны пока только в теории функциональной системы, разработанной П. К. Анохиным.

Согласно представлениям П. К. Анохина, любая система, любой целостный объект имеет единую архитектуру. Фактором целостности системы является результат. С позиции теории функциональной системы результат представляет собой образование, возникающее в среде под влиянием действия, т. е. результат является эффектом взаимодействия двух факторов: среды и действия.

Важно подчеркнуть, что в теории функциональной системы системными объектами являются не только структурные образования, но и, что самое важное, на данном этапе функции. Именно это и явилось основанием назвать разработанную теорию теорией функциональных систем. Согласно этой теории такой «традиционно-функциональный» объект исследования, как поведение, является функциональной системой. Выделяя специфические стадии, которые проходит в своем формировании любая система, теория функциональной системы является инструментом квалификации явления, выполняя этим самым свою методологическую функцию. Подход, провозглашенный теорией функциональной системы, уже сегодня позволил по-новому ставить задачи исследования таких важных проблем, как, в частности, проблема управления. Проблема управления с позиций теории функциональной системы превращается из проблемы поиска методов формирования определенной последовательности действий в проблему организации специфической системы, в условиях существования которой данный поток действия будет необходимым закономерным этапом ее функционирования.

Как уже указывалось выше, предмет нашего анализа—управление движением, как специфическая научная проблема, сформированная в рамках аналитического подхода. Согласно этому подходу, управление движением есть процесс формирования команд к тем или иным мышечным группам организма. Видимо, поэтому в работах, которые носят название «управление движением...», «регуляция движения», «уровни построения движения», «механизмы управления движением», мы, в основном, находим сведения о составе и

характере участия тех или иных мышечных групп, включенных в определенное движение, либо сведения о заинтересованности и характере участия отдельных нервных или мышечных образований в условиях существования мышечного сокращения.

Как уже говорилось, теория функциональной системы предлагает рассматривать процесс управления движением только в рамках двигательного акта, поскольку двигательный поведенческий акт, с одной стороны, обладает необходимой полнотой свойств, обеспечивающих организму получение полезного приспособительного эффекта, с другой стороны, обладает необходимой полнотой свойств, присущих целостному объекту.

Рассматривая двигательный акт, мы вместе с тем должны учитывать то обстоятельство, что каждый такой двигательный акт формируется организмом. Процесс формирования двигательного акта определяется по меньшей мере тремя факторами: 1) он должен быть направлен на удовлетворение доминирующей в данный момент потребности (мотивации); 2) результат двигательного акта по своим афферентным параметрам должен соответствовать своей афферентной модели, сформированной в акцепторе результатов действия; 3) двигательный акт характеризуется взаимодействующими отношениями subsystemов в целостной интеграции, направленной на достижение полезного приспособительного результата.

Таким образом, каждый двигательный акт должен удовлетворять своеобразной иерархии целей: макроцель — удовлетворение ведущей мотивации (описание цели в категориях состояния системы); микроцель — формирование модели в акцепторе действия (описание в категории афферентных параметров реально достигаемого результата); тактика достижения микроцели — программа действий (описание цели на языке состава и качества действий).

Дополнительными аргументами в пользу выделения двигательного акта в качестве целостного объекта исследования, с позиций и в рамках которого мы должны оценивать процесс организации движения, являются факты избирательного системного созревания структур организма, участвующих в обеспечении той или иной физиологической функции. Именно эти факты послужили для П. К. Анохина основанием рассматривать онтогенез организма как процесс, направляемый и интегрируемый формирующейся функциональной системой, как процесс системогенеза.

В пользу рассмотрения движения в рамках двигательного акта говорит и анализ клинических форм расстройств приспособительной деятельности — апраксий. Надо сказать, что проблема апраксий поставлена как научная проблема усилиями клиницистов — невропатологов и психологов, а не физиологов. И это понятно — в рамках классической рефлекторной теории не находили своего

места ни проблема целенаправленного, ни проблема целенаправленной деятельности. Физиологический анализ апраксий становится возможным только в рамках теории функциональной системы.

Настоящий этап развития системного подхода характеризуется не только новым взглядом на уже известные явления, не только наступающим прояснением в ранее запутанных областях, но и, пожалуй, в большей мере, постановкой новых вопросов и новых проблем. Одним из таких вопросов, вставших перед наукой в совершенно новой плоскости, является вопрос о членении сложного явления на более простые его составляющие. В классической, аналитической методологии деление сложного явления на простые составляющие базировалось либо на структурных, либо на морфофункциональных критериях. Примером первого, структурного членения сложного объекта в процессе его анализа может служить выделение в составе целостного организма органов, клеточных образований, биохимических и химических элементов и т. д. Примером второго, морфофункционального членения является выделение совокупности тканевых образований, выполняющих однотипную функцию, например, «нервная система», «мышечная система», «кровеносная система» и т. д. Надо сказать, что уже в недрах классической физиологии начали складываться и элементы специфически системного подхода к выделению «подсистем организма». Примером такого подхода к членению является выделение системы органов пищеварения, системы органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и т. п., системной организации в виде, например, целого поведенческого акта. Нетрудно понять, что, раскрыв реальные физиологические механизмы объединения функциональных систем различных уровней, мы приблизились бы к решению проблемы органического объединения анализа и синтеза в самом исследовательском процессе. При образовании иерархии систем всякий более низкий уровень систем должен как-то организовать контакт результатов, что и может составить следующий, более высокий уровень систем.

«Все эти соображения,— пишет П. К. Анохин (1973),— приводят нас к окончательному и фундаментальному выводу о составе иерархии: все функциональные системы, независимо от уровня своей организации и от количества составляющих их компонентов, имеют принципиально одну и ту же функциональную архитектуру, в которой результат является доминирующим фактором, стабилизирующим организацию систем...

Очевидно, организм формирует свои системы именно таким образом, и только при этом можно организовать системы с обширным количеством компонентов. Естественно, что в этом случае «иерар-

хия систем» превращается в иерархию результатов каждой из систем предыдущего уровня» (стр. 36—39).

Мы специально привели данное высказывание П. К. Анохина с тем, чтобы подчеркнуть значение проблемы иерархии не только в абстрактно-теоретическом плане, но и подчеркнуть ее экспериментальный и прикладной аспект.

Как нам представляется, это обстоятельство приобретает особую важность как при анализе моторного поведения человека, так и при синтезе двигательных актов работы. В самом деле, в какой мере возможны рассмотрение и анализ отдельного локального акта без учета наличия функциональной системы поддержания позы? Ведь сам локальный двигательный акт становится возможным и оправданным в его приспособительном смысле только в содружестве и в содействии с позной деятельностью.

Именно эти аспекты исследования движения нашли свое развитие в работах школы П. К. Анохина (А. И. Шумилина, 1949; И. Н. Корякина, 1958; Г. Ц. Агаян, 1967).

Таким образом, проблема иерархии вырисовывается как многоплановая проблема, органически связанная с другими системными категориями. Сейчас совершенно ясно, что учение о иерархии — это раздел системологии, ее неотъемлемая часть. В самом деле, уже первые шаги формирования теории функциональной системы оказались связанными с необходимостью учитывать иерархию афферентации (пусковая и обстановочная) для реализации афферентного синтеза.

Говоря о сложном двигательном акте, мы упираемся в необходимость учета позного и локального компонентов двигательного акта, на необходимость учета этой своеобразной иерархии результатов для характеристики целенаправленной деятельности.

Хотелось бы обратить внимание и на то обстоятельство, что, подчеркивая значение ведущей мотивации при формировании поведения, П. К. Анохин указывал на наличие в каждый данный момент некоторой совокупности мотиваций, среди которых им выделялась ведущая. Указывая на множественность афферентаций, результатов, мотиваций, мы хотим не столько отметить сложность процесса формирования функциональной системы, сколько обратить внимание на множественность как логически необходимую категорию, которая, по-видимому, требует специального рассмотрения.

Учет фактора множественности указанных компонент уже сегодня требует использования адекватных исследовательских приемов и адекватных формальных методов для их описания.

Итак, отмечая необходимость системного подхода в изучении проблемы управления движением, мы считаем целесообразным об-

ратить внимание, во-первых, на то, что эту проблему следует рассматривать в рамках поведенческого акта, как звено в процессе его формирования. Во-вторых, на необходимость учета иерархичности организации любого двигательного акта, на способы и механизмы объединения подсистем в систему двигательного поведения.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДВИЖЕНИЯ К ЕЕ ДЛИТЕЛЬНОМУ НЕИСПОЛЬЗОВАНИЮ

В. И. Царапкин

Волгоградский государственный
институт физкультуры

В спортивной и трудовой двигательной деятельности человека встречаются, различные по своей длительности, вынужденные перерывы. Изменение результата двигательной деятельности при таких перерывах рассматривается в основном как следствие снижения в это время двигательной активности человека. Поэтому и исследования влияния таких перерывов проводятся, как правило, при полном или частичном обездвиживании человека или в условиях прекращения его активной тренировочной работы.

Данные, полученные в таких исследованиях, показывают, что длительные перерывы в двигательной деятельности человека неблагоприятно сказываются на его двигательных возможностях. Так, прекращение систематических мышечных тренировок приводит к снижению двигательных функций человека (Н. David, 1961; Л. И. Какурин, В. С. Катковский, 1963; В. Л. Марищук и соавт., 1967; В. В. Парин, О. Г. Газенко и соавт., 1974, и др.). Например, достигнутый тренировкой в лабораторных условиях определенный уровень мышечной силы при ее прекращении сохраняется не более 18 месяцев (И. Г. Васильев, 1953, 1954; А. В. Коробков, 1953, 1968), причем процесс снижения силы наблюдается весь этот период. При полном ограничении двигательной активности человека (например, при обездвиживании) в основном снижается сила антигравитационной мускулатуры (В. И. Степанцев, Л. В. Еремин и М. А. Тихонов, 1974). Кроме мышечной силы, уязвимы и такие параметры движения, как быстрота и точность его выполнения.

В спортивной деятельности длительные перерывы, при которых прекращается вся тренировочная работа, встречаются довольно редко (болезнь, переезды). Чаще наблюдаются перерывы в специ-

фической тренировочной работе, связанные с сезонностью ряда видов спорта, например, гребного спорта, лыжного и т. д. Сюда же можно отнести перерывы в трудовой двигательной деятельности, связанные, например, с очередным профсоюзным отпуском. Таким образом, мы встречаемся со случаями, когда происходит перерыв не вообще в двигательной деятельности человека, а только перерыв в использовании какой-либо одной, конкретной функциональной системы движения, которая обыкновенно до перерыва тренируется длительное время. Так как общая двигательная активность человека в этот момент не только не уменьшается, но может даже значительно увеличиться, то дефицита двигательной активности не происходит, и поэтому данные, полученные в условиях полной или относительной гиподинамии, могут быть применены при исследовании устойчивости функциональной системы движения крайне осторожно.

Как правило, в сезонных видах спорта в период вынужденного перерыва в специфической двигательной деятельности она заменяется выполнением другой разнообразной деятельности, направленной на сохранение или повышение подготовленности спортсмена. Например, в имеющихся многочисленных рекомендациях по сохранению и повышению силовых возможностей спортсменов, занимающихся сезонными видами спорта (В. А. Орлов, А. Э. Рапкин, 1967; В. А. Орлов, 1972; К. Адам, 1973; Н. В. Моржевиков, В. А. Орлов, 1973; Г. П. Неминуший, 1973; А. Н. Беркутов, 1974; Л. В. Драчевский, 1976), рекомендуется, в основном, использовать упражнения, направленные на развитие мышечных групп, осуществляющих специфическое движение спортсмена. Большинство из рекомендуемых упражнений имеет структурную схожесть со специфическим спортивным движением, но выполнение их направлено на реализацию совершенно иных целей движения. Таким образом, эти рекомендации основываются на предположении, что силовые возможности спортсмена, проявляемые в его рабочем движении, определяются силой отдельных мышечных групп, осуществляющих спортивное движение, и поэтому, повышая силу этих мышц, возможно повысить (или сохранить при перерыве) силовые возможности спортсмена, проявляемые в его специфическом движении (В. И. Чудинов, 1966; А. И. Мульчин, В. И. Чудинов, 1966). Такое представление дает возможность считать причиной снижения двигательных возможностей человека при длительном перерыве в его двигательной деятельности детренированность мышечных групп, осуществляющих движение.

Однако имеется и другое представление о причинах, приводящих к снижению результата движения при его длительном неиспользовании. Так, Н. А. Бернштейн (1947) считал, что «большие

промежутки времени (порядка недель или месяцев) неиспользования той или иной констелляции навыков, т. е. неупражнения последнего, деавтоматизируют навык в сравнительно крупном масштабе, так что для реавтоматизации требуется настойчивое упражнение...»¹ Однако механизмы, лежащие в основе этого явления, остались неисследованными.

Исследование вопросов, связанных с ограничением специфической двигательной деятельности, весьма перспективно с позиции теории функциональных систем (П. К. Анохин, 1935—1974; К. В. Судаков, 1968—1976; Н. Ю. Беленков, 1973, 1975, 1976), в которой необходимый результат действия представляет самостоятельную физиологическую категорию. С позиции этой теории исследование устойчивости функциональной системы движения к ее длительному неиспользованию приобретает другое звучание, ибо в этом случае исследуется влияние на системную организацию движения длительного ограничения функции результата движения как системообразующего фактора. Таким образом, такое исследование в какой-то степени может приблизить нас к ответу на вопрос: что же является определяющим в подготовленности человека к получению результата в конкретной двигательной деятельности — функциональная системная организация элементов (например, взаимодействие активности мышц) или локальные изменения отдельных элементов системы (тренированность отдельных мышц)?

Задача исследования устойчивости функциональной системы движения спортсмена к ее длительному неиспользованию решалась нами на основе эксперимента, в котором, при сохранении прежней активности мышц, осуществляющих специфическое движение — элементов системы, ограничивалось действие специфического результата движения как системообразующего фактора. С этой целью мы использовали перерыв в специфической двигательной деятельности спортсменов-ребцов. Гребной спорт — сезонный вид, и так как в зимний период грести на воде нельзя, тренировочные занятия на воде заменяются тренировками на суше (в зале), которые основываются на использовании различных общеразвивающих и специальных упражнений. Таким образом, создаются условия, при которых ограничено действие результата специфического движения гребца как системообразующего фактора, при сохранении общей двигательной активности спортсмена.

Организация и методика исследования

Группа испытуемых из 12 человек гребцов-академистов (стаж тренировочной работы 3,5 года) в течение 16 недель вместо тренировочной работы в лодке занималась в зале, выполняя специаль-

¹ Н. А. Бернштейн. О построении движения. М., 1947.

ные упражнения. Эти упражнения подбирались на основе электромиографических исследований (В. И. Царапкин, 1969; В. И. Царапкин, А. М. Кандауров, 1968) так, чтобы их структура была сходной с движениями гребца-академиста и при их выполнении биоэлектрическая активность мышц, несущих основную нагрузку при выполнении гребка, была на уровне или несколько выше активности этих мышц при гребле в лодке. Некоторые из этих упражнений использовались как тестовые задания (см. табл. 1).

В эксперименте фиксировались следующие показатели, позволяющие исследовать изменение результата специфического движения гребца: максимальная мышечная сила, проявляемая спортсменами в движении гребца; точность воспроизведения силовых параметров движения гребца; время, затрачиваемое спортсменами на создание стандартного рабочего усилия, с одновременной регистрацией в этом же движении латентного периода двигательной реакции на световой раздражитель. Для этого была разработана и использовалась методика регистрации этих показателей с одновременной записью ЭМГ внутренней головки четырехглавой мышцы бедра, так как быстрота гребка в этом виде спорта (академическая гребля) зависит от скорости разгибания ног (Ю. Т. Шапков, 1964). Запись проводилась на двухканальном электромиографе ЭМК-2-01 со скоростью протяжки киноплетки 200 мм/сек.

На основании данных А. М. Шведова, А. Н. Шебуева (1966), Ю. А. Жигалова и др. (1967), величина стандартного рабочего усилия была определена в 50 кг. Исследование изменений параметров результата движения гребца проводилось с использованием предложенного нами аппарата, представляющего металлическую конструкцию с включенным в нее рабочим местом гребца-академиста. Аппарат давал возможность путем переставления подножки и перекладины (рукоятки весла) фиксировать спортсмена в позе, соответствующей любой точке амплитуды рабочего движения спортсмена в лодке (фаза проводки—гребка), и измерять в этой позе необходимые силовые показатели, в т. ч. и время создания усилия. В качестве неспецифического для этого вида спорта движения взято движение сжатие кисти, которое во время эксперимента специально не тренировалось, но и его использование не было специально ограничено. В этом движении фиксировались: максимальная мышечная сила и точность воспроизведения силовых параметров результата этого движения.

Учитывая, что режим измерения максимальной мышечной силы имеет большое тренировочное влияние и может явиться фактором поддержания силы в измеряемом движении (К. Walter, 1965; С. Morehouse, 1967), регистрация данных проводилась в начальных и заключительных опытах.

Результаты исследования

Данные заключительного опыта показали, что результаты в специальных упражнениях, на которых основывалась тренировка в период эксперимента, у всех испытуемых повысились, в среднем по группе, от 3,4 до 12,4% (табл. 1). Увеличилась и максимальная сила кисти (9,0%), т. е. произошло повышение силы в том движении, которое специально не тренировалось. Достоверно увеличился вес испытуемых (1,8%) и периметр бедра (2,9%), что, по мнению

Таблица 1

Изменение результатов в специальных упражнениях

Изучаемый показатель	Ед. изм.	Опыт	\bar{X}	Разность		P																																								
				$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	%																																									
Телчок штанги	кг	I	70,8	$+8,8 \pm 1,91$	12,4	<0,001																																								
		II	79,6				Прыжок в длину с места	см	I	249,7	$+8,5 \pm 1,48$	3,4	<0,001	II	258,2	Бросок ядра за спину	см	I	849,5	$+85,7 \pm 19,9$	10,0	<0,01	II	935,2	Сила кисти	кг	I	62,0	$+5,6 \pm 1,54$	9,0	<0,001	II	67,6	Окружность бедра	см	I	50,1	$+1,5 \pm 0,06$	2,9	<0,001	II	51,6	Вес тела	кг	I	74,3
Прыжок в длину с места	см	I	249,7	$+8,5 \pm 1,48$	3,4	<0,001																																								
		II	258,2				Бросок ядра за спину	см	I	849,5	$+85,7 \pm 19,9$	10,0	<0,01	II	935,2	Сила кисти	кг	I	62,0	$+5,6 \pm 1,54$	9,0	<0,001	II	67,6	Окружность бедра	см	I	50,1	$+1,5 \pm 0,06$	2,9	<0,001	II	51,6	Вес тела	кг	I	74,3	$+1,4 \pm 0,45$	1,8	<0,01	II	75,7				
Бросок ядра за спину	см	I	849,5	$+85,7 \pm 19,9$	10,0	<0,01																																								
		II	935,2				Сила кисти	кг	I	62,0	$+5,6 \pm 1,54$	9,0	<0,001	II	67,6	Окружность бедра	см	I	50,1	$+1,5 \pm 0,06$	2,9	<0,001	II	51,6	Вес тела	кг	I	74,3	$+1,4 \pm 0,45$	1,8	<0,01	II	75,7													
Сила кисти	кг	I	62,0	$+5,6 \pm 1,54$	9,0	<0,001																																								
		II	67,6				Окружность бедра	см	I	50,1	$+1,5 \pm 0,06$	2,9	<0,001	II	51,6	Вес тела	кг	I	74,3	$+1,4 \pm 0,45$	1,8	<0,01	II	75,7																						
Окружность бедра	см	I	50,1	$+1,5 \pm 0,06$	2,9	<0,001																																								
		II	51,6				Вес тела	кг	I	74,3	$+1,4 \pm 0,45$	1,8	<0,01	II	75,7																															
Вес тела	кг	I	74,3	$+1,4 \pm 0,45$	1,8	<0,01																																								
		II	75,7																																											

P. O'Shea (1966), является показателем увеличения мышечной массы испытуемых.

Эти данные, а также появившаяся во втором опыте корреляционная зависимость результатов упражнений, применяемых в тренировке во время эксперимента, от показателей периметра бедра и веса тела испытуемых (табл. 2), показывают, что функциональная подготовленность мышечных групп, осуществляющих эти движения, во время эксперимента не только не снизилась, но даже несколько повысилась.

Однако на фоне повышения результатов в специальных упражнениях, а также в движении, которое специально не тренировалось, во время реализации цели в которых специально не ограничивалась (например, движение кисти), параметры результата двигательного

Таблица 2

Изменение корреляционной зависимости результатов выполнения контрольных упражнений от объема бедра и веса тела испытуемых

г × 1000

Показатель	Опыт	Результат в толчке штанги		Результат в прыжке в длину		Результат в броске ядра	
		I	II	I	II	I	II
Вес тела	I	456	—	471	—	113	—
	II	—	847	—	562	—	352
Окружность бедра	I	270	—	360	—	306	—
	II	—	583	—	594	—	300

Таблица 3

Изменение максимальной мышечной силы в специфическом движении гребца (кг)

Исследуемый показатель	Опыт	X	Разность		P	
			$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	%		
Максимальная сила	80°	I	116,2	-17,9 ± 4,32	15,4	<0,01
		II	98,3			
	100°	I	218,3	-35,0 ± 7,54	16,0	<0,001
		II	183,3			
	120°	I	431,6	-69,6 ± 19,8	16,0	<0,01
		II	362,0			
Максимальная сила	70°	I	177,9	-10,8 ± 2,73	6,0	<0,01
		II	167,1			
	90°	I	176,5	-10,7 ± 2,02	6,1	<0,001
		II	165,8			
	110°	I	183,7	-18,7 ± 3,74	10,3	<0,001
		II	165,0			
Максимальная сила в полной координации		I	173,2	-19,1 ± 4,24	10,8	<0,001
		II	154,1			

акта гребца за период эксперимента достоверно снизились (табл. 3).

Так, максимальная мышечная сила, измеряемая в рабочей позе спортсмена, при содружественной координации рук, туловища и ног, характерной для работы в лодке — «в полной координации», снизилась на 10,8%. Уменьшилась на 15,4—16,0% максимальная сила ног. Максимальная мышечная сила при разгибании тулови-

ща, проявляемая в рабочем движении гребца, снизилась на 6,1 — 10,3—10,8% (соответственно точкам измерения).

Данные эксперимента показывают, что снижение максимальной силы произошло только в том движении, в котором длительное время отсутствовала обратная афферентация о параметрах результата. Близкие к нашим данные получены и другими авторами, например, при исследовании изменения мышечной силы в условиях невесомости. Найдено, что у космонавтов снижается сила только в движениях, направленных в земных условиях на преодоление гравитации (В. И. Степанцев с соавт., 1974). Невозможность реализации этой цели в космосе вызвала у космонавтов, например, снижение становой силы, сила же кисти у них не изменилась (табл. 4).

Таблица 4

**Изменение мышечной силы
у экипажа корабля «Союз-9»
(В. И. Степанцев, А. В. Еремин, М. А. Тихонов, 1974)**

	А. К. Николаев		В. И. Севастьянов	
	до полета	после полета	до полета	после полета
Становая сила, кг	170	120	190	125
Сила кисти, кг				
правой	54	54	44	44
левой	52	52	36	36

Расчет корреляционных связей между величиной максимальных усилий, создаваемых испытуемыми при содружественной активности ног, туловища и рук — «в полной координации гребца», с результатами, достигнутыми в контрольных упражнениях (табл. 5), показал, что величина рабочего усилия гребца на этом

Таблица 5

**Изменение корреляционных связей
максимальной мышечной силы
в специфическом движении с результатами
в тренировочных упражнениях**

г × 1000

Опыт	Толчок штанги	Бросок ядра	Прыжок в длину	Сила кисти	Окружность бедра	Вес тела
I	403	320	—082	224	197	288
II	329	—037	—033	124	<u>609</u>	<u>672</u>

уровне спортивной подготовленности от результатов выполнения упражнений не зависит.

Таким образом, можно полагать, что функциональные системы, направленные на достижение различных конечных результатов движения, в своем функционировании не зависят друг от друга, несмотря на то, что основные мышцы, осуществляющие эти движения, идентичны. При рассмотрении корреляционных связей между показателями максимальной силы, создаваемой в «полной координации гребца», с показателями максимальной мышечной силы, измеряемой отдельно для ног и спины испытуемых, обнаружено, что в начале эксперимента основное рабочее усилие гребца имеет значительную связь с этими показателями (табл. 6), в конце экспери-

Таблица 6

Корреляционные связи
между максимальной
мышечной силой
в движении гребца
(в полной координации)
и максимальной силой ног
и туловища в этом же движении
г × 1000

Опыт	Силы ног	Силы спины
I	<u>566</u>	<u>929</u>
II	<u>354</u>	<u>655</u>

мента такая связь или распалась (с силой ног), или значительно понизилась (с силой спины). Эти данные дают возможность считать, что в начале эксперимента результат движения гребца достигался путем взаимодействия подсистем, объединенных в одну функциональную систему (в данном случае активность ног и туловища в отдельности можно рассматривать как функционирование системных образований, объединенных результатом двигательного действия в «полной координации гребца»).

В конце эксперимента, под влиянием длительного перерыва в специфической деятельности спортсменов, это системное образование распалось и подсистемы стали не взаимодействовать, а взаимодействовать при создании выходного рабочего усилия гребца. Можно предположить, что такое явление произошло и на уровне мышечных групп, т. к. создание максимального рабочего усилия в «полной координации» стало зависеть от величины мышечной массы испытуемых, чего не наблюдалось в начальном опыте (табл. 5).

Полученные данные показали, что перерыв в специфической двигательной деятельности, с сохранением активности основных мышечных групп, практически не отразился на латентном периоде двигательной реакции, определяемой в специфическом движении спортсмена (табл. 7). При этом обнаружилась даже некоторая тенденция к уменьшению этого показателя ($P > 0,05$).

Таблица 7

Изменение латентного времени двигательной реакции на световой раздражитель

Опыт	\bar{X}	Разность		P
		$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	%	
I	0.2090	-0,0355 \pm 0,0181	16,9	> 0,05
II	0.1735			

Эти данные дают возможность думать, что время обработки звуковой афферентации, имеющей зрительную модальность, в данном случае не изменилось потому, что оно не входит в афферентную модель результата движения гребца, не используемого во время эксперимента.

Другой исследуемый показатель — время, затрачиваемое испытуемыми на создание стандартного рабочего усилия, за время эксперимента значительно увеличилось (табл. 8), причем, все индивидуальные изменения этого показателя были однонаправленны.

Таблица 8

Изменение времени, затрачиваемого испытуемыми для создания стандартного рабочего усилия

Опыт	\bar{X}	Разность		P
		$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	%	
I	0,0480	+0,0260 \pm 0,0061	58,5	< 0,01
II	0,0740			

Изменился характер биоэлектрической активности внутренней головки четырехглавой мышцы бедра, регистрируемой при выполнении рабочего движения гребца. Если в исходном опыте ее активность продолжалась несколько больше времени, затрачиваемого на создание стандартного рабочего усилия, но все же имела хорошо выраженные границы «залпа», то в заключительном опыте время активности этой мышцы значительно увеличилось.

Таким образом, полученные данные показывают, что за период эксперимента снизили свою функциональную значимость только те стороны двигательных возможностей человека, которые отражают влияние прерванного движения на внешнюю среду, т. е. мышечная сила и проявления этой силы во времени.

Мы предполагаем, что длительное отсутствие обратной афферентации, подкрепляющей афферентную модель результата специфического двигательного действия (ограниченного на время эксперимента), вызвало нарушение (вытормаживание) выработанной ранее, в течение тренировочных занятий, афферентной модели результата действия. Так как акцептор результатов действия по своей функциональной сущности представляет собой как модель-эталон результата, так и образование, сличающее полученный результат действия с этим эталоном (П. К. Анохин, 1968, 1970, 1973; К. В. Судаков, 1971, 1976; В. А. Поляnceв, 1974), то нарушение афферентной модели результата двигательного действия вызывает и изменение функции акцептора результатов действия как аппарата сличения, что не может не сказаться на точности воспроизведения силовых параметров результата специфического движения.

Результаты проведенного исследования полностью подтвердили это предположение.

Оказалось, что длительное ограничение одного вида двигательной деятельности, при сохранении общей двигательной активности, по-разному сказалось на воспроизведении силовых параметров специфического и неспецифического для двигательной деятельности гребца результата. Так, при воспроизведении произвольных мышечных усилий в специфическом движении гребца точность их воспроизведения значительно снизилась (табл. 9). Обратная кар-

Таблица 9

Изменение в эксперименте точности воспроизведения основных параметров результата в специфическом и неспецифическом движениях (в %)

Показатель	Условия воспроизвед.	Опыт	\bar{X}	$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	P
Точность воспроизвед. в специфическ. движении	С открытыми глазами	I	94,8	$-2,2 \pm 0,78$	$< 0,01$
		II	92,3		
	С закрытыми глазами	I	93,6	$-2,9 \pm 1,2$	$< 0,05$
		II	90,7		
Точность воспроизвед. в неспецифич. движении	С открытыми глазами	I	91,6	$+3,0 \pm 1,10$	$< 0,02$
		II	94,6		
	С закрытыми глазами	I	90,8	$+4,9 \pm 1,47$	$< 0,01$
		II	95,7		

тина наблюдалась при воспроизведении мышечных усилий при сжимании кисти, где точность повторения достоверно повысилась.

Можно предположить, что более разнообразная тренировочная работа в период эксперимента повлекла за собой и более разнообразную активность рук, что в какой-то мере обогатило акцептор результатов действия в этом движении.

Таким образом, следует, что отсутствие обратной афферентации о параметрах достигнутого результата движения привело к вытормаживанию неиспользуемой афферентной модели как ненужной для данного момента (П. К. Анохин, 1968) другими, доминирующими в период эксперимента системами возбуждения.

Однако можно предполагать, что изменение цели движения спортсменов при таком вынужденном перерыве в специфической тренировочной работе происходит только в системе, функционирующей на информации, в которой закодированы изменения силовых параметров результата этого движения.

На уровне социального результата, ибо спорт — социальное явление, такой перерыв в специфической двигательной деятельности гребца может не вызвать каких-либо изменений в функциональной системе, функционирующей на социальной информации, т. к., используя в тренировочной работе специальные упражнения, направленные на развитие основных мышечных групп, необходимых гребцу, спортсмены (гребцы) считают, что этим совершенствуют и спортивный результат на воде. Поэтому перерыв в достижении специфического результата движения не вызывает у спортсменов отрицательных эмоций и тем более стрессовых состояний.

З а к л ю ч е н и е

Результат настоящего исследования показывает, что длительный перерыв в специфической двигательной деятельности, при которой отсутствует подкрепление афферентной модели результата движения обратной афферентацией о параметрах достигнутого результата, приводит к вытормаживанию системной организации этой деятельности. Вытормаживание функциональной системы движения спортсмена при длительном ее неиспользовании, несмотря на сохранение (и даже повышение) функционального состояния основных в этом движении мышц (элементов системы), приводит к значительному снижению возможности специфического взаимодействия организма спортсмена с внешней средой, что проявляется как снижение параметров результата этого движения.

Таким образом, результат взаимодействия организма спортсмена (с большим стажем тренировочной работы) с внешней средой

определяется функциональным системным образованием, направленным на получение определенного результата. Свойства такой функциональной системы движения, как показывают данные настоящего исследования, не выводимы из свойств элементов, объединенных в эту систему, т. е. не могут быть выведены из подготовленности мышечных групп, осуществляющих тренируемое движение.

Полученные в исследовании данные дают возможность думать, что одной из основных причин снижения результата в движении, которое длительное время не используется, является изменение отношений между элементами функциональной системы этого движения; от отношений взаимодействия между ними к отношениям взаимодействия. Результаты исследования дают также основания сделать вывод, что системная организация движения человека, возникающая на основе обучения, — образование нестойкое и для своего функционирования требует постоянного подкрепления афферентацией о параметрах достигнутого во внешней среде результата этого движения.

ЛИТЕРАТУРА

- Адам К. В сб.: «Гребной спорт». ФиС, М., 1973, с. 57.
- Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., «Медицина», 1968, с. 548.
- Анохин П. К. Теория функциональной системы. «Успехи физиол. наук». Т. 1, 1970, с. 19—54.
- Анохин П. К. В кн.: «Принципы системной организации функций». М., «Наука», 1973, с. 5—61.
- Беленков Н. Ю. Энграмма как эквивалент пусковой афферентации. «Успехи физиол. наук», 1973, с. 53—64.
- Беленков Н. Ю. Фактор структурной организации мозга. «Успехи физиол. наук», 1975, 6, с. 3—187.
- Беленков Н. Ю. Память как эффектогенное начало в механизме условного рефлекса. «Успехи физиол. наук», 1976, 7, 4, с. 120—133.
- Беркутов А. Н. В кн.: «Гребной спорт», М., 1974, с. 22—24.
- Бернштейн Н. А. О построении движений. Медгиз, 1974.
- Васильев И. Г. Труды Краснознамен. военного инстит. физкульт. и спорта им. В. И. Ленина. Л., 1953, 6, с. 91—117.
- Васильев И. Г. Труды Краснознамен. военного инстит. физк. и спорта им. В. И. Ленина. Л., 1954, с. 7.
- Драчевский Л. В. В сб.: «Гребной спорт». ФиС, М., 1976, с. 14—15.
- Жигалов Ю. И., Карпович С. В., Лазарева А. М., Момот Е. В., Моржеви-ков Н. В. Материалы итог. научной конф., посвящ. 50-летию Великой Октябрьской социал. револ. Л., 1967, с. 74.
- Какурин Л. И., Катковский В. С. Некоторые физиологические аспекты длительной невесомости. В обзоре: «Физиология человека и животных за 1964 год» М., 1966, с. 6—35.
- Кандауров А. М., Царапкин В. И. Материалы X Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. Т. II, М., 1968, с. 25.
- Коробков А. Ю. Материалы к вопросу о физическом обосновании тренировки частоты движений. Автореф. канд. дисс. Л., 1953.

- Марищук В. Л., Наумов Г. Ф., Шапов М. М. Военно-медицинский журнал. 1967, 6, с. 40—42.
- Моржевилов Н. В., Орлов В. А. В сб.: «Научно-метод. работы по гребному спорту». Л., 1973, с. 38—46.
- Мульчин А. И., Чудинов В. И. Материалы IX Всесоюзн. научн. конф. по физиол., морфол. и биомех. мышечной деятельности. М., 1966, 2, с. 101.
- Неминуший Г. П. В сб.: «Гребной спорт». ФиС, М., 1973, с. 52—54.
- Орлов В. А. В сб.: «Гребной спорт». ФиС, М., с. 29—37.
- Орлов В. А., Рапкин А. Э. Материалы к итог. научн. конф., посвящ. 50-летию Великой Октябрьской соц. революции. Л., 1917, с. 26—28.
- Парин В. В., Газенко О. Г., Юганов Е. М., Васильев П. В., Касьян И. И. Невесомость. М., «Медицина», 1974.
- Полянцеv В. А. Автореферат докт. диссерт. М., 1974, с. 28.
- Степанцев В. И., Еремин А. В., Тихонов М. А. В кн.: «Невесомость». М., 1974, с. 298—313.
- Судаков К. В. Биологические мотивации. М., «Медицина», 1971, с. 304.
- Судаков К. В. Системный анализ механизмов целенаправленного поведения. «Успехи физиол. наук», 1976, 4, с. 29—60.
- Чудинов В. И. Материалы IX Всесоюзн. научн. конф. по физиол., морфол. и биомех. мышечной деятельности. М., 1966, 3, с. 95—96.
- Царапкин В. И. Сб.: «Физиологическое обоснование тренировки спортсменов». М., 1969, с. 180—185.
- Шапков Ю. Т. О ритме и темпе движения гребцов при академической гребле. Теор. и пр. физ. культ. 1964, 27, 8, 40.
- Шведов А. М., Шебуев А. Н. В кн.: «Гребной спорт». ФиС., М., 1966, с. 42—77.
- David H. M. Missiles and Rockets. 1961, 8, 21, 36.
- Morehouse, Chauncey A. Res. Quart. Amer. Assoc. Health, Phys. Educ. and Recreat. 1967, 38, N 3, 449—456.
- O'Shea P. Res. Quart. Amer. Assoc. Health, Phys. Educ. and Recreat. 1966, 1.
- Walter K. Intern. Z. angew. Physiologie. 1965, 21, N 3.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕРЫВОВ В СПЕЦИФИЧЕСКОЙ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДВИЖЕНИЙ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

В. И. Царапкин, Л. Г. Царапкина

Волгоградский государственный
институт физкультуры

В предыдущей статье настоящего сборника («Исследование устойчивости функциональной системы движения к ее длительному использованию») показано, что длительные перерывы в использовании специфического для спортсмена движения приводят к вырождению ранее выработанной афферентной модели результата этой деятельности, что на практике выражается как значительное снижение параметров результата этого движения. Например,

максимальной мышечной силы, проявляемой в этом движении.

Снижение результата движения при его длительном неиспользовании происходит независимо от повышения результатов в специальных тренировочных упражнениях, направленных на развитие мышечных групп, осуществлявших это движение.

Однако в практике спортивной и трудовой деятельности имеются сведения, которые не совпадают с этими данными.

Так, установлены явления «переноса» тренированности — как стойкого влияния тренировки в одних двигательных заданиях на результаты выполнения других двигательных заданий (В. Н. Кряж, 1970), причем показано, что такой перенос с увеличением тренированности снижается (Н. В. Зимкин, 1956; В. М. Зацiorsкий, 1965; Ю. П. Верхошанский, 1963, и др.) и на высших этапах подготовки спортсмена нередко превращается в отрицательный «перенос» (А. В. Коробков, 1958). Имеются многочисленные наблюдения, показывающие, что повышение общефизической подготовленности и тренировочная работа, направленная на развитие отдельных мышечных групп, у начинающих спортсменов положительно сказываются на их спортивных результатах даже при сезонных перерывах в занятиях спортом. В гребном спорте такие наблюдения были сделаны В. Ф. Дорофеевым (1962), в плавании — А. А. Семкиным (1970) и т. д.

На этом основании возникло предположение, что данные, приведенные в предыдущей статье, характерны только для функциональной системы движения, образованной при длительной тренировочной работе, свойственной спортсменам высокой квалификации. Тогда логично возникает вопрос: как же изменяется функциональная система движения при ее длительном неиспользовании на различных этапах ее формирования, т. е. у спортсменов различной подготовленности?

Исследование этого вопроса было проведено на другом виде гребного спорта — гребле на байдарках.

Как и ранее (см. предыдущую статью), исследование проводилось в период сезонного перерыва в занятиях этим видом спорта. Специфическая для спортсменов-гребцов двигательная деятельность в лодке в это время была заменена на двигательную деятельность (основанную на выполнении специально подобранных упражнений), при которой основные мышцы, осуществляющие рабочее движение гребца, проявляли такую же активность (или выше), как и при создании усилия во время гребка в лодке. Объем и интенсивность применения упражнений в тренировочных занятиях соответствовали спортивной квалификации испытуемых.

Таким образом, в эксперименте устранялось действие результата движения гребца как системообразующего фактора при сохра-

время (или повышении) функционального состояния элементов этой системы — мышц, что давало возможность исследовать изменение сформированной на начало эксперимента функциональной системы движения при ее длительном неиспользовании.

Организация и методика исследования

В исследовании, которое продолжалось 5 месяцев, участвовало 6 групп спортсменов, по 12 человек в каждой. Испытуемые распределялись по группам согласно их спортивной подготовленности. Критерием подготовленности для всех спортсменов, кроме тех, кто оставил группу 1, являлось время прохождения в лодке дистанции в 500 метров в условиях соревнования. В группу 1 вошли новички в этом виде спорта, еще не научившиеся хорошо грести в лодке. По стажу занятий гребным спортом испытуемые распределились следующим образом: в 1-ю группу вошли испытуемые, которые занимались этим видом спорта 1—2 недели; во 2-ю группу — гребцы, занимающиеся до 6 месяцев; в 3-ю — до 1 года; в 4-ю — спортсмены, имеющие стаж занятий до двух лет, в 5-ю — спортсмены, занимающиеся этим видом спорта 3—4 года, и, наконец, в 6-ю группу вошли самые квалифицированные спортсмены, победители крупнейших соревнований и имеющие стаж занятий гребным спортом до 8 лет. В начале и конце эксперимента фиксировались следующие параметры результата рабочего движения гребца: максимальная мышечная сила, проявляемая в движении гребца (фаза прохода); время, затрачиваемое на создание стандартного рабочего усилия гребца; точность воспроизведения произвольно выбранного рабочего усилия (по методике Ю. М. Уфлянда, 1965).

Для исследования этих показателей был сконструирован аппарат, позволяющий воспроизводить рабочую позу гребца-байдарочника и измерять перечисленные показатели (В. И. Царапкин, А. Н. Камышников, Л. Г. Царапкина, 1968).

Во время эксперимента определялось изменение в результатах выполнения специальных упражнений, на использовании которых строился процесс тренировочных занятий; некоторые из этих упражнений взяты в качестве контрольных заданий (табл. 1). Кроме того, фиксировались результаты движений, специально не тренируемых, но и активность которых условиями эксперимента не ограничивалась. Это сжимание кисти и разгибание спины, при выполнении которых фиксировались те же параметры, что и в движении гребца. При определении времени, затрачиваемого испытуемыми на создание стандартного усилия при сжимании кисти, его величина была взята в 15 кг, а при разгибании спины — в 50 кг. Время создания усилия фиксировалось с точностью до 0,001 сек.

Результаты исследования

Полученные в исследовании данные показали, что результаты в применяемых во время эксперимента специальных тренировочных упражнениях у всех испытуемых, независимо от уровня их спортивной подготовленности в гребном спорте, достоверно повысились (табл. 1).

Значительно улучшились результаты и в движениях специально не тренировавшихся, но и активность которых специально не ограничивалась, таких, как сжимание кисти и разгибание спины. В этих движениях произошло достоверное увеличение максимальной мышечной силы (табл. 2).

Достоверно уменьшилось время, затрачиваемое испытуемыми на создание стандартного усилия при разгибании спины (в группе 6 такое уменьшение статистически незначимо). Наблюдалась выраженная тенденция к снижению такого времени и при сжимании кисти. Однако, кроме группы 1, в остальных группах изменения этого показателя не достигли границ достоверности (табл. 3).

Таким образом, у всех групп испытуемых, независимо от их спортивной подготовленности в гребном спорте, во время эксперимента произошло повышение результатов в упражнениях, применяемых в тренировочных занятиях, а также повышение (или сохранение) результатов в движениях, которые специально не тренировались, но и выполнение которых условиями эксперимента специально не ограничивалось.

При исследовании точности воспроизведения произвольного усилия при сжимании кисти выяснилось, что изменение этого показателя также мало зависит от спортивной подготовленности испытуемых в гребном спорте. У всех групп испытуемых, принимавших участие в эксперименте, точность воспроизведения усилий в этом движении имела выраженную тенденцию к повышению. У испытуемых более высокой подготовленности эти изменения статистически достоверны (табл. 4).

Иные изменения исследуемых показателей были обнаружены в рабочем движении гребца, т. е. в движении, которое в течение эксперимента не выполнялось. Максимальная мышечная сила, время создания эталонного рабочего усилия и точность воспроизведения произвольно выбранного усилия в этом движении у испытуемых, принимавших участие в эксперименте, изменились не однонаправленно. Так, максимальная мышечная сила, проявляемая спортсменами в рабочем движении гребца, достоверно повысилась в первых четырех группах — у новичков и малоквалифицированных спортсменов, причем, такое увеличение силы было обратным к спортивной подготовленности испытуемых. У новичков в этом виде

Таблица 1

Изменение результатов выполнения испытуемыми
разной спортивной подготовленности контрольных упражнений

Упражнения	Разность между I и II опытом	Группы				
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
Подтягивание на перекладине из виса, кол-во раз	$\bar{\Delta} \pm m (\bar{\Delta})$	+3,3±0,4	+2,3±0,7	+2,2±0,2	+2,7±0,4	+1,9±0,7
	в %	82,5	38,3	31,4	33,7	21,1
	P	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,05
Разгибание рук в упоре лежа, кол-во раз	$\bar{\Delta} \pm m (\bar{\Delta})$	+9,3±1,3	+11,5±1,3	+11,5±2,0	+12,2±2,2	+9,5±2,0
	в %	34,4	37,0	35,9	36,9	25,6
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Прыжок с места в длину, см	$\bar{\Delta} \pm m (\bar{\Delta})$	+12,7±2,5	+11,7±2,4	+13,7±1,2	+10,0±3,5	8,2±2,0
	в %	6,2	5,6	6,6	4,6	3,5
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,02	<0,05
Толчок ядра с места правой рукой, см	$\bar{\Delta} \pm m (\bar{\Delta})$	+67,0±5,7	+56,5±5,7	+73,5±11,3	+29,1±4,2	+60,0±17,4
	в %	10,6	8,2	10,3	3,4	6,9
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01
Бег 800 метров, сек.	$\bar{\Delta} \pm m (\bar{\Delta})$	-11,1±1,2	-11,1±2,2	-7,9±1,9	-4,4±0,7	-5,0±1,4
	в %	6,1	6,4	4,3	2,7	3,1
	P	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001

Таблица 2

Изменение максимальной мышечной силы испытуемых
разной спортивной подготовленности в неспецифических для гребца движениях

(в кг)

Разность между I и II опытом	Группы					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
При разгибании туловища						
$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	+21,7±3,6	+16,9±3,1	+22,1±2,6	+21,4±1,6	+25,4±2,3	+14,9±5,1
в %	22,3	15,5	19,9	18,6	20,0	9,1
P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,02
При сжатии кисти						
$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	+5,8±1,8	+3,4±1,3	+3,0±0,9	+4,2±1,0	+2,3±1,0	+3,2±0,7
в %	15,6	8,5	7,1	9,1	4,6	5,4
P	<0,01	<0,05	<0,02	<0,01	<0,05	<0,01

Таблица 3

Изменение времени, затрачиваемого испытуемыми
разной спортивной подготовленности на создание стандартного усилия
в неспецифическом для гребца движении

(в м сек)

Показатели	Разность между I и II опытом	Группы				
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
При разгибании туловища	$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	$-25,1 \pm 2,4$	$-11,4 \pm 0,8$	$-2,4 \pm 0,8$	$-2,6 \pm 0,7$	$-2,0 \pm 1,3$
	в %	56,4	40,7	13,3	16,6	14,2
	P	<0,001	<0,01	<0,02	<0,01	>0,1
При сжимании правой кисти	$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	$-8,3 \pm 3,8$	$-5,6 \pm 3,5$	$-2,5 \pm 2,9$	$-1,3 \pm 2,1$	$-0,5 \pm 2,5$
	в %	12,7	9,0	4,2	2,6	1,1
	P	<0,05	>0,1	>0,4	>0,6	>0,8

спорта повышение силы в движении гребца было наибольшим (табл. 5).

В то же время у высококвалифицированных гребцов, начиная с 5-й группы, произошло снижение уровня максимальной силы, проявляемой спортсменами в рабочем движении гребца, причем, чем выше была подготовленность испытуемых в этом виде спорта, тем наблюдалось большее снижение максимальной мышечной силы. Время, затрачиваемое испытуемыми на создание стандартного рабочего усилия гребца, изменилось сходно с изменением максимальной мышечной силы испытуемых, с той лишь разницей, что этот показатель оказался более чувствительным к длительному неиспользованию специфического движения гребца и начал снижаться ранее (в группе 4), чем максимальная мышечная сила (в группе 5).

Как показывает табл. 6, в конце эксперимента у 1—3-й групп наблюдается уменьшение времени, за которое испытуемые создавали эталонное усилие в движении гребца, однако, начиная с четвертой группы, испытуемые затрачивают достоверно большее время на создание такого усилия, чем затрачивали в начале эксперимента.

Точность воспроизведения произвольно выбранного эталонного рабочего усилия гребца в условиях эксперимента изменилась также не однонаправленно. У новичков в этом виде спорта и у спортсменов с небольшим стажем занятий точность воспроизведения усилия имела некоторую тенденцию к повышению, но ее изменения не достигли границ достоверности (табл. 7). У испытуемых более высокой подготовленности (с 4-й группы и выше) произошли обратные сдвиги. Точность воспроизведения силовых параметров результата специфического движения у них значительно снизилась (табл. 7), причем наблюдаемое снижение произошло также в обратной зависимости от уровня спортивной подготовленности, т. е. чем выше была спортивная подготовленность испытуемых, тем более выраженным было снижение точности воспроизведения.

Необходимо отметить, что полученные в настоящем эксперименте данные по изменению исследуемых показателей у спортсменов, имеющих значительный стаж тренировочной работы, полностью подтверждают результаты исследования, приведенные в предыдущей статье настоящего сборника, которые были получены на виде гребного спорта (академическая гребля), имеющем совершенно отличную от байдарочной гребли координацию движений.

В итоге полученные при изучении влияния длительного ограничения специфической деятельности данные показали, что ограничение специфической деятельности гребца вызвало неоднаправленные изменения результатов такой деятельности у испытуемых разной спортивной подготовленности. У новичков и низкоквалифицированных испытуемых все исследуемые показатели специфиче-

Таблица 4

Изменение точности воспроизведения произвольного мышечного усилия
в движении, неспецифичном для гребца (сжатие кисти)

(в %)

Разность между I и II опытом	Группы					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	+8,4±5,7	+12,4±4,9	+1,5±3,6	+5,9±3,1	+6,7±3,1	+8,7±3,9
в %	10,6	16,9	1,8	7,1	8,1	10,4
P	<0,1	<0,05	<0,6	>0,05	<0,02	<0,05

Таблица 5

Изменение максимальной силы испытуемых разной спортивной подготовленности,
проявляемой в рабочем движении гребца-байдарочника
(сумма измерений в трех точках опорной фазы гребка)

(в кг)

Разность между I и II опытом	Группы					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	+20,5±3,6	+18,9±2,7	+13,6±2,2	+7,8±2,3	-4,5±3,1	-17,5±3,3
в %	29,6	24,6	16,2	8,2	4,5	12,0
P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,1	<0,001

Таблица 6

Изменение времени, затрачиваемого испытуемыми
разной спортивной подготовленности
на создание стандартного усилия в рабочем движении гребца-байдарочника

(в м сек)

Разность между данными I и II опыта	Группы					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
$\bar{\Delta} \pm m(\Delta)$	-56,9 ± 11,5	-21,4 ± 7,3	-6,3 ± 3,8	+7,9 ± 2,7	+9,7 ± 2,0	+8,7 ± 1,9
в %	53,1	33,4	13,6	22,5	29,3	36,2
P	0,001	< 0,02	< 0,1	< 0,01	< 0,001	< 0,01

Таблица 7

Изменение точности воспроизведения произвольного мышечного усилия
в рабочем движении гребца-байдарочника

(в %)

Разность между данными I и II опытом	Группы					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
$\bar{\Delta} \pm m(\Delta)$	+2,0 ± 1,3	+1,8 ± 1,9	+1,4 ± 3,4	-2,5 ± 1,1	-3,9 ± 1,5	-5,8 ± 0,84
в %	2,2	2,0	1,2	2,7	4,2	6,3
P	< 0,2	< 0,3	< 0,7	< 0,05	< 0,05	< 0,001

ского движения повысились (или имели к этому тенденцию). В то же время у испытуемых более высокой спортивной квалификации произошли обратные изменения: все эти показатели у них за время эксперимента достоверно снизились.

Обсуждение полученных результатов

Наше понимание механизмов снижения результатов специфического движения у испытуемых высокой спортивной подготовленности было дано одним из авторов в статье «Исследование устойчивости функциональной системы движения к ее длительному неиспользованию», помещенной в настоящем сборнике, при обсуждении данных, полученных в эксперименте с участием гребцов-академистов, и поэтому на их разборе мы останавливаться не будем. Однако выявленные при этом обсуждении механизмы не могут объяснить повышения результатов в неиспользуемом движении, наблюдаемого в настоящем исследовании, у испытуемых низкой спортивной подготовленности.

Для объяснения этих данных возможно несколько предположений. Можно думать, что в этом случае имеет место так называемый положительный перенос тренированности с упражнений, использованных во время перерыва, на двигательную деятельность, выполнение которой было невозможно. Таким образом, мы сталкиваемся с одной из центральных проблем практики трудовой и спортивной деятельности. Ибо любая общефизическая подготовка предусматривает «перенос» результатов, достигнутых при выполнении физических упражнений, на трудовую или спортивную деятельность (С. В. Янанис, 1974; М. А. Годик, 1974; В. Д. Мазниченко, 1976; В. Г. Яковлев, 1976; Л. П. Матвеев, 1977, и др.). Предполагается, что в основе «переноса» навыка лежит использование отдельных звеньев ранее выработанных динамических стереотипов в процессе формирования новых условнорефлекторных связей (А. Н. Крестовников, Л. П. Орлов, 1952), использование при освоении нового движения элементов ранее выработанных двигательных условных рефлексов (В. В. Васильева, 1954; В. В. Васильева, Н. В. Зимкин, 1970; П. В. Симонов, 1975; Л. П. Матвеев, 1976, и др.).

Однако любой двигательный навык или динамический стереотип — это прежде всего системное образование (И. П. Павлов, 1938) и поэтому, как системное образование, может существовать только как целостное образование, направленное на достижение конкретного конечного результата. Так, функциональные системы (П. К. Анохин, 1935, 1968, 1970; К. В. Судаков, 1976) представляют собой динамические саморегулирующиеся организации, отдельные элементы которых взаимодействуют в обеспечении полез-

ных для организма результатов. Таким образом, система — это не сумма элементов и результат системной деятельности не может быть выведен из свойств отдельных элементов, составляющих данную систему. (L. von Bertalanffy, 1962, 1969; Szent-Györgyi, 1968; В. Н. Садовский, 1972; П. К. Анохин, 1973). «Смысл системного подхода, — пишет П. К. Анохин (1973), — состоит именно в том, что элемент или компонент функционирования не должен пониматься как самостоятельное и независимое образование»¹.

Так как самостоятельно существовать звенья или элементы системной организации целенаправленного движения вне этой организации не могут, то, конечно, часть одной системы не может быть использована для построения системной организации другого движения, ибо в случае необходимости освоения нового движения появляется новая функциональная система движения, формируемая необходимым результатом этого поведенческого акта, с элементами, объединенными отношениями содействия в достижении конкретного конечного результата. Отношения содействия между элементами системы и диктуют роль каждого элемента системы в ее функционировании.

Таким образом, с предположением, что в нашем случае повышение результатов движения у спортсменов низкой квалификации, наблюдаемое после длительного неиспользования этого движения, вызвано «переносом» навыка с других движений, согласиться нельзя. Нельзя согласиться и с механизмом переноса эффекта тренированности с одного движения на другое, определяемого как использование звеньев или каких-либо частей ранее освоенных двигательных навыков во вновь осваиваемых двигательных навыках (Н. В. Зимкин, 1975).

Для объяснения повышения результатов специфического движения у малоподготовленных испытуемых, наблюдаемого нами в конце эксперимента, возможно другое, близкое к первому, предположение. Можно полагать, что за это время произошло усиление основных мышечных групп гребца и такое усиление может быть достаточным для наблюдаемого процесса тренированности (В. Н. Кряж, 1969, 1970). Наши данные (В. И. Царапкин, Т. П. Чуксева, Л. Г. Царапкина, 1976) показывают, что на самых ранних этапах формирования двигательного навыка спортсмена наблюдается умеренная зависимость результатов двигательного действия гребца от изменения его мышечной массы. Поэтому

¹ П. К. Анохин. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. В кн.: «Принципы системной организации функций». М., «Наука», 1973, с. 5—61.

гипертрофия отдельных мышечных групп помогла бы в какой-то степени в процессе эксперимента повлиять на результат специфического движения.

Однако возникает вопрос: почему у высококвалифицированных спортсменов, у которых изменения в общефизической (неспецифической) подготовленности такие же, как и у низкоподготовленных, результаты в специфическом движении гребца понизились? В то же время в эту схему не укладываются и данные, показывающие на повышение у малоподготовленных испытуемых за время эксперимента точности воспроизведения силовых параметров результата двигательного акта гребца, на которую никак не могло повлиять увеличение мышечной массы испытуемых.

Если исходить из представления, что неподкрепление афферентной модели результата движения информацией о параметрах достигнутого во внешней среде результата приводит к вытормаживанию созданной в условиях длительного поиска системной организации двигательного поведения испытуемых, то точность воспроизведения силовых параметров результата у малоподготовленных испытуемых должна уменьшиться, подобно уменьшению точности, наблюдаемой у высококвалифицированных спортсменов. Однако полученные данные показывают не на снижение точности, а на сохранение ее в условиях эксперимента и даже на наличие тенденции к ее повышению. Это говорит о том, что имеющаяся к началу эксперимента системная организация двигательной деятельности высококвалифицированных гребцов не только не распалась, а наоборот, за время эксперимента несколько совершенствовалась. Повышение точности воспроизведения силовых параметров результата дает возможность считать, что причиной этому явилось обогащение акцептора результатов действия этой системной организации.

Известно, что обогащение акцептора результатов действия какой-либо функциональной системы возможно только в том случае, если эта система функционирует, а значит, происходит как подкрепление, так и совершенствование афферентной модели результата этой функциональной системы движения. Однако условиями нашего эксперимента функциональная система движения гребца длительное время не использовалась, т. к. вместо гребли в лодке тренировочный режим участников эксперимента строился на выполнении специальных упражнений. Что же произошло? Возникает парадокс, разрешение которого возможно только в том случае, если представить, что реализация цели двигательного поведения гребца на этом уровне подготовленности происходит путем привлечения одновременно нескольких, ранее выработанных функциональных систем движений.

Так, в наших предыдущих исследованиях (В. И. Царапкин, Л. Я. Ракло, 1975; В. И. Царапкин, Ю. П. Корнилов, 1975) было показано, что на начальных этапах освоения движения гребца-байдарочника для реализации цели этой двигательной деятельности используются две функциональные системы движений, привлеченные из повседневной двигательной активности человека: движение, направленное на стабилизацию туловища в условиях земной гравитации (позные компоненты), и движения рук, обеспечивающие продвижение лодки (локальные компоненты). На высших этапах освоения спортивного мастерства у высококвалифицированных спортсменов формируется новая, специфическая для этого вида спорта функциональная система движения гребца, при которой сохранение равновесия и продвижение лодки решаются одновременно — за счет опоры лопастью весла о воду.

Следует сказать, что новички в гребном спорте в то же время являются новичками и в выполнении других спортивных упражнений, в том числе и тех, которые применялись ими в период эксперимента. Поэтому логично считать, что и при выполнении этих упражнений необходимый результат достигался также одновременным использованием нескольких (двух) функциональных систем движений, привлеченных из повседневной двигательной активности человека.

Следовательно, такие функциональные системы, как локальные движения рук, но в различном сочетании с другими функциональными системами движений, могут привлекаться у гребцов-новичков для получения необходимого результата как при гребле в лодке, так и при выполнении специальных упражнений в зале. Любое обогащение акцептора результатов действий такой системы, происшедшее при длительном выполнении одной двигательной деятельности, скажется (как «перенос» навыка) и в другой двигательной деятельности, где эта функциональная система движения также используется и в другом сочетании по мере повышения.

Это представление подкрепляет происходящее в зависимости от изменения спортивной подготовленности испытуемых изменение корреляционной зависимости между показателями, исследуемыми в движении гребца, и результатами в специальных упражнениях, на выполнении которых строился тренировочный процесс в период эксперимента. Так, найдено, что у новичков в этом виде спорта существует достоверная зависимость максимальной мышечной силы, проявляемой в движении гребца, от результатов, показанных в толчке штанги и в толчке ядра; время создания стандартного мышечного усилия коррелирует с результатами, показанными испытуемыми, при подтягивании на перекладине. У спортсменов с незначительным стажем занятий (до 6 месяцев) корреляционная связь максимальной мышечной силы, проявляемой в специфическом дви-

жении. от результатов в специальных упражнениях значительно усиливается. При дальнейшем повышении спортивной подготовленности испытуемых положительная зависимость результата специфического движения гребца от показателей каких-либо упражнений не наблюдается. У спортсменов высокой квалификации (мастера спорта) были выявлены некоторые обратные корреляционные связи со специальными упражнениями, несмотря на то, что выполнение этих упражнений обеспечивало активность основных мышечных групп гребца не ниже активности, регистрируемой при выполнении специфического движения.

Таким образом, приведенные выше данные показывают, что во время эксперимента, в котором была длительно ограничена двигательная деятельность, специфичная для гребца, перерыва в функционировании систем движений, определяющих результат в этой деятельности у спортсменов низкой квалификации, не произошло. Наоборот, за время эксперимента произошло даже некоторое обогащение акцепторов результата действия используемых системных образований за счет привлечения этих же системных образований при выполнении специальных упражнений, применяемых в тренировке во время эксперимента.

Логично предположить, что двигательное поведение человека в повседневной жизни, в основном, реализуется через подобное одновременное привлечение нескольких, выработанных в онтогенезе, функциональных систем движений. Таких системных образований движений используется в повседневной двигательной активности незначительное количество, но в различном сочетании они создают необходимое разнообразие, позволяющее удовлетворительно реализовать цели двигательного поведения, определяемые потребностями повседневной жизни человека.

Привлечение ограниченного количества функциональных систем движений в различных сочетаниях друг с другом приводит к более частому и регулярному их использованию в двигательной деятельности человека, а значит, обеспечивает более регулярное закрепление афферентных моделей результатов движений. Таким образом, ликвидируется возможность появления длительных перерывов в использовании той или иной функциональной системы движений, которые приводят к вытормаживанию этих системных образований. Взаимодействие функциональных систем движений, привлеченных для получения необходимого результата двигательного поведения, в настоящее время усиленно изучается (М. А. Алексеев, А. В. Найдель, 1972; Н. И. Стуль, 1973; М. А. Алексеев, И. Б. Козловская, 1975, и др.).

Однако привлечение нескольких функциональных систем движений одновременно является хотя и наиболее распространен-

ным, но не единственным механизмом достижения результатов в конкретной двигательной деятельности. В тех случаях, когда результаты возможных сочетаний имеющихся у индивида функциональных систем движений перестают удовлетворять его развивающуюся потребность в результате двигательной активности (например, при длительных занятиях спортом), формируется новая, специфическая для этого вида деятельности функциональная система движения, дающая возможность получить более высокий результат в этом виде двигательной деятельности, чем при одновременном привлечении нескольких неспецифических функциональных систем движений.

З а к л ю ч е н и е

Функциональные системы движений человека, выработанные в процессе обучения, независимо от того, на каком этапе освоения новой двигательной деятельности они используются,— образования нестойкие и требуют регулярного подкрепления обратной афферентацией о параметрах реально достигнутого результата.

На начальных этапах освоения новой для человека двигательной деятельности реализация цели этой деятельности происходит путем привлечения одновременно нескольких (двух) функциональных систем движений, используемых в повседневной жизни человека (например, поза и локальные движения рук). Результат, получаемый при таком сочетании систем движений, позволяет удовлетворительно реализовать цель, стоящую перед двигательным поведением спортсмена-новичка.

У новичков и низкоподготовленных спортсменов при длительном перерыве в специфической спортивной деятельности перерыва в функционировании привлекаемых систем движений не происходит, ибо эти же системы движений используются в иных сочетаниях в других видах двигательной деятельности — например, при выполнении специальных тренировочных упражнений в спортивном зале.

На высших этапах освоения специфической двигательной деятельности спортсмена результат, получаемый за счет одновременного привлечения нескольких функциональных систем движений, перестает удовлетворять развивающиеся потребности в спортивном результате. Поэтому на этом уровне формируется новая специфическая функциональная система движения, более полно удовлетворяющая возрастающие потребности в результате спортивного движения. Однако такая система движения функционирует уже не в сочетании с другими функциональными системами движений, а самостоятельно. А так как, кроме этой двигательной

деятельности, вновь образованная система нигде и ни в каком сочетании не используется, то любые длительные перерывы в специфической двигательной деятельности на высших этапах ее освоения приводят к длительному неиспользованию этой функциональной системы движения и, в конечном счете, к ее вытормаживанию. Отсюда функциональные системы движений, свойственные высшим этапам овладения спортивной деятельностью, требуют регулярного подкрепления в виде получения результата этого движения.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев М. А., Найдель А. В. Физиол. журн. СССР, 1972, 58, 11, с. 17—21.
- Алексеев М. А. XII съезд Всесоюзного физиологич. общества им. И. П. Павлова. Л. «Наука», 1975, с. 125—126.
- Анохин П. К. В кн.: «Проблема центра и периферии в нервной деятельности». Горький, 1935, с. 9—70.
- Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., 1968.
- Анохин П. К. «Успехи физиол. наук». 1970, № 1, с. 19—54.
- Анохин П. К. В кн.: «Принципы системной организации функций». М., «Наука», 1973, с. 5—61.
- Васильева В. В. В кн.: «Физиология человека». ФиС, М., 1954, с. 379—400.
- Васильева В. В., Зимкин Н. В. В кн.: «Физиология человека». ФиС, 1970, с. 384—452.
- Верхошанский Ю. В. Автореф. канд. дисс. М., 1963.
- Годик М. А. В кн.: «Теория и методика физического воспитания». ФиС, М., 1974, с. 102—127.
- Дорофеев В. Ф. Автореферат канд. дисс. Л., 1962.
- Зациорский В. М. В кн.: «Координация двигательных и вегетативных функций при мышечной деятельности человека». М.—Л., «Наука», 1965, с. 117—133.
- Зимкин Н. В. Физиология человека. ФиС, М., 1975.
- Зимкин Н. В. Физиологическая характеристика силы, быстроты и выносливости. М., 1956.
- Добров А. В. В кн.: «Физиологич. проблемы детренированности». М., 1968, с. 7—34.
- Кривошников А. Н., Орлов Л. П. Теор. и практ. ФК, 1952, вып. 11.
- Кряж В. Н. Автореф. канд. пед. н. М., 1969.
- Кряж В. Н. Экспериментально-теоретическое исследование динамики перестройки тренированности. Теор. и практ. физич. культуры. 1970, 5, с. 10—15.
- Мазниченко В. Д. Обучение движения. В кн.: «Теор. и метод. физического воспитания». ФиС, М., т. 1. 1976, с. 141—168.
- Матвеев Л. П. В кн.: «Теор. и методика физич. воспитания». ФиС, М., 1976, т. 2, с. 5—38.
- Матвеев Л. П. Основы спортивной тренировки. ФиС, М., 1977, с. 280.
- Савдовский В. Н. В кн.: «Системные исследования». М., «Наука», 1972, с. 133—146.
- Селкин А. А., Киселев В. М., Филин В. П. Теория и практ. физ. культ. 1970, т. 2, с. 49—51.
- Симонов В. П. Высшая нервная деятельность человека, мотивационно-эмоциональные аспекты. М., «Наука», 1975, с. 175.
- Судь Н. И. Журн. «Высш. нерв. деят.». 1973, 23, № 1, с. 82—89.
- Судьков К. В. «Успехи физиол. наук». 1976, 4, с. 29—60.

Уфлянд Ю. М. Физиология двигательного аппарата человека. М., «Медицина», 1965, с. 364.

Царапкин В. И., Камышников А. Н., Царапкина Л. Г. IV науч. конф. по физическому воспитанию детей и подростков. АПН РСФСР, М., 1968, с. 284—285.

Царапкин В. И., Ракло Л. Я. В сб.: «Вопросы подготовки квалифицированных спортсменов в условиях вуза». Волгоград, 1975, с. 70—74.

Царапкин В. И., Корнилов Ю. П. В сб.: «Вопросы подготовки квалифицированных спортсменов в условиях вуза». Волгоград, 1975, с. 74—78.

Царапкин В. И., Чуксеева Т. П., Царапкина Л. Г. В кн.: «Особенности подготовки юных спортсменов». Волгоград, 1976, с. 85—89.

Яковлев В. Г. В кн.: «Теория и методика физического воспитания». Т. 2, ФИС, М., 1976, с. 71—87.

Яннис С. В. В кн.: «Теория и методика физического воспитания». ФИС, М., 1974, с. 74—84.

Bertalanffy L. General System, 1962, v. VII.

Bertalanffy L. Общая теория систем — обзор проблем и результатов. В ст.: «Наука», М., 1969, с. 30—54.

Szent-Györgyi A. Bioelectronics, Academ. Press. N. Y.—London, 1968.

МЕХАНИЗМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КИСЛОРОДНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ АДАПТАЦИИ К НАПРЯЖЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С. Н. Кучкин

Волгоградский государственный
институт физической культуры

Организация мышечной деятельности, в особенности спортивной деятельности циклического характера, предопределяет такое взаимодействие различных функциональных систем, конечным внешним эффектом и приспособительным результатом которого является достижение необходимого спортивного результата.

Важнейшим компонентом системной организации двигательной деятельности является ее энергетическое обеспечение.

В процессе жизнедеятельности организма, в особенности в связи со все усложняющейся двигательной деятельностью, в организме складывается и совершенствуется интегральная функциональная система кислородного обеспечения организма. Эта сложная функциональная система представляет такое взаимодействие ряда частных функциональных систем (П. К. Анохин, 1968, 1973).

торое обеспечивает достижение организмом максимально доступного количества кислорода.

В функциональную систему кислородного обеспечения организма входят в качестве подсистем по крайней мере функциональные системы, обеспечивающие необходимый уровень артериального давления в организме, создающие оптимальный объем циркулирующей массы крови в организме, функциональная система, поддерживающая количество форменных элементов крови, определяющая газовый состав организма, рН крови (К. В. Судаков, 1976).

Системообразующим фактором, объединяющим все эти системы в функциональную систему кислородного обеспечения организма, является количество кислорода, необходимое для данного уровня метаболизма тканей, т. е. достижение максимально доступного для организма потребления кислорода (МПК или $\dot{V}O_2 \text{ max}$) — это и является тем полезным приспособительным эффектом, который формирует функциональную систему (П. К. Анохин, 1968, 1975).

Наибольшее приспособительное значение полезного результата действия — достижение наивысшего значения МПК, должно осуществляться на основе информации о величине достигнутого значения потребления кислорода. Однако в организме не существует датчика, сигнализирующего о величине достигнутого потребления кислорода. По-видимому, в виде обратной афферентации выступают гуморальные и рефлекторные стимулы о величине так называемых «дыхательных показателей» — рН, PO_2 и PCO_2 в крови, тканях, спинномозговой жидкости и т. д. (Д. Холден, Д. Пристли, 1937; П. К. Анохин, 1962; E. Asmussen, 1963; E. A. Юматов, 1975). Поэтому приспособительный результат функциональной системы кислородного обеспечения организма достигается на основе много-связного регулирования целого ряда показателей, заключающегося в том, что отклонение от нормы одного регулируемого параметра есть стимул к направленному перераспределению в определенных соотношениях всех регулируемых показателей (E. A. Юматов, 1975).

Изменение «дыхательных показателей» связано, как известно, с дефицитом макроэргических потенциалов, количественным выражением которого является величина кислородного долга. Величина предельно доступного кислородного долга для нетренированных людей составляет величину в 4—6 литров, а высококвалифицированные спортсмены могут достигать величины кислородного долга в 20—25 литров и более (Н. И. Волков, 1969, и др.). Накопление кислородного долга сопровождается сдвигом дыхательных параметров, достижение которыми критических значений и является, вероятно, тем стимулом, который выводит функциональ-

ную систему кислородного обеспечения организма на предельный уровень производительности.

Величина максимального потребления кислорода ($\dot{V}O_2 \text{ max}$), являясь интегральным показателем производительности функциональной системы кислородного обеспечения организма, по данным многочисленных исследований, во многом определяет уровень общей физической работоспособности, а также и достижения в различных видах спорта (В. С. Фарфель, 1947, 1949; Н. Н. Яковлев, 1955, 1964; А. П. Борисов, 1955; Н. И. Волков, 1967, 1966, 1969; С. А. Бакулин, 1966; Р. О. Astrand, 1953, 1956; R. Margaria, 1963, и др.).

Величина МПК для людей, не занимающихся тренировкой в различных видах мышечной деятельности, составляет 2,5—3,5 л/мин, или 40—50 мл/кг/мин, а у спортсменов достигает 6,0 л/мин. и более (т. е. до 70—90 мл/кг веса в минуту) (А. Б. Гандельсман, 1975).

Естественное развитие функциональной системы кислородного обеспечения организма у подростков завершается, согласно исследованиям А. А. Гуминского (1973), у девочек к 14, а у мальчиков к 16 годам. Систематические занятия спортом значительно повышают величину доступного для данного индивидуума максимума потребления кислорода, чему соответствует возрастание величин показателей, его составляющих, в частности, предела вентиляционных возможностей, минутного объема крови и др.

Совершенствование функциональной системы кислородного обеспечения организма, направленное на достижение наибольшего приспособительного значения полезного результата — максимального потребления кислорода, является следствием довольно длительного процесса адаптации организма к регулярным тренирующим воздействиям напряженных мышечных нагрузок.

Вместе с тем, совсем не исследованным оказался вопрос о факторах, определяющих увеличение МПК на различных этапах спортивного совершенствования в связи с занятиями различными видами спорта.

В настоящем исследовании поставлена задача определить «удельный вклад» различных функциональных систем в достижение максимума кислородного потребления на различных этапах спортивного совершенствования.

Методика, организация и контингент исследования

Для определения максимального потребления кислорода было выбрано велоэргометрическое тестирование по методу «ступенчатого возрастающих нагрузок» (Р. О. Astrand, 1956; Н. И. Волков,

1969, и др.) с нашей модификацией и степ-тест с определением PWC_{170} и последующим расчетом МПК непрямым способом по В. Л. Карпману с сотр. (1969, 1972, 1974).

Велоэргометрическая нагрузка подбиралась таким образом, что после первой ступени работы в течение 3 минут частота сердечных сокращений (ЧС) должна была быть не менее 120—140 уд/мин., после второй ступени работы, также в течение 3 минут, — не менее 160—170 уд/мин. (оперативный контроль осуществлялся путем регистрации ЭКГ), после чего в течение двух или трех минут мощность нагрузки повышалась до 90% от максимальной, в результате чего организм доводился до состояния МПК. На первых двух ступенях мощность работы повышалась за счет изменения сопротивления при постоянной скорости 30 км/час (70 оборотов педалей за минуту). На последней ступени мощность повышалась за счет увеличения скорости педалирования до 40—50 км/час.

В состоянии покоя определялись величины жизненной емкости легких (VC), максимальной произвольной вентиляции легких (V_{max}), пневмотахометрии вдоха и выдоха, производилось определение силы выдыхательных мышц пневмометрическим способом по Х. Л. Изаксону (1968).

В состоянии покоя и в восстановительном периоде ежеминутно регистрировалось артериальное давление способом Короткова.

Непрерывно и синхронно в покое, при велоэргометрической нагрузке и в восстановительном периоде регистрировались легочная вентиляция и частота дыхания, производился анализ газового состава выдыхаемого воздуха на метабологе «Спиролит» (при регулярном контроле аппаратом Холдена). Частота сердечных сокращений рассчитывалась по интервалу электрокардиограммы, записываемой во все моменты исследования во II небовском отделении.

Спироэргометрическое тестирование на МПК было проведено на следующих группах студентов:

- 1) юных пловцах 12—14 лет, имеющих первый юношеский и третий взрослый разряды (15 человек);
- 2) футболистах I разряда, 18—20 лет (18 человек);
- 3) баскетболистах первого разряда и мастерах спорта, 20—25 лет (14 человек);
- 4) пловцах I разряда и кандидатах в мастера спорта — 15 человек;
- 5) бегуных на средние дистанции I—II разряда — 12 человек;
- 6) бегуных на средние и длинные дистанции I разряда и мастерах спорта — 14 человек.

Определение физической работоспособности (PWC_{170}) с косвенным расчетом МПК производилось в степ-тесте (Я. С. Вайнбаум,

А. А. Аскеров, 1970). Кроме того, определяли ЧСС в состоянии покоя, время задержки дыхания на вдохе, ЖЕЛ, МВЛ и силу дыхательных мышц пневмометрическим способом, время дыхания в замкнутое пространство с определением процента O_2 в конечной порции воздуха.

Исследования были проведены на двух группах студентов сельскохозяйственного института в условиях летнего спортивного лагеря. Было обследовано 2 группы студентов: в первой — 18 студентов, имеющих начальную спортивную подготовку (III разряд) в кроссе или игровых видах (волейбол, баскетбол), а во второй — 21 студент, занимающийся физической культурой в объеме программы вуза.

Аппаратом выяснения степени взаимосвязи различных показателей, обуславливающих максимальную величину потребления кислорода организмом, служил корреляционный анализ (вычислялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена).

Результаты собственных исследований

Естественно представить, что совершенствование функциональной системы кислородного обеспечения организма происходит едино со сложным процессом адаптации организма к напряженной мышечной деятельности, поэтому вполне вероятно, что это совершенствование не происходит равномерно во всех системах этой интегральной функциональной системы. «Созревание» этих систем происходит гетерохронно, в результате чего на различных стадиях адаптации значимость той или иной системы в обеспечении организма кислородом становится выше.

Для выяснения этого вопроса и было проведено настоящее исследование. Восемь групп испытуемых, служивших объектом исследования в настоящей работе, были объединены в три сводные группы по уровню спортивной подготовки, что должно было соответствовать определенной стадии адаптации организма к напряженной мышечной работе, а следовательно, к уровню предельно доступного для организма потребления кислорода.

В первую группу — начальной спортивной подготовки (1-й период адаптации) вошли испытуемые студенты — спортсмены III разряда и неспортсмены, а также юные пловцы III взрослого и I юношеского разрядов. Во вторую группу — этап спортивного совершенствования (2-й период адаптации) вошли испытуемые футболисты I разряда, баскетболисты I разряда и мастера спорта, пловцы I разряда и кандидаты в мастера спорта и группа женщин — бегуний на средние дистанции (II—I спортивные разряды). В третью группу — этап высшего спортивного мастерства (3-й пе-

Таблица 1

**Корреляция показателей
функционального состояния организма студентов
с уровнем физической работоспособности**

Показатели	Общая группа (n=39)		Неспорсмены (n=21)		Спортсмены (n=18)	
	PWC ₁₇₀	PWC _{170/век}	PWC ₁₇₀	PWC _{170/век}	PWC ₁₇₀	PWC _{170/век}
Рост	452	107	355	025	482	267
Вес	637	019	502	-022	614	-012
Пульс в покое	-198	-279	-410	-395	-075	001
ЗД (вд.)	011	-063	133	059	037	-113
ЗД (выд.)	244	025	275	-025	-020	038
VC	493	151	584	225	558	061
V _{max}	388	425	074	-063	534	230
СДМ	-097	222	191	396	-019	010
ДЗПt	140	135	305	352	340	391
ДЗП % O ₂	003	107	030	-020	-166	366
PWC ₁₇₀	1153,7	16,52	988,2	15,2	1294,8	17,51
±m	35,0	0,37	25,5	0,45	53,3	0,39

Достоверные корреляционные связи подчеркнуты.

Значения коэффициентов корреляции увеличены в 1000 раз.

ЗД — время задержки дыхания на вдохе (вд.) или выдохе (выд.);

VC — жизненная емкость легких;

V_{max} — максимальная вентиляция легких;

СДМ — сила выдыхательных мышц (пневмометр);

ДЗПt — время дыхания в замкнутое пространство;

ДЗП % O₂ — содержание O₂ в конечной порции воздуха при дыхании в замкнутое пространство.

Этап адаптации функциональной системы кислородного обеспечения организма) вошла группа бегунов-средневикив I разряда, кандидатов в мастера и мастеров спорта.

**I. Факторы, обуславливающие величину
максимального потребления кислорода
на этапе начальной спортивной подготовки**

(1-я стадия адаптации функциональной системы
кислородного обеспечения организма)

В таблице 1 представлены результаты корреляционного анализа различных показателей функционального состояния орга-

низма студентов с показателями физической работоспособности (PWC_{170} и $PWC_{170/вес}$).

Как видно из представленных данных, по уровню физической работоспособности студенты-спортсмены значительно отличаются от студентов-неспортсменов (величины PWC_{170} и $PWC_{170/вес}$ равны соответственно $1294,8 \pm 53,3$ кгм/мин. и $17,5 \pm 0,30$ кгм/мин/кг против $988,2 \pm 25,5$ кгм/мин. и $15,2 \pm 0,45$ кгм/мин/кг; $t=5,2$ и $3,9$). Известно, что между показателями физической работоспособности и величиной максимального потребления кислорода существует высокая корреляционная связь (В. Л. Карпман и др., 1974; Millahn, 1965; de Vries, U. Klaufs, 1965, и др.). Это позволило В. Л. Карпману (1969, 1972, 1974) предложить формулы для расчета величины МПК по показателю PWC_{170} .

Величины МПК для групп студентов-спортсменов составили 3,8 л/мин ($52,8$ мл/кг), а для групп неспортсменов 3,1 л/мин ($45,7$ мл/кг).

При анализе величины коэффициентов корреляции обращают на себя внимание довольно высокие и достоверные значения с показателями роста и веса испытуемых всех трех групп, что соответствует известным литературным данным (В. С. Фарфель, 1947; А. П. Борисов, 1955; В. В. Михайлов, Н. Г. Огольцов, 1964; Astrand, 1965; Р. Е. Мотылянская и др., 1967, и др.).

Это позволило ряду исследователей вывести уравнения регрессии между весом тела, а также поверхностью тела (зависимая величина от роста и веса тела) с величиной максимально доступного потребления кислорода (Döbelu et al., 1957; Christensen u. a., 1967; А. В. Чоговадзе и З. Э. Израэль, 1968, и др.).

В группе неспортсменов высокой корреляционной связью ($\rho=0,584$ $P \leq 0,01$) связана величина O_{2max} с величиной VC . В группу спортсменов показатель $\dot{V}O_{2max}$ связан корреляционной связью с величинами VC и $\dot{V}max$ ($\rho=0,558$ и $0,534$ при $P < 0,05$). О чем свидетельствуют эти факты?

Величина VC тесно связана с морфологическими особенностями строения тела, и в ряде исследований показана тесная связь этого показателя с величиной $\dot{V}O_{2max}$ (Hart u. a., 1963; О. С. Елизарова, 1964; Stahl, 1967; Loyons, Tanner, 1962, и др.).

Появление значимого коэффициента корреляции $\dot{V}O_{2max}$ с величиной $\dot{V}max$ в группе спортсменов свидетельствует о том, что возросшая работоспособность и величина $\dot{V}O_{2max}$ в известной мере обусловлены улучшением вентиляционной функции аппарата внешнего дыхания.

Подтверждением этому являются значимые коэффициенты корреляции величины $PWC_{170/вес}$ тела с показателем $\dot{V}max$ в общей группе студентов ($\rho=0,388$ и $0,425$ при уровне значимости 5 и 1%).

Таблица 2

Корреляция показателей функционального состояния спортсменов
с показателем аэробной производительности

Группы	Пловцы n=15	(12—14 л)	Футболисты n=18		Баскетболисты n=14		Пловцы (взрос.) n=15		Бегуны-средневики n=12		Бегуны на средн. и длин. дистанц. n=14	
	$\dot{V}O_2$ мах		$\dot{V}O_2$ $\frac{\text{мах}}{\text{вес}}$	$\dot{V}O_2$ мах	$\dot{V}O_2$ $\frac{\text{мах}}{\text{вес}}$	$\dot{V}O_2$ мах	$\dot{V}O_2$ $\frac{\text{мах}}{\text{вес}}$	$\dot{V}O_2$ мах	$\dot{V}O_2$ $\frac{\text{мах}}{\text{вес}}$	$\dot{V}O_2$ мах	$\dot{V}O_2$ $\frac{\text{мах}}{\text{вес}}$	$\dot{V}O_2$ мах
вес	441	—104	532	—284	462	—405	704	—026	625	001	599	—297
Vc	702	282	306	067	271	419	217	145	317	124	281	—121
\dot{V} мах	682	613	465	086	—	—	281	314	—	—	051	—521
\dot{V} при												
$\dot{V}O_2$ мах	755	328	963	390	—	—	706	425	839	857	648	660
f мах	164	396	—598	231	—	—	—330	—532	003	—392	148	—487
f ₁	028	128	006	024	—	—	—482	—153	—071	—427	—171	—811
f мах—												
f ₁	—118	048	—292	—297	—	—	165	013	259	705	370	500
КП	981	637	965	205	—	—	971	519	957	586	880	287
%O ₂ def.	239	366	150	067	—	—	102	186	198	204	297	647
$\bar{x}\dot{V}O_2$ мах	2,61	60,7	4,20	59,0	5,25	57,6	4,36	62,0	3,14	54,5	5,07	73,2
±m	0,28	3,86	0,15	1,87	0,11	1,26	0,16	2,03	0,47	2,50	0,18	3,13

Достоверные корреляционные связи подчеркнуты.

Значения коэффициентов корреляции увеличены в 1000 раз.

$\dot{V}O_2$ мах — максимальное потребление кислорода, л/мин. $\dot{V}O_2$ мах/вес — относительное потребление O_2 , мл/кг/мин, Vc — жизненная емкость легких. V мах — максимальная вентиляция легких. \dot{V} при $\dot{V}O_2$ мах — вентиляция на уровне $\dot{V}O_2$ мах. f мах — частота сердцебиений при $\dot{V}O_2$ мах, f₁ — частота сердцебиений через 1 мин. восстановления. f мах—f₁ — показатель восстановления. КП — кислородный пульс ($\dot{V}O_2$ /f мах). %O₂def — процент поглощения O_2 из воздуха при $\dot{V}O_2$ мах.

В таблице 2 приведены коэффициенты корреляции величин $\dot{V}O_2$ max и $\dot{V}O_2$ max/вес в шести группах спортсменов с показателями веса тела, VC, \dot{V} max, f max, i_1 , % утилизации O_2 при $\dot{V}O_2$ max и др.

В группе юных пловцов, имеющих начальную спортивную подготовку, имеется 4 значимых коэффициента корреляции:

$$\dot{V}O_2 \text{ max и VC} = 0,720 (\rho < 0,01),$$

$$\dot{V}O_2 \text{ max и } \dot{V} \text{ max} = 0,682 (\rho < 0,01),$$

$$\dot{V}O_2 \text{ max/вес и } \dot{V} \text{ max} = 0,613 (\rho < 0,05),$$

$$\dot{V}O_2 \text{ max и } \dot{V} \text{ при } \dot{V}O_2 \text{ max} = 0,755 (\rho < 0,01).$$

Полученные данные подтверждают исследования на студентах, имеющих различия в спортивной подготовке. Величина $\dot{V}O_2$ max на данном, начальном этапе спортивной подготовки в значительной мере обусловлена возрастающими показателями объема легких и вентиляционных возможностей аппарата внешнего дыхания, что позволяет организму достичь соответствующего уровня вентиляции в состоянии максимального потребления кислорода.

Таким образом, на этапе начальной спортивной подготовки рост аэробной производительности организма в значительной мере определяется наличием соответствующего объема легких и возрастающими вентиляционными возможностями аппарата внешнего дыхания.

II. Факторы, обуславливающие величину максимального потребления кислорода на этапе спортивного совершенствования

Как видно из данных таблицы 2, в группах футболистов, пловцов и бегунов-средневигов средние величины $\dot{V}O_2$ max/вес примерно одинаковы (статически значимых различий у мужчин нет) и соответствуют хорошему состоянию физической работоспособности (А. А. Гуминский, 1973; В. С. Фарфель, В. В. Михайлов, 1969; Н. И. Волков, 1969, и др.).

Ни в одной из указанных групп нет корреляции величин $\dot{V}O_2$ max и $\dot{V}O_2$ max/вес с величинами жизненной емкости и максимальной вентиляции легких. Следовательно, на данном этапе адаптации вентиляционные возможности легких уже не определяют повышения максимума потребления кислорода.

Вместе с тем, в указанных группах довольно четко обозначаются высокая теснота связи показателей аэробной производительности организма с различными показателями сердечной деятельности (по данным максимальной величины частоты сердечных

сокращений, (f_{\max}), кислородного пульса и восстанавливаемости по частоте сердцебиений).

Так, в группе футболистов коэффициент корреляции $\dot{V}O_{2\max}$ с f_{\max} составил 0,598, что свидетельствует об оптимизации деятельности сердечно-сосудистой системы в связи с дальнейшим ростом показателей $\dot{V}O_{2\max}$. Причем, в группе взрослых пловцов обнаруживается значимая связь показателя $\dot{V} \frac{O_{2\max}}{\text{вес}}$ и f_{\max} (отрицательная) ($\rho=0,532$).

Таким образом, оптимизация работы сердца при нагрузках, соответствующих максимальному уровню потребления кислорода в связи с адаптацией к тренировочным нагрузкам, выражается в некотором снижении максимальной величины частоты сердцебиений, на которой происходит достижение $\dot{V}O_{2\max}$.

Так, в группе юных пловцов средняя величина f_{\max} составила $193,3 \pm 1,29$, а в группе футболистов $183,0 \pm 2,30$ и $181,5 \pm 1,15$ в группе легкоатлетов, бегунов на средние дистанции. Как следует из принципа Фика (Fick A., 1870), величина $МОК = \frac{\dot{V}O_{2\max}}{ABPO_2}$,

где $МОК$ — минутный объем крови, а $ABPO_2$ — величина артериально-венозной разницы по кислороду. А так как $МОК = CO \times ЧС$ (где CO — систолический объем, а $ЧС$ — частота сердцебиений), то естественно предположить, что при примерно равной величине $ABPO_2$, в связи с увеличением $МПК$ и некоторым снижением оптимальной $ЧС$ должен существенно возрасти систолический объем сердца. Как известно (Roskamm u. a., 1961; Mushoff, Reindel u. a., 1961; Brandi et. al., 1962; S. Rodberg et. al., 1964; V. L. Karpman, 1975), кислородный пульс (отношение $\dot{V}O_{2\max}$ к f_{\max}) отражает величину систолического объема сердца.

Действительно, величина кислородного пульса с ростом спортивной квалификации, а следовательно, и возрастанием адаптационных возможностей функциональной системы кислородного обеспечения организма существенно увеличивается. В группе юных пловцов эта величина составила $13,52 \pm 1,16$ мл/уд, в группе футболистов — $22,7 \pm 0,92$, в группе взрослых пловцов — $22,9 \pm 1,26$, а в группе легкоатлетов-средневикиков достигает величины $28,3 \pm 0,89$ мл/уд.

В связи с этим становится понятной очень высокая корреляционная связь величин кислородного пульса с показателями абсолютной и относительной аэробной производительности во всех исследуемых группах. Таким образом, во все периоды адаптации организма к напряженным мышечным нагрузкам, предъявляющим высокие требования к кислородному обеспечению работающих

мышц, фактор производительности сердца имеет прямое отношение к достижению максимума аэробной производительности.

Однако во втором периоде адаптации все большее значение в обеспечении максимума аэробной производительности начинает приобретать регуляция деятельности сердца, направленная на оптимизацию его работы, что выражается в некотором снижении уровня частоты сердечбиений, на которой достигается максимум потребления кислорода, а также происходит существенное ускорение восстановления по частоте сердечных сокращений. Этот факт в особенности проявляется в наличии отрицательных связей величин частоты сердечбиений через 1 минуту восстановительного периода (f_1) с величиной $\dot{V}O_2 \text{ max}$ в группе взрослых пловцов ($\rho=0,482$), с величиной $\frac{\dot{V}O_2 \text{ max}}{\text{вес}}$ в группе женщин-бегуний ($\rho=-0,427$), а также в корреляции величины показателя восстановления, определяемого как разность максимальной частоты сердечных сокращений с частотой сердечных сокращений по прошествии 1-й минуты восстановления ($f_{\text{max}} - f_1$), с величиной $\dot{V}O_2 \text{ max/вес}$ ($\rho=0,705$). Таким образом, во втором периоде адаптации и совершенствования функциональной системы кислородного обеспечения организма важнейшим фактором, определяющим максимум аэробной производительности, является оптимизация деятельности сердечно-сосудистой системы, выражающаяся в дальнейшем увеличении систолического объема сердца, снижении верхнего уровня частоты сердечбиений в момент достижения МПК и совершенствовании регуляторных механизмов, направленных на ускорение восстановления сердечного ритма.

III. Факторы, обуславливающие величину максимального потребления кислорода на этапе высшего спортивного мастерства

(3-я стадия адаптации функциональной системы кислородного обеспечения организма)

Группа бегунов на средние и длинные дистанции (ведущие перворазрядники, кандидаты в мастера спорта) имеют очень высокий уровень функциональной подготовки, о чем свидетельствует средняя величина $\dot{V}O_2 \text{ max}=5,07$ л/мин, а $\dot{V}O_2 \text{ max/вес}$ $73,2 \pm \pm 3,13$ мл/кг/мин. Какие же факторы обуславливают столь высокий уровень аэробной производительности организма?

Во-первых, обращает на себя внимание тот факт, что показатели вентиляционных возможностей легких не связаны с величиной $\dot{V}O_2 \text{ max}$ положительными связями, причем между величина-

ка $\dot{V}O_2$ мах/вес обнаруживается отрицательная зависимость. Даже величина коэффициентов корреляции с показателем вентиляции при $\dot{V}O_2$ мах оказалась намного ниже, чем в других группах.

Следовательно, на данном этапе адаптации функциональной системы кислородного обеспечения организма фактор усиления вентиляционных способностей организма перестает играть сколько-нибудь существенную роль в повышении уровня максимальной аэробной способности. В ряде исследований на высококвалифицированных спортсменах были получены факты уменьшения величины $\dot{V}O_2$ мах на уровне $\dot{V}O_2$ мах с повышением утилизации кислорода в соревновательном периоде тренировки (А. Б. Гандельсман, А. А. Артыков, 1975).

Вместе с тем, фактор увеличения производительности сердечно-сосудистой системы продолжает играть существенную роль в повышении $\dot{V}O_2$ мах. Величины $\dot{V}O_2$ мах и КП связаны коэффициентом корреляции = 0,880, величина $\dot{V}O_2$ мах/вес — с показателем восстановляемости по ЧСС (f_1) — 0,811.

Однако наиболее важным фактом, отличающим представителей этой группы от других, является существенная связь величины $\dot{V}O_2$ мах/вес с величиной процента поглощения кислорода из вдыхаемого воздуха на уровне максимального потребления кислорода (0,647).

По-видимому, на данном этапе адаптации существенную роль в увеличении $\dot{V}O_2$ мах приобретает фактор повышенной утилизации организмом кислорода, что свидетельствует о ведущем звене в дальнейшем совершенствовании функциональной системы кислородного обеспечения организма факторов тканевой адаптации, увеличение способности утилизировать кислород из вдыхаемого воздуха и кислород, циркулирующий с кровью к работающим мышцам.

Обсуждение полученных данных

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в процессе совершенствования функциональной системы кислородного обеспечения организма наблюдается определенный гетерохронизм «старения» и удельного вклада различных подсистем в достижение организмом максимума кислородного потребления на различных этапах адаптации организма к напряженной мышечной деятельности.

Разумеется, на любой стадии адаптации каждый из факторов: вентиляция, циркуляция, утилизация кислорода тканями — обеспечивает каждый в известной мере величину потребления кислоро-

да, что математически описывается, в частности, принципом и формулой Фика (Fick, 1870). Однако это не исключает того, что на определенном этапе адаптации один из этих факторов может быть ведущим и иметь большую значимость для дальнейшего возрастания МПК, чем другие.

Стадийность процессов адаптации организма к различным условиям существования широко известна (например, к гипоксии, изменению температуры и др.).

По-видимому, в процессе мышечной тренировки функциональная адаптация также осуществляется стадийно. Так, Н. Н. Яковлев (1974) считает, что биохимическая адаптация организма в процессе тренировки происходит в три стадии. Первая характеризуется нарастанием концентрации субстратов, вторая — повышением активности ферментов (при стабилизации уровня субстратов) и третья — совершенствованием регуляции метаболических реакций на фоне повышенного уровня субстратов и возросшей энзиматической активности.

Представление о стадийности совершенствования функциональной системы кислородного обеспечения организма раскрывает внутренние механизмы развивающегося взаимосодействия (П. К. Анохин) различных функциональных систем в процессе долговременной адаптации организма к напряженной мышечной работе на основе единого приспособительного результата — достижения максимума кислородного обеспечения организма при наименьших внутренних энергетических затратах на его достижение.

Функциональная система дыхания, обеспечивающая уровень вентиляции, адекватный сохранению константных значений дыхательных показателей (pH , PO_2 , PCO_2), уже на первой стадии адаптации достигает таких величин своей производительности (по величине максимальной вентиляции легких), что, казалось бы, перестает быть лимитирующей в отношении достижения $\dot{V}O_{2max}$. Однако исследования по механике дыхания показали, что уровень вентиляции, превышающий значения в 100—120 и более литров, уже перестает быть энергетически оптимальным в связи с увеличивающейся работой дыхательных мышц, отчего избыточная вентиляция становится неэффективной (Margaria a. oth., 1960; Н. Millahu, Eckerman, 1964; В. В. Михайлов, 1961; Otis, 1964; R. Shephard, 1966; I. Comroe, 1966, и др.). Следовательно, дальнейший ход процессов адаптации не может быть направлен на достижение сверхвысоких величин вентиляции.

На втором этапе адаптации, более долговременном, происходит достижение максимума производительности функциональной системы, обеспечивающей достижение максимального объема циркулирующей в организме крови (минутный объем крови) —

фактор циркуляции. В настоящее время известны величины МОК в 35—36 литров, который у тренированных спортсменов может в 6—7 и более раз превышать нормальный уровень покоя (Christensen, 1931; Shephard, 1967, — цит. по В. Л. Карпману, 1969; В. Л. Карпман, Р. А. Карамзина, 1969, и др.). Такая производительность работы сердца возможна при достижении величин частоты сердечных сокращений в 180—200 уд/мин и величины систолического объема в 180 и даже 200 мл. Достижение таких величин систолического объема возможно только при условии долговременной адаптации сердца, сопровождающейся явлениями миогенной и тонегенной дилатации сердца, явлениями гипертрофии и увеличения объема сердца (В. Л. Карпман и Р. А. Карамзина, 1969; В. Л. Карпман и др., 1974). Согласно многочисленным данным, между величиной систолического объема, объемом сердца и кислородным пульсом, рассчитываемым как отношение $\dot{V}O_2$ к f_{\max} , имеется хорошая зависимость (К. Musshoff, Reindell u. a., 1961; G. Brandi, A. Soro, 1962; S. Rodbard, a, oth., 1964; H. Roskamm u. a., 1961, и др.). По Н. Roskamm, H. Reindell, K. Musshoff, K. König (1961), отношение объема сердца к кислородному пульсу представляет собой довольно постоянную величину, названную авторами как «объемный сердечный эквивалент», равный у мужчин-спортсменов 46,6, а у неспортсменов 55,2.

Величины кислородного пульса и объема сердца, рассчитанного таким способом, составили, по нашим данным, следующие величины.

Показатели	Кислородный пульс, мл на 1 сист.	Объем сердца, мл
Юные пловцы	13,5±1,12	745
Взрослые пловцы	22,9±1,26	1062
Футболисты	22,7±0,92	1058
Легкоатлеты-средневики	28,3±0,89	1320

Эти расчеты показывают, что процесс адаптации сердечно-сосудистой системы, направленный на повышение ее производительности, длительный и не оканчивается на этапе спортивного совершенствования, а продолжается и на этапе высшего спортивного мастерства.

Тем не менее можно утверждать, что на втором этапе адаптации ведущим механизмом в повышении производительности функ-

циональной системы кислородного обеспечения организма является фактор циркуляции.

В дальнейшем росте показателей аэробной работоспособности на этапе высшего спортивного мастерства в качестве ведущего механизма совершенствования функциональной системы кислородного обеспечения организма наряду с фактором циркуляции выступает фактор повышенной утилизации кислорода тканями, что приводит к повышению артериально-венозной разницы по кислороду и, как следствие, к лучшему использованию кислорода вдыхаемого воздуха. Это сопровождается оптимизацией сдвигов со стороны систем вентиляции и циркуляции, оптимизацией энерготрат на внутреннюю работу и потребности самой функциональной системы кислородного обеспечения организма. Совершенствование тканевой адаптации сопровождается повышением коэффициента полезного действия работы со все лучшим использованием кислорода воздуха легких, крови и тканей (А. Б. Гандельсман, 1975).

Представление о механизмах совершенствования функциональной системы кислородного обеспечения организма в процессе мышечной тренировки имеет важное практическое значение.

1. Информативная ценность различных показателей функционального состояния в зависимости от конкретной стадии адаптации будет неравнозначна и меняться по мере перехода одной стадии в другую.

2. Понимание о стадийности процессов адаптации функциональной системы кислородного обеспечения организма может помочь в правильном моделировании планируемого уровня функционального состояния спортсмена.

3. При диагностике функционального состояния спортсмена на основе понимания механизмов адаптации функциональной системы кислородного обеспечения организма можно выявлять слабые звенья в системе и путем направленных воздействий добиваться «доведения» их до необходимых значений (величин).

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. В процессе жизнедеятельности, и в особенности в связи с адаптацией организма к напряженной мышечной деятельности спортивного характера, складывается и совершенствуется интегральная функциональная система кислородного обеспечения организма, полезным приспособительным эффектом и системообразующим фактором которой является величина предельно доступного для организма потребления кислорода.

2. Формирование функциональной системы кислородного обеспечения организма, необходимой для достижения высоких вели-

чин максимального потребления кислорода, представляет сложный процесс, в котором можно выделить три стадии: на первой стадии наиболее существенное значение играет повышение объема и вентиляторной функции легких, на второй — признаки адаптации со стороны сердечно-сосудистой системы (фактор циркуляции) и на третьей — факторы, обеспечивающие высокую степень утилизации организмом кислорода.

3. Представление о механизмах совершенствования функциональной системы кислородного обеспечения организма дает возможность правильно оценить информативность различных показателей функционального состояния организма, помочь в моделировании планируемого уровня функционального состояния организма, выявить слабые звенья в системе и путем направленных воздействий добиваться доведения их до необходимого уровня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

1. Анохин П. К. В сб.: «Биологические аспекты кибернетики». М., 1962, с. 74—91.
2. Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., «Медицина», 1968.
3. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. М., 1975.
4. Борисов А. П. Предельное потребление кислорода у спортсменов. Дисс. М., 1955.
5. Вайнбаум А. С., Аксеров А. А. Теор. и практ. физической культуры. 1970, № 2.
6. Волков Н. И. Физиологический журн. СССР, 1962, 48, № 3, с. 314—320.
7. Волков Н. И. Материалы IX Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности. Т. I, М., 1966, с. 69—71.
8. Волков Н. И. Энергетический обмен и работоспособность человека в условиях напряженной мышечной деятельности. Дисс. М., 1969.
9. Гандельсман А. Б. Внешнее дыхание спортсменов. Л., 1975.
10. Гандельсман А. Б., Евдокимова Т. А., Хутов А. М. Сб.: «Биоэнергетика». Энергетическая характеристика физических упражнений. Л., 1973, с. 5—17.
11. Гуминский А. А. Возрастное развитие систем кислородного обеспечения организма в процессе занятий спортом. Дисс. 1973.
12. Елизарова О. Е. Матер. VIII научн. конференции по морфологии, физиологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. ФиС, Волгоград, 1964, с. 77—78.
13. Иванов В. С. Исследование аэробных и анаэробных функций при напряженной мышечной деятельности циклического характера. Дисс. М., 1970.
14. Изаксон Х. Л. Метод пневмоманометрии в комплексном изучении влияния физических упражнений на человека. Автор. дисс. Каунас, 1968.
15. Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Любин Б. Г. Теория и практ. физ. культуры, 1969, № 10.
16. Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. Исследование физической работоспособности у спортсменов. ФиС, М., 1974.
17. Карпман В. Л., Гудков И. А., Кайдинова Г. А. Теор. и практ. физ. культуры. 1972, № 1.

18. Карпман В. Л., Карамзина Р. А. Теор. и практ. физической культуры. 1969, 1, 17—21.
19. Михайлов В. В. Спорт и дыхание. ФиС, 1961.
20. Михайлов В. В., Огольцов Н. Г. Теор. и практ. физической культуры. 1964, 5, 15—18.
21. Мотылянская Р. Е., Стогова Л. И. ВНИИФК. Материалы итоговой научной конференции института за 1966, 1967 гг. М., с. 353—356.
22. Судаков К. В. Функциональные системы организма. Методич. пособие для преподавателей кафедр физиологии мед. институтов. М., 1976.
23. Фарфель В. С. ЦНИИФК. Тезисы докладов. М., 1947, с. 27—28.
24. Фарфель В. С. В сб.: «Исследования по физиологии выносливости». ФиС, 1949, 5—13, 237—268.
25. Фарфель В. С., Михайлов В. В. Проблемы спортивной медицины. М., 1965, с. 167—198.
26. Холден Д., Пристли Д. Дыхание. М.—Л., 1937.
27. Чоговадзе А. В., Израель З. Э. Теор. и практ. физической культуры. 1968, № 8, 31, 26.
28. Юматов Е. А. Успехи физиологических наук. 1975, № 4, 6, с. 34—64.
29. Яковлев Н. Н. Очерки по биохимии спорта. ФиС, 1955.
30. Яковлев Н. Н. (Ред.) Биохимия. ФиС, 1964.
31. Яковлев Н. Н. Биохимия спорта. ФиС, 1974.

Иностранная литература

1. Assmussen E. The regulation of human respiration. Oxford, 1963.
2. Astrand P. O. «Arbeitsphysiologie», 1953, 15, N 3, 254.
3. Astrand P. O. «Physiol. Rev.», 1956, v. 36, N 3, 307.
4. Astrand P. O. Kondition och av Testing av Kondition. Stokholm, 1965.
5. Brandi G., Soro A. Soc. itai. biol. sperim. 1962, 38, N 17, 854—856.
6. Christensen S., Israel S., Brenke H. «Med. und Sport», 1967, VII, N 5, 135.
7. Christensen E. H. Mitteilung. Arbeitsphysiologie. 1931, 4, 470.
8. Comroe J. H. Physiology of respiration. Chicago, 1966.
9. Döbeln von W. Acta physiol. scand. 1957, v. 37, 193—199.
10. Fick A. Sitz. Ber. Physik — Med. ges. Würzburg, 1870, p. 16. (Цит. по А. Гайтон. Физиология кровообращения. Минутный объем сердца. 1969)
11. Hart M. C., Cook C. D., Orzalesi M. M. «Appl. Physiol.», 1963, 18, N 3, 52.
12. Karpman V. L. «Z. Kardiol.», 1975, 64, N 9, 801—808.
13. Lions H. A., Tanner L. W. «J. Appl. Physiol.», 1962, 17, N 4, 603.
14. Margaria R. «Wyhhowanie fiz i sport», 1963, 7, N 11, 18.
15. Margaria R., Petit J. H., «J. Appl. Physiol.», 1960, 15, v. 3, Milic — Emili G., Cavagna G., 354—358.
16. Millahn H. P., Eckermann P. «Klin. Wochensch.», 1964, 42, w. 15, 721—725.
17. Millahn H. «Internat. Z. angew. Physiol.», 1965, 21, 179—189.
18. Musshoff K., Reindell H., König K., Keul S., Roskamm H. «Arch. Kreislaufforch.», 1961, 35, N 1—2, 12—36.
19. Otis A. B. In Handbook of Physiology. Sect. 3. Respiration. Washington, 1964, N 63.
20. Rodbard S., Williams C., Rodbard D., Berglund E. «Circulat. Res.», 1964, 14, N 2, 139—149.
21. Roskamm H., Reindell H., Musshoff K., König K. «Arch. Kreislaufforsch.», 1961, 35, N 1—2, 67—102.

22. Shephard R. G. «Quart. J. Exp. Physiol.», 1966, S 1, 336.
23. Stahl W. K. «J. Appl. Physiol.», 1967, 22, N 3, 453—460.
24. de Vries H., Klafs C. J. «Sport. med. and Physioal Fitness», 1965, 5, N 4,
207—214.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК — ЦЕЛЬ»

А. В. Ивойлов, Г. И. Гинзбург, М. И. Брегер

Волгоградский государственный
институт физической культуры

Белорусский государственный
институт физической культуры

В настоящее время теоретические концепции П. К. Анохина (1935—1974) о функциональных системах все шире проникают в различные области и сферы научных знаний. Возможности системного подхода позволяют наиболее полно понять сущность функционирования сложных динамических систем, традиционно рассматриваемых общей теорией управления и автоматического регулирования.

Одной из них является функциональная система «человек — цель» (СЧЦ), нашедшая свое выражение в трудовой и спортивной деятельности человека. Данная динамическая система представляет собой единство таких подсистем, как «человек», представляющих, в свою очередь, саморегулирующуюся сложную функциональную систему со многими переменными; «связывающее звено» и «цель».

Опираясь на понятие обратной афферентации (П. К. Анохин, 1968), мы считали правомерным на основании теоретических обобщений и экспериментальных данных рассмотреть данную функциональную систему.

Такой подход может иметь чисто утилитарное значение в плане создания представлений о подсистемах и элементах СЧЦ, каналах связи и информации, необходимой для ее совершенствования в диалектическом отношении.

Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что только у человека в ходе его исторического развития метательные движения и движения, связанные с наведением оружия на цель, достигли поразительного совершенствования. Это проявляется, во-первых, в высокоразвитых анализаторных устройствах, воспри-

нимающих и перерабатывающих информацию о месте расположения цели, а во-вторых, в органах исполнения (нервно-мышечном и костно-связочном аппарате), кинематические цепи и степени свободы которого как нельзя лучше используются в осуществлении метательно-бросковых движений.

Отмеченные выше подсистемы СЧЦ («человек», «связывающее звено», «цель») имеют свои особенности структуры, что находит отражение на процессе их функционирования при достижении финального целевого эффекта. Элементы подсистемы «человек» состоят из воспринимающего (рецепторы) и контролирующего (акцептор результатов действия) устройств, аппарата обеспечения (вегетатика), механизма переработки информации (мозг) и органов исполнения (эффекторы). Особенности подсистемы «цель» характеризуются расстоянием до нее, углом расположения к ней, ее очерченностью и рельефностью, неподвижностью или перемещаемостью в пространстве, а также размерами и расположением ее к линии горизонта.

Согласованность работы СЧЦ в зависимости от вышеперечисленных особенностей цели координируется функциями 1-й подсистемы, всякий раз соотносясь с ее координатами во временных, пространственных и силовых параметрах движения.

В спортивной деятельности поражение цели может осуществляться с помощью выбрасываемого снаряда (спортивные игры), посредством попадания оружием, жестко закрепленным с конечностью (фехтование), и рукой (бокс), что в общем случае характеризует деятельность «связывающего звена» СЧЦ. Однако, несмотря на различные способы поражения цели, функционирование СЧЦ в этих видах спорта протекает в определенной сходной последовательности, имеющей ряд общих закономерностей.

В аппарате восприятия и переработки информации возникает представление о параметрах цели и способах ее поражения, формируется афферентная модель необходимого результата действия (П. К. Анохин, 1968). Поступающая на вход системы информация о реальных координатах цели во внешней среде сопоставляется с субъективными представлениями, в результате чего и формируется целесообразная программа действия. Закодированная информация посредством афферентной импульсации передается на исполнительные органы системы. Однако в реальной действительности на СЧЦ постоянно действуют внешние и внутренние возмущения. Их помехогенное влияние распространяется как на центрально-нервное звено, вегетативную нервную систему, так и на органы аппарата исполнения. Совершенствование СЧЦ осуществляется с помощью многоконтурной системы обратных связей, включающих зрительную, тактильную и мышечно-суставную

чувствительность. С помощью этих каналов обратной связи на вход системы поступает текущая информация о фактических результатах поражения цели. Эта информация в акцепторе действия сливается с афферентной моделью необходимого результата.

Формирование такой модели происходит в СЧЦ не сразу, а претерпевает ряд последовательных стадий (Н. А. Бернштейн, 1947), протекающих по закономерностям образования автоматизированного двигательного навыка. В основе этих процессов лежит аналитико-синтетическая деятельность мозга.

Основным результатом функционирования СЧЦ является эффективное поражение цели. Вместе с этим идет непрерывный процесс поиска оптимальных путей для совершенствования человека в данной системе, что и определяет деятельность и возможное совершенствование СЧЦ в целом. Рассматриваемой системе свойственны основные закономерности биологических систем: автоматизированный поиск, многоконтурность каналов связи, целостность, адаптивность и др.

Особенности эффективного функционирования подсистем обусловлены объективными закономерностями взаимодействия между ними и внешней средой. Критерием этой деятельности является результат попадания в цель, что во многом определяется взаимосвязями между точностными движениями спортсмена, характеристиками связывающего звена и параметрами «цели».

В этой связи необходимо отметить, что закономерности функционирования СЧЦ носят вероятностно-статистический характер, и поэтому для ее формального описания может быть привлечен математический аппарат теории вероятностей, занимающейся изучением закономерностей массовых однородных случайных событий, явлений, процессов.

Характеристики работы отдельных органов и систем человеческого организма, многократно измеренные в заданных условиях, всегда будут несколько отличаться друг от друга. Вследствие непрерывного изменения внутренней и внешней среды процессы, происходящие в организме, всякий раз будут протекать несколько по-иному. Поэтому любое физическое упражнение, любой спортивный результат спортсмена в СЧЦ следует рассматривать как результат действия огромного числа факторов. А если число факторов велико, то выявление влияния каждого из них на исследуемый результат требует вероятностных методов оценки.

Человеческий организм представляет собой очень сложную вероятностную нелинейную систему, находящуюся под постоянным воздействием как внешних, так и внутренних случайных возмущений (помех). Поэтому характеристики работы отдельных подсистем человеческого организма должны быть также стати-

стически-вероятностными. В связи с этим для определения закономерностей происходящих изменений в изучаемой системе, главным звеном которой является человек, и необходимо использовать теорию вероятностей как науку, с помощью которой достигается возможность объективно оценивать происходящие процессы. Подтверждением этому может служить тот факт, что основатель кибернетики Н. Винер (1969) считал главным тезисом своей «кибернетики» идею о том, что «связь и управление неотделимы друг от друга как в машине, так и в живом организме, и что основа этой теории вероятностная».

Согласно учению П. К. Анохина, упорядочивающим фактором функциональной системы является результат ее деятельности. Результат деятельности через обратную афферентацию осуществляет активное воздействие на систему, что приводит к ее совершенствованию. В СЧЦ результат деятельности выражается в финальном характере поражения цели, многократно повторяющемся в процессе выполнения точностных движений спортсмена. А так как этот результат содержит в себе случайную составляющую, то для его характеристики наиболее перспективным представляется использование функции распределения $F(X)$ и плотности распределения $f(X)$ случайных величин. Это позволяет прогнозировать возможности поражения цели спортсменом, оценивать его готовность к получению предстоящего результата.

В рассматриваемой системе важнейшей характеристикой результата является точность попадания в цель, которую предлагается в настоящей работе оценивать по вероятности попадания в требуемую (заданную) область, как это имеет место в спортивных играх, боксе, фехтовании и всех видах стрельбы. Отсюда точность процесса выполнения спортивного движения СЧЦ должна определяться по вероятности получения результата реального движения в области, заданной нормативами. По изменению вышеуказанных вероятностей при переходе от одних условий к другим можно судить о надежности попадания и надежности процесса выполнения точности движений (А. В. Ивойлов с соавт., 1975; Г. И. Гинсбург, 1976).

Основываясь на описанных методологических принципах, мы считали необходимым провести теоретическую разработку, направленную на выявление закономерных связей между подсистемами СЧЦ в процессе ее функционирования.

1. Связь между точностью попадания и расстоянием до цели.

Расстояние до цели лимитирует деятельность спортсмена, направленную на ее поражение. Это выражается в том, что при увеличении расстояния до цели при всех других равных условиях точ-

ность попадания падает. В данном случае линейные ошибки l при постоянной угловой ошибке α прямо пропорциональны дальности до цели D :

$$l = \alpha \cdot D \quad (1)$$

2. Связь между точностью попадания и массой снаряда.

Траектория полета снаряда (одного из видов «связывающего звена») без учета сопротивления воздуха полностью определяется следующими тремя величинами: 1) V_0 — начальной скоростью бросания, 2) θ_0 — начальным углом бросания и 3) h_0 — начальной высотой бросания. Покажем, что с увеличением массы снаряда точность попадания понижается. Для получения скорости снаряда из положения, при котором его скорость равна нулю, необходимо, чтобы импульс приложенной силы F_t в течение времени t был равен

$$\int_0^t F dt = mv_0 \quad (2)$$

Если переменную силу F заменить средней постоянной силой F_{cp} , то из уравнения (2) получим:

$$F_{cp} = \frac{mv_0}{t} \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что F_{cp} прямо пропорциональна массе снаряда m (при прочих равных условиях), т. е. с ростом m растет и F_{cp} . Ошибка в получении необходимой величины V_0 будет определяться при заданном t ошибкой произведения силы F_{cp} . Очевидно, что с ростом требуемой силы F_{cp} будет расти и ошибка в получении результата. Поэтому ошибка в требуемой V_0 будет большей для снаряда с большей массой m . Увеличение такой ошибки в V_0 приведет к понижению точности попадания.

3. Связь между точностью попадания и амплитудой движения конечности.

Из формулы (3) видно, что чем больше время t сопровождения (наведения) снаряда конечностью, тем меньше сила F_{cp} , а следовательно, и меньше ошибка в ее определении. С увеличением времени наведения t у спортсмена увеличивается возможность внесения коррекций в процессе получения необходимых начальных условий (V_0 , θ_0 , h_0), а также несколько уменьшается цельность до цели D . По указанным причинам с увеличением амплитуды движения точность попадания возрастает.

4. Связь между точностью попадания и углом расположения человека к поражаемой цели.

Рассмотрим метание снаряда в цель. Пусть угол между плоскостью цели и горизонтальной линией «связывающего звена» (снаряда) равен λ . То $\lambda=90^\circ$, то угол φ в горизонтальной плоскости, в пределах которого траектория снаряда проходит через цель, равен

$$\varphi = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{b}{2D} \quad (4)$$

где b — ширина цели, а D — горизонтальное расстояние от снаряда до середины цели. Для приближенных расчетов формулу (4) можно упростить и считать

$$\varphi \approx \frac{b}{D} \quad (5)$$

В общем случае, когда угол $\lambda=90^\circ$, горизонтальный угол φ , в пределах которого снаряд может попасть в цель, равен

$$\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{b \sin \lambda}{2D - b \cos \lambda} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{b \sin \lambda}{2D + b \cos \lambda} \quad (6)$$

Приближенно можно считать, что

$$\varphi = \frac{b}{D} \cdot \sin \lambda \approx \varphi \cdot \sin \lambda \quad (7)$$

Из формул (6) и (7) видно, что с уменьшением угла λ уменьшается угол φ , а следовательно, понижается возможность попадания снарядом в цель.

5. Связь между точностью попадания и начальными условиями бросания снаряда.

В целях упрощения задачи рассмотрим полет снаряда без учета сопротивления воздуха. Пусть X — горизонтальная дальность между снарядом в момент бросания и плоскостью мишени, V_0 — начальная скорость снаряда, Θ_0 — угол бросания, h_0 — начальная высота снаряда. Тогда высота траектории снаряда Y может быть найдена по следующей формуле:

$$y = h_0 + x \cdot \operatorname{tg} \Theta_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \Theta_0} \quad (8)$$

Проанализируем влияние ошибок в начальных условиях (ΔV_0 , Δh_0 , $\Delta \Theta_0$), считая их независимыми, на вертикальную составляющую ошибки попадания ΔY . С этой целью найдем частные производные от Y по V_0 , h_0 , Θ_0 и ограничимся рассмотрением линеаризованных уравнений ошибок. Из формулы (8) видно, что с ростом

V_0 высота Y также растет. Приближенно можно считать, что ошибка $\Delta Y(\Delta V_0)$, вызванная ошибкой ΔV_0 , равна

$$\Delta y(\Delta V_0) \approx \frac{gx^2}{v_0^3 \cos^2 \theta_0} \cdot \Delta v_0 \quad (9)$$

Аналогично найдем, что ошибка $\Delta Y(\Delta h_0)$, вызванная ошибкой Δh_0 , равна

$$\Delta y(\Delta h_0) \approx \Delta h_0 \quad (10)$$

Рассмотрим теперь влияние ошибки в угле бросания $\Delta \theta_0$ на ошибку в высоте траектории у цели $\Delta Y(\Delta \theta_0)$. На первый взгляд кажется, что знаки ошибок $\Delta Y(\Delta \theta_0)$ и $\Delta \theta_0$ должны быть одинаковыми. На самом деле они могут быть разными. Объясняется это тем, что с ростом угла бросания θ_0 возрастает время полета снаряда до цели, вследствие чего растет понижение траектории под действием силы тяжести

$$\Delta y(\Delta \theta_0) \approx \frac{x}{\cos^2 \theta_0} \left(1 - \frac{gx}{V_0^2} \cdot \operatorname{tg} \theta_0 \right) \cdot \Delta \theta_0 \quad (11)$$

Из формулы (11) следует, что при $\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{V_0^2}{gx}$ ошибка $\Delta Y(\Delta \theta_0)$ равна нулю; при $\operatorname{tg} \theta_0 < \frac{V_0^2}{gx}$ ошибки $\Delta Y(\Delta \theta_0)$ и $\Delta \theta_0$ имеют одинаковые знаки, а при $\operatorname{tg} \theta_0 > \frac{V_0^2}{gx}$ — разные знаки.

Определив теоретически характеристики ошибок попадания на основе методов теории вероятностей, находят общие и частные вероятностные критерии точности и надежности попадания в цель (А. В. Ивойлов с соавт., 1975; Г. И. Гинзбург, 1976).

Необходимо отметить, что рассмотренные закономерности проявляются в координации двигательных и физиологических функций, рассогласование в деятельности которых может снижать целевую точность спортсмена (А. В. Ивойлов с соавт., 1973).

Исследование точно-целевых движений (в спортивных играх и единоборствах) в сложных условиях действия помехогенных факторов позволило выявить некоторые закономерности изменения координации двигательных и вегетативных функций организма спортсмена. Так было установлено, что изменения исследуемых показателей (ЭКГ, ЭМГ, фаз дыхательного цикла и частоты дыхания, динамографии, гониографии и целевой точности) после 3 серий высокоинтенсивных нагрузок были неравнозначны. По мере повторного выполнения нагрузок наблюдалось увеличение ЧСС и частоты дыхания от 62 уд/мин. и 19 дых/мин. соответственно до 151 и 33.

Значительный интерес представляет связь отдельных фаз и всего движения в целом с фазами дыхательного цикла. В ходе исследований нами было установлено, что у всех испытуемых при выполнении точностных движений выявляется определенная закономерность, связанная с удлинением паузы на вдохе, за счет произвольной задержки дыхания, которая длится $1,28 \pm 0,18$ с (в обычных условиях — $0,81 \pm 0,12$ с). Момент начала произвольной задержки дыхания, несколько опережая начало движения, соответствует подготовительной и рабочей фазам движения. Произвольная задержка дыхания осуществляется спортсменом после вдоха за $0,17$ с до подготовительной фазы и длится на протяжении всего движения. Акт выдоха производится после выполнения движения и длится $0,44$ с. Таким образом, произвольную задержку дыхания следует рассматривать как один из компонентов направленного действия, обеспечивающего биомеханическую целесообразность точноно-целевого движения, при которой отсутствуют движения грудной клетки и плечевого пояса, что способствует устранению «наводок» от проксимального (опорного) звена кинематической цепи на дистальное звено «рабочей» конечности.

Проведенные при этом записи ЭКГ показали, что во время задержки дыхания наблюдается асинхронизация частоты сердечных сокращений. Такое явление, известное в физиологии как дыхательная аритмия, несет в себе генетически обусловленную охранительную функцию к действию гипоксии. При этом на электрокардиограмме были зафиксированы определенные изменения. В частности, имело место однонаправленное смещение электрических осей зубцов Р и Т и комплекса QRS, уменьшение угла между осью зубца Т и комплекса QRS, незначительное удлинение зубцов Р, Т и укорочение Р — Q отрезка Q — Т.

Найдено, что точноно-целевые движения под влиянием утомления вызвали асинхронизацию фаз дыхательного цикла с фазами движений, которая особенно ярко проявлялась после 3-й серии высокоинтенсивных нагрузок. Нарушение произвольной задержки дыхания в этом случае выражалось в том, что подготовительная и рабочая фазы движения выполнялись не на задержке дыхания после вдоха, а во время других фаз дыхательного цикла.

Однако с высокотренированных спортсменов — мастеров спорта СССР таких рассогласований не наблюдалось. Точноно-целевые движения выполнялись ими на фазе задержки дыхания. У менее квалифицированных спортсменов, в связи с нарушением общего ритма рабочих функций под влиянием нагрузок, наблюдался неравномерный характер изменения различных физиологических показателей. Гетерохронность таких изменений выражалась не только в увеличении или уменьшении длительности отдельных

фаз, но и в характере кинематических и динамических параметров движений, а также электрической активности мышц.

Все эти изменения влияли на результат попадания в цель. По мере прогрессирования физиологических сдвигов в организме наблюдались количественные и качественные ухудшения показателей результата.

Исследования точно-целевых движений в различной соревновательной ситуации привели к выводу о внешнеситуационной обусловленности структуры точностных движений в спортивных играх и единоборствах. В таких движениях вариативно-конфликтные условия соревновательной деятельности являются важной составляющей, которая обуславливает изменения их кинематики и динамики.

Исследования спортивных игр и единоборств в соревновательной деятельности (А. В. Ивойлов, 1967; В. С. Келлер, 1975) показали, что движения в них могут протекать как в детерминированных, так и вероятностно-стохастических условиях. Экспериментально подтверждено, что критериями адекватности выбора условий, средств и методов обучающей программы будет внешнеситуационная обусловленность движений спортсмена, которая, в свою очередь, в связи с детерминированностью или вероятностью ответных действий может проявляться в различной вариативности кинематических и динамических характеристик движений.

Так, например, стандартность внешнеситуационных условий вызывает незначительную изменчивость фаз движений спортсмена, что подчеркивает их стабильность и заранее запрограммированный характер. Это привело к выводу, что существующее мнение о «воронкообразной» фазовой структуре движений (В. М. Дьячков, 1963; В. С. Келлер, 1975) в спортивных играх и единоборствах не имеет своего всеобщего распространения (А. В. Ивойлов, 1967; О. П. Топышев, 1968). Однако, вместе с тем, в вариативно-стохастических ситуациях имеет место то феноменологическое определение взаимоотношений вариативности и стабильности движений, которое по своей направленности может определяться понятием «воронки» (А. А. Новиков, 1964). Это характеризуется уменьшением величины вариации при переходе от фазовых (стартовых и подготовительных) движений к рабочим. Причем, такая особенность проявляется в большей степени с увеличением стохастичности соревновательной ситуации.

Рассмотренные выше теоретические и экспериментальные данные имеют и непосредственное утилитарно-прикладное, дидактическое значение в спорте.

Прежде всего, в период начального обучения необходимо учитывать такие закономерности функционирования СЧЦ, как целе-

вая точность — величина усилия, точность поражения цели — масса снаряда, амплитуда движения — меткость, угол расположения к цели — точность ее поражения.

Выявленная связь осуществления точно-целевых движений с произвольной регуляцией дыхания (его задержкой в момент «рабочего» движения) подчеркивает необходимость обучения спортсменов не только моторным компонентам двигательного навыка, но и умениям управлять функциями, обеспечивающими движение.

Диалектическая обусловленность вариативности и стабильности точно-целевых движений в связи с детерминированностью и вероятностью соревновательных ситуаций находит свое выражение в дифференцированном подходе к обучению и совершенствованию рассмотренных выше моделей. В первом случае (в детерминированных условиях) точно-целевые движения следует разучивать в условиях «жесткой» программы, в стационарно неизменяющихся условиях, во втором (в детерминированно-вероятностных условиях) необходимо добиваться широкой вариативности действий в стартовых и подготовительных фазах точно-целевого акта и «узких» рамок изменчивости движений в «рабочей фазе».

Для совершенствования движений, описанных в третьей модели, выполняемых в стохастических условиях деятельности, характерным будет являться выработка пространственно-временной антиципации и принятия экспромтных решений в условиях дефицита времени.

ЛИТЕРАТУРА

Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., «Медицина», 1968.

Бернштейн Н. А. О построении движений. М., Медгиз, 1947.

Винер Н. Мое отношение к кибернетике. Ее прошлое и будущее. М., «Советское радио», 1969.

Гинзбург Г. И. Материалы VI научно-методической конф. республик Прибалтики и Белоруссии по проблемам спортивной тренировки. Вильнюс, 1976.

Дьячков В. М. Автореф. докт. дисс. М., 1963.

Ивойлов А. В. Кандидат. дисс. М., 1967.

Ивойлов А. В. с соавт. «Теор. и практ. физич. культ.». 1973, № 6.

Ивойлов А. В. с соавт. Сб.: «Вопросы теории и практики физической культуры и спорта». Минск, 1975.

Келлер В. С. Автореф. докт. дисс. М., 1975.

Новиков А. А. Автореф. канд. дисс. М., 1964.

Топышев О. П. Автореф. канд. дисс. М., 1968.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЙ РЕГУЛЯЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУБСИСТЕМ В ЦЕЛОСТНОМ ДВИГАТЕЛЬНОМ АКТЕ ЧЕЛОВЕКА

(на примере идиопатического сколиоза)

В. И. Царапкин

Волгоградский государственный
институт физической культуры

Любое целенаправленное движение является иерархией функциональных систем, объединенных отношениями содействия в получении необходимого организму результата. Все функциональные системы этой иерархии, начиная с суперсистемы целостного двигательного акта и объединенных в нее субсистем и их элементов, имеют принципиально единую функциональную архитеконику, состоящую из вполне конкретных специфических узловых механизмов (П. К. Анохин, 1972). В своей повседневной жизни человек редко осознает результаты функционирования отдельных субсистем, в его сознании, в основном, может находиться результат суперсистемы движения, т. е. результат, получаемый на уровне целого организма. Однако встречаются ситуации, когда результат функционирования какой-либо субсистемы приобретает самостоятельное значение вне суперсистемы, в которую она входит. Такой результат становится нежелательным и требует своей замены. Рассмотрим такое сложное целенаправленное движение человека, каковым является сохранение вертикальной позы в условиях земного тяготения.

Достижение необходимого результата в этом движении — сохранение вертикальной позы — может осуществляться при различном взаимодействии субсистем и элементов, входящих в суперсистему этого двигательного акта, в том числе и при таком взаимодействии, при котором у человека появляются превышающие физиологическую норму и отклоняющиеся от эстетических требований изгибы позвоночника в сагиттальной плоскости — гиперлордоз и гиперкифоз. На этом примере видно, что одновременно с сохранением конечного результата движения — вертикальной позы, необходимо изменение результатов конкретной субсистемы этого движения — изгибов позвоночного столба, по своей величине отклоняющихся от принятых эстетических норм, т. е. изменение программы активности мышц, воздействующих на позвоночник.

Причинами, требующими изменения результатов субсистем, входящих в функциональную суперсистему целостного двигательного акта, могут быть не только отклонения от принятых эстетических норм, ими могут быть и такие результаты, которые вызывают в дальнейшем различные патологические изменения.

Возникает вопрос: как возможно изменить в необходимом направлении результат функционирования такой субсистемы, не изменяя результата суперсистемы целенаправленного движения?

В качестве примера, на котором исследуется необходимость целенаправленного изменения промежуточного результата функционирования субсистемы, сохранения вертикальной позы человека и возможность такого изменения, выбрано одно из наиболее распространенных заболеваний детей — идиопатический сколиоз.

Выбор такой модели для настоящего исследования требует рассмотрения современных представлений этиогенеза этого заболевания. Вертикальная поза выбрана по той причине, что это движение, обеспечивающее стабилизацию туловища человека в условиях земного тяготения, является характерным только для человека, а также потому, что вертикальная поза является основной для выполнения большинства произвольных движений современного человека, выполнения его спортивных и трудовых движений. Не случайно поэтому в основе физического воспитания ребенка, подростка лежит воспитание его осанки. Однако, как пишет заместитель министра просвещения СССР М. И. Кондаков (1976), «...всё еще мало внимания уделяется на уроках воспитанию осанки, правильной и красивой походке, ...неряшливость в позе ведет к явным аномалиям в опорно-двигательном аппарате. Недаром у нас множатся из класса в класс нарушения осанки и деформация стопы»¹.

Большая доля в нарушении осанки у детей, часто переходящем в патологическое структуральное изменение позвоночника, выпадает на такое заболевание, как сколиоз.

Термин «сколиоз» является собирательным термином для заболеваний, связанных с искривлением позвоночного столба во фронтальной плоскости. Выделяются (И. А. Мовшович и И. А. Риц, 1969) следующие основные этиологические формы сколиоза: диспластический, врожденный, неврогенные, статический, идиопатический. Все формы сколиоза, кроме идиопатического, имеют хорошо выраженную причину заболевания. Однако наиболее распространенным является идиопатический сколиоз, т. е. сколиоз с неизвестной причиной возникновения (I. Ponseti.

¹ М. И. Кондаков, О дальнейшем совершенствовании физического воспитания в школе. «Физкультура в школе», 1976, 4, 12, 10—15.

R. Fridman, 1960; I. James, 1954, 1970; М. Н. Куслик, 1958; I. Ponseti, 1962; Е. А. Абальсамова, 1966; А. И. Казьмин, 1972). По мнению I. Cobb (1958), почти 90% детей, страдающих сколиозом, имеют идиопатический сколиоз. В. Д. Чаплин (1963), Е. К. Никифорова, М. Н. Гойчарова, З. А. Ляндрес (1966) указывают, что в современной статистике сколиотической болезни идиопатический сколиоз занимает 25—50%. Эти данные, несмотря на большое расхождение между ними, показывают, что идиопатический сколиоз — основная форма сколиотической болезни.

Несмотря на огромное количество представлений о первоначальной причине, вызывающей изгиб позвоночника во фронтальной плоскости при этом заболевании, выход в практику лечения и профилактику идиопатического сколиоза своими специфическими методами имеет, в основном, только теория о ведущей роли в искривлении позвоночника нарушения мышечного равновесия.

Это одна из самых распространенных теорий, основоположником которой принято считать Гиппократа.

Причины, вызывающие нарушение мышечного равновесия, как пишет А. И. Казьмин (1972), называются различными: это врожденная аномалия мышц, общее физическое недоразвитие, слабость и утомление мышц, перенесенный в стертой форме полиомиелит, т. е. первично страдают мышцы, а искривление позвоночника является следствием этого (И. А. Мовшович, 1972).

Теория нарушения мышечного равновесия из-за нервно-мышечной недостаточности имеет свой специфический выход в практику лечения идиопатического сколиоза, а также и в профилактику этого заболевания. Если предполагается, что у больного ослаблены или недоразвиты отдельные мышечные группы, то логично в курс лечения ввести процедуры, направленные на укрепление, развитие и усиление этих мышц, что и осуществляется во время консервативного лечения сколиоза путем направленного воздействия на отдельные мышцы и их группы (А. Ф. Каптелин, 1963, 1965, 1969; В. Н. Мошков, 1963) специально подобранными упражнениями лечебной гимнастики.

Механизм коррекции искривленного позвоночника при этом методе лечения авторами не указывается. Так, считается (А. Ф. Каптелин, 1974), что главная цель, стоящая перед лечебной гимнастикой — это повышение устойчивости позвоночника к статической нагрузке за счет увеличения тонуса мышц, а не его коррекция. Предполагается, что повышение устойчивости позвоночника возможно достигнуть увеличением мышечного корсета (Е. И. Янкелевич, 1957; В. И. Волошин, 1969).

Однако результаты применения лечебной гимнастики в лечении идиопатического сколиоза не оправдывают возлагаемых надежд на

этот метод консервативного лечения, и, как пишет А. И. Казьмин (1972), результаты оказываются малоутешительными.

«Положительные сдвиги в основных показателях физического развития, — пишет З. М. Шубина (1975), — ...не сопровождались, к сожалению, такими же сдвигами в состоянии их осанки»¹.

Отсутствие положительных результатов в коррекции искривленного позвоночника привело к выработке тактики лечения идиопатического сколиоза, основанной на профилактике увеличения искривления (И. А. Мовшович, И. А. Риц, 1969) до окончания роста позвоночника и нашло свое отражение в термине М. В. Волкова (1966) «профилактическое лечение сколиоза».

Если предполагается, что у больного идиопатическим сколиозом мышечные группы с одной стороны туловища ослаблены и не в состоянии проводить коррекцию позвоночника, то можно думать, что они должны работать на пределе своих возможностей. Нами проверено это предположение, для чего проведено исследование запаса мощности у мышц туловища при вертикальной позе у больных идиопатическим сколиозом. У подростков 15—16 лет, имеющих I—II степень идиопатического сколиоза (по классификации В. Д. Чаплина, 1957, и А. И. Казьмина, 1968), определялось отношение биоэлектрической активности мышечных групп туловища (с выпуклой стороны бокового искривления позвоночника) при удобной вертикальной позе и при максимальном их напряжении.

При определении изменения создаваемого мышцей усилия предполагалось, что изменение амплитуды электромиограммы пропорционально изменению развиваемого усилия (I. Sherer et al., 1959; A. Clarke, 1965). То обстоятельство, что при создании максимальных усилий имеется некоторое отклонение от линейности (I. Kato, E. Okazaki, 1969), в данном случае не имело принципиального значения, ибо в этой зоне увеличение мышечного усилия сопровождается непропорционально малым повышением электрической активности мышц (В. С. Гурфинкель, Я. М. Кош. М. Л. Шик, 1965).

Результаты исследования представлены в таблице 1, из которой следует, что удобная вертикальная поза человека обеспечивается незначительным напряжением мышц, воздействующих на позвоночник, и что у мышц туловища имеется огромная возможность для внесения коррекции боковых изгибов позвоночника. Однако такой коррекции не происходит. Можно думать, что патология мышц, тем более недоразвитие или врожденная аномалия мышцы, снижающая ее сократительные способности до такой степени, что

¹ З. М. Шубина. Воспитание осанки учащихся начальных классов продленного дня в процессе учебно-воспитательной работы. М., 1975, с. 12.

коррекция искривления становится невозможной, привели бы и к невозможности выполнения произвольных движений, в том числе и сохранения вертикальной позы, ибо имеющийся запас мощности мышц играет важную роль при движениях в повседневной жизни, а также при восстановлении нарушенного равновесия (В. С. Гурфинкель и др., 1965).

С позиций имеющихся представлений о этиогенезе идиопатического сколиоза нельзя объяснить, почему огромный запас мощности, имеющийся у мышц туловища, не используется для коррекции боковых искривлений позвоночника. Таким образом, причину асим-

Таблица 1

Отношение биоэлектрической активности
мышц туловища при удобном стоянии
и максимальном напряжении

n=6

Мышцы	Длинный разги- батель спины	Трапеци- видная мышца	Широ- чайшая мышца спины	Косая мышца живота
Отношение	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{59}$	$\frac{1}{81}$	$\frac{1}{70}$

Числитель — ЭМГ при удобной вертикальной позе.

Знаменатель — ЭМГ при максимальном напряжении
мышцы.

метричного воздействия мышц туловища на позвоночник необходимо искать не в патологии или недоразвитии мышечных групп одной из сторон туловища, а как мы думаем, в регуляции активности этих мышц со стороны центральной нервной системы.

Таким образом, асимметрия активности мышц туловища при идиопатическом сколиозе может являться результатом действия функциональной системы мышц туловища, воздействующих на позвоночник и его укрепляющих, обеспечивающих его жесткость подобие вант, создающих жесткость корабельным мачтам (Н. А. Бернштейн, 1962). Эта система входит в виде подсистемы в более высокую суперсистему сохранения вертикальной позы человека в условиях земного тяготения.

Основываясь на таком представлении, можно понять и такое трудно объяснимое с позиций существующих теорий специфическое проявление идиопатического сколиоза, заключающееся в том, что в подавляющем большинстве боковой изгиб в грудном отделе позвоночника правосторонний (88—90% всех случаев заболевания). Искривления же в поясничном отделе в большинстве случа-

ев левосторонние. Это можно объяснить тем, что вырабатываемая в онтогенезе функциональная система вертикальной позы ребенка может иметь подсистему с программой напряжения мышц, асимметрично действующих на позвоночник. В основе такой асимметрии лежит присущая только человеку доминантность правой руки, которая, по определению Ф. Энгельса, «...является не только органом труда, она также и продукт его»¹.

Реализация целей, стоящих перед повседневными движениями человека и требующих в основном участие доминирующей (правой) руки, вызывает необходимость выдвижения вперед этого рабочего органа, что приводит к некоторому боковому изгибу позвоночника в грудном отделе в его сторону (З. М. Шубина, 1975). По этому начальный боковой изгиб позвоночного столба можно рассматривать как составную часть системной организации движения, направленного на достижения результата во внешней среде. Таким образом, возникает задача, поставленная нами в начале статьи: как возможно изменить результат функционирования такой подсистемы, не изменяя, конечно, результата суперсистемы всего движения человека? Теория функциональных систем (П. К. Анохин, 1935—1974) указывает пути решения этой задачи. П. К. Анохиным (1972) показано, что «...все функциональные системы, независимо от уровня своей организации и от количества составляющих их компонентов, имеют принципиально одну и ту же функциональную архитектуру, в которой результат является доминирующим фактором, стабилизирующим организацию систем»².

Таким образом, любая функциональная система, на любом уровне иерархии имеет единую архитектуру и формируется необходимым результатом. Предвидение, опережение реальных событий в виде получения такого необходимого результата закодированно в виде цели. Поэтому постановка новой цели движения влечет за собой формирование новой функциональной системы движения, направленной на реализацию этой цели. Это положение должно быть справедливым для всех функциональных систем, независимо от занимаемого ими уровня в иерархии систем движения. Если это так, то выполнение двигательных заданий, направленных на реализацию различных целей, должно по-разному сказаться на величине изгиба позвоночного столба, т. к. изгиб позвоночника (поза) является неотъемлемой частью достижения результата движения, в том числе, конечно, и у больных идиопатическим сколиозом.

¹ Ф. Энгельс. Диалектика природы. 1948, с. 135.

² П. К. Анохин. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. В кн.: «Принципы системной организации функций». М., «Наука», 1972, с. 5—61.

Для проверки этого предположения у детей, страдающих идиопатическим сколиозом и имеющих I, II, III степени заболевания, было исследовано изменение формы позвоночника при выполнении ими в вертикальной позе различных двигательных заданий, имеющих выраженную целевую установку, в том числе и упражнений, широко используемых в комплексах лечебной гимнастики при консервативном лечении сколиоза.

В зависимости от целевой установки, задания делились на три группы. Первую группу составили упражнения, направленные на сохранение равновесия, например, удержание на голове символического груза (книги и др.). Во вторую группу вошли задания, направленные на волевую коррекцию искривленного позвоночника, например, «принять стойку смиренно» или «добиться прямой позы перед зеркалом» и т. д. Третья группа объединила задания, при выполнении которых достижение поставленной цели основывалось на получении обязательного результата подсистемы (объединяющей мышцы туловища) — выпрямления позвоночника. Например: достать головой вышенаходящуюся руку врача или попытаться дотянуться руками до вышенаходящегося предмета т. д.

В исследовании приняло участие 14 человек школьного возраста, которые выполняли типовые задания из каждой группы упражнений.

Форма позвоночника фиксировалась на рентгенограммах как в исходном состоянии, так и при выполнении типовых заданий. Расчет боковой дуги позвоночника на рентгенограммах проводился по методике, предложенной I. Cobb. Беря во внимание данные Д. И. Казьмина (1968), увеличение или уменьшение изгиба позвоночника у больного учитывалось только тогда, когда изменение было $\geq 2^\circ$. При сравнении полученных рентгенограмм выяснилось, что при выполнении предлагаемых целенаправленных двигательных заданий форма позвоночника у всех испытуемых изменялась (табл. 2). Таким образом, экспериментально подтвердилось высказанное на основе теории функциональной системы предположение, что форма позвоночника является составной частью системы, направленной на получение необходимого результата движения. Однако изменение величины изгиба позвоночника во фронтальной плоскости при выполнении заданий произошло не однонаправленно. Так, выяснилось, что наиболее распространенные в консервативном лечении сколиотической болезни упражнения — удержание равновесия и волевое выпрямление туловища — не создают коррекцию боковых дуг позвоночника. Более того, при выполнении этих упражнений (табл. 2 и 3) происходит достоверное увеличение боковой дуг позвоночника.

Такое увеличение бокового искривления позвоночника, как воз-

Таблица 2

Изменение бокового искривления позвоночника у детей,
больных сколиозом, при выполнении ими двигательных заданий

n=14

	Исходная поза		Поза по стойке «смирно»		Удержание груза на голове		Достать головой руку врача	
	D	L	D	L	D	L	D	L
Дуга, град.	15,3	18,4	17,7	22,0	18,3	21,1	14,3	16,8
$\bar{\Delta} \pm m(\bar{\Delta})$	—	—	$+2,4 \pm 0,75$	$+3,6 \pm 0,8$	$+3,0 \pm 1,2$	$+2,7 \pm 0,8$	$-1,0 \pm 0,24$	$-1,6 \pm 0,44$
в %	—	—	15,6	19,6	19,8	14,7	6,5	3,7
P	—	—	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01

можно предположить, вызвано необходимостью реализации цели движения, стоящей перед испытуемыми при выполнении этих заданий. Так, понижение центра тяжести, вызванное увеличением боковых изгибов позвоночника, может позволить успешнее сохранить равновесие при выполнении задания удержать книгу на голове.

Таблица 3

**Изменение бокового искривления позвоночника
в зависимости от степени заболевания у детей,
больных идиопатическим сколиозом,
при выполнении ими двигательных заданий**

Степень заболевания	Двигательные задания							
	удобная поза		поза «смирно»		удержать на голове книгу		достать головой руку врача	
	D	L	D	L	D	L	D	L
I степень								
в—3								
Дуга, град.	7,7	7,3	10,3	9,3	9,3	9,7	5,5	6,3
Абсолютн. рази.			+2,7	+2,0	+2,3	+2,4	-1,4	-1,0
%			38,8	27,3	32,8	32,7	20,0	13,6
II степень								
в—4								
Дуга, град.	10,2	14,0	14,6	19,7	12,2	17,5	8,5	13,5
Абсолютн. рази.			+4,4	+5,7	+2,0	+3,5	-1,7	-0,5
%			43,1	40,7	18,6	25,0	16,6	3,6
III степень								
в—4								
Дуга, град.	26,5	31,2	28,2	33,5	31,2	33,3	26,0	28,0
Абсолютн. рази.			+1,7	+2,3	+4,7	+2,7	-0,5	-3,2
%			6,4	7,3	17,7	6,7	1,9	10,2
С односторонней ду- гой искривления								
в—3								
Дуга, град.	13,0	—	15,0	—	14,0	—	9,7	—
Абсолютн. рази.			+2,0		+1,0		-3,0	
%			15,3		7,7		25,3	

При выполнении задания «встать по стойке смирно», т. е. при сознательной коррекции позвоночника, активное напряжение мышечных групп вызвало также увеличение боковых изгибов позвоночника. Необходимо отметить, что волевое исправление позы вызывает наибольшее увеличение боковых дуг сколиотического позвоночника, особенно у детей, имеющих I и II степени заболевания (табл. 3).

Эти данные противоречат многочисленным рекомендациям о необходимости сознательного поддержания правильной осанки

больным ребенком (А. И. Рейзман и Ф. И. Багров, 1963; В. И. Во-лошин, 1969; Е. Е. Лосикова, 1974).

При выполнении упражнений третьей группы, например, достать головой руку врача, находящуюся над головой больного ребенка, величина сколиотического искривления позвоночника также изменилась.

Однако в этом случае наблюдается однонаправленное и достоверное уменьшение дуг позвоночника во фронтальной плоскости (табл. 2 и 3). Таким образом, постановка цели движения, успешность реализации которой зависит от изменения результата подсистемы целостного движения — выпрямления позвоночника, приводит к значительному уменьшению бокового искривления сколиотического позвоночника.

Обработка полученных данных в зависимости от тяжести заболевания — отдельно для I, II и III степени (табл. 3) показала, что принципиального изменения формы позвоночника при выполнении указанных двигательных заданий в зависимости от степени заболевания, а также от формы искривления, не наблюдается.

Различие имеется только в величине дуг позвоночника, т. е. в количественных величинах.

На основании этих данных можно сделать заключение, что постановка дополнительной цели движения изменяет результат подсистемы, входящей в суперсистему целостного движения человека, не изменяя результата всей суперсистемы движения (в нашем случае вертикальной позы человека).

Полученные экспериментальные данные подтверждают положение теории функциональной системы о том, что получение одного и того же результата на уровне суперсистемы не является жестко детерминированным от результатов отдельных ее подсистем или их элементов (П. К. Анохин, 1968). Причем такая вариативность способов получения инвариантного результата является не случайной, а принципиально необходимой (А. Р. Лурья, 1973). Поэтому один и тот же результат движения (в нашем случае — обеспечение равновесия в условиях земной гравитации) может достигаться множеством различных мышечных координаций (Н. В. Зимкин, 1965), в том числе и асимметричных.

Результаты проведенного исследования показывают также, что причиной возникновения боковых искривлений позвоночника при идиопатическом сколиозе является образованная в онтогенезе функциональная система удержания вертикальной позы человека, взаимодействие элементов которой, направленное на обеспечение системного результата (позы), создает и опосредованный результат подсистемы в виде асимметричной активности мышц туловища, удерживающих позвоночник, что и формирует сколиозную ду-

гу, удерживающую позвоночник, которая и формирует боковое искривление позвоночника. Асимметричное воздействие мышц на позвоночник может в некоторых случаях и не сформировать сколиозную дугу непосредственно (И. А. Мовшович, 1963, 1972; И. А. Мовшович, И. А. Риц, 1969), но оно создает неравномерное давление на тело позвонка, что во время роста позвоночника приводит к замедлению увеличения тела позвонка со стороны этой длительной компрессии (закон Гюнтера — Фолькмана). В менее нагружаемых отделах, напротив, рост тела позвонка ускорен и в результате тело позвонка становится асимметричным, что в итоге формирует изгиб позвоночника во фронтальной плоскости.

Целенаправленное изменение такого результата функционирования подсистемы происходит при постановке дополнительной цели движения человека (типа «достать головой руку врача»), реализация которой вызывает направленное ограничение степеней свободы взаимодействия элементов суперсистемы этого движения, вчленив из множества возможных взаимодействий определенный вид взаимодействия, который и определяет интересующий нас результат конкретной подсистемы этого движения.

ЛИТЕРАТУРА

- Абельсамова Е. Е. В кн.: «Всероссийский съезд травматологов-ортопедов». Л., 1966, с. 147—149.
- Аюхин П. К. Теория функциональной системы. «Успехи физиол. наук». Т. 1, 1970, № 1, с. 19—54.
- Аюхин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса М., «Медицина», 1968, с. 548.
- Аюхин П. К. В сб.: «Развитие концепции структурных уровней в биологии». М. «Наука», 1972, с. 100—111.
- Аюхин П. К. В кн.: «Принципы системной организации функций». М., «Наука», 1973, с. 5—61.
- Бернштейн Н. А. Общая биомеханика. М., 1926.
- Валков М. В. Материалы Первого Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. Л., 1966, с. 142—145.
- Волошин В. И. Автореферат диссертации. Л., 1969.
- Горфинкель В. С., Коц Я. М., Шик М. Л. Регуляция позы человека. М., «Медицина», с. 236.
- Завкин Н. В. В кн.: «Достижения современной физиологии нервной и мышечной системы». М.—Л., «Наука», с. 159—182.
- Кавказян А. И. Двухэтапное оперативное лечение сколиоза. М., «Медицина», 1962.
- Кавказян А. И. В сб.: «Сколиоз». М., 1972, с. 5—15.
- Коптелов А. Ф. Материалы I съезда травматологов-ортопедов СССР. М., 1963, с. 145.
- Коптелов А. Ф. Труды I Всесоюзного съезда травматологов-ортопедов. М., 1965, с. 292.
- Коптелов А. Ф. Восстановительное лечение при травмах и деформациях мышечно-двигательного аппарата. М., 1969.

- Каптелин А. Ф. В сб.: «Сколиоз». «Медицина», с. 77—81.
- Кондаков М. И. О дальнейшем совершенствовании физического воспитания в школе. «Физкультура в школе», 1976, 4, 12, с. 10—15.
- Куслик М. И. В кн.: «Вопросы травматологии и ортопедии детского возраста». М., 1958, с. 235.
- Лосикова Е. Е. В сб.: «Сколиоз». М., «Медицина», 1974, с. 88—96.
- Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. М., МГУ, 1973.
- Мовшович И. А. Материалы I съезда травматологов-ортопедов СССР. М., 1963, с. 102—103.
- Мовшович И. А., Риц И. А. Рентгенодиагностика и принципы лечения сколиоза. М., 1969.
- Мовшович И. А. В сб.: «Сколиоз». М., «Медицина», 1972, с. 26—40.
- Мошков В. Н. Общие основы лечебной физкультуры. М., 1963.
- Никифорова Е. К., Гончарова М. Н., Ляндрес З. А. Материалы первого Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. Л., 1966, с. 139—142.
- Рейзман А. М., Багров Ф. И. Лечебная гимнастика и массаж при сколиозах. М., «Медицина», 1963.
- Чаклин В. Д. Ортопедия. М., 1957, кн. 2.
- Чаклин В. Д. В кн.: «Материалы Первого съезда травматологов-ортопедов СССР». М., 1963, с. 96—100.
- Шубина З. М. Автореферат диссертации. М., 1975.
- Шулутко Л. И. Боковое искривление позвоночника у детей. Казань, 1968, с. 134.
- Янкевич Е. И. Воспитание правильной осанки. ФИС, М., 1957, с. 64.
- Clarke A. M. «Nature», 1965, 208, 5010, 551—552.
- James J. I. P. «J. Bone, Jt, Surg.», 1954, 36—B, 36.
- James J. I. P. «J. Bone. Jt., Surg.», 1970, 52—B, 410.
- Kato I., Okazaki B. Bull. Sei. and Engng Res. Lab. Waseda Univ. 1969, N 44, 25—34.
- Ponseti J. V. Acta chir. orthop. Traum. cech. 1962, 29, 95.
- Ponseti J. V., Friedman R. «J. Bone St. Surg.», 1950, 32—A, 381.
- Sherer J. «Amer. J. Phys. Med.», 1959, 38, 4, 148—158.

РОЛЬ ИДЕОМОТОРИКИ В КОНСТРУИРОВАНИИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ АФФЕРЕНТНОЙ МОДЕЛИ РЕЗУЛЬТАТА СПОРТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ

А. А. Белкин, И. И. Торопчин, П. М. Касьяник

Волгоградский государственный
институт физкультуры

Системообразующим фактором, формирующим функциональную систему движения, является результат, необходимый индивиду (П. К. Анохин, 1968). В памяти этот результат представлен в виде афферентной модели. Из схемы архитектоники функциональной системы, разработанной П. К. Анохиным, видно, что афферентный синтез является наиболее ответственным моментом ин-

теграции различных видов афферентации, необходимым аппаратом для совершения движения.

Одним из компонентов афферентного синтеза является память. Здесь большую роль играют процессы извлечения из долговременной памяти ранее освоенного опыта двигательной деятельности. Двигательный опыт человека фиксируется в долговременной памяти в виде афферентной модели результата движения. В процессе афферентного синтеза на основе механизмов доминирующей мотивации мобилизуются именно те фрагменты (моменты) двигательного опыта, которые способны обогатить настоящее действие и сделать его максимально точным.

Практика спорта предъявляет к извлечению из памяти прошлого опыта значительные требования, связанные с экстремальностью условий деятельности. У спортсменов происходит забывание, что создает трудности изъятия из памяти и выделения необходимого двигательного опыта. Процесс активного припоминания не является всплыванием двигательного образа, а является сложным процессом поиска и сличения необходимых следов двигательного опыта, близкого с активной познавательной деятельностью (А. Р. Лурия, 1974).

Возникает вопрос, как усилить процесс воспроизведения необходимой афферентной модели движения. Особенно остро эта проблема встает в момент непосредственной подготовки к выполнению спортивного действия. Воспроизведение может совершаться непромышленно, определяясь в таком случае в основном ассоциативным механизмом и неосознанными установками. Но оно может происходить и на основе сознательной установки на воспроизведение, происходящая в таком случае в сознательный процесс воспоминания.

Процесс сознательного воспроизведения представления в движении называется идеомоторной настройкой. Давно известно, что возникающий в сознании человека образ двигательного действия сопровождается идеомоторными мышечными и вегетативными реакциями, а также изменением чувствительности анализаторов. Именно этим объясняется непроизвольное повторение ряда представляемых или наблюдаемых двигательных действий (например, движения ног болельщика, наблюдающего за игрой в футбол).

Возможность вызывать соответствующие двигательные реакции только путем представления о движении была научно доказана еще в прошлом веке (М. Шеврель, 1854; М. С. Фарадей, 1853; Д. И. Менделеев, 1875). Теоретическое объяснение физиологических механизмам идеомоторных реакций было дано И. П. Павловым. Он писал: «Давно было замечено и научно доказано, что,

раз вы думаете об определенном движении (т. е. имеете кинестетическое представление), вы его невольно, этого не замечая, производите». Объяснение данного явления И. П. Павлов (1951) видел в том, что «кинестезические клетки коры могут быть связаны, и действительно связываются, со всеми клетками коры, представительницами как всех внешних явлений, так и всевозможных внутренних процессов организма». То есть кинестетические клетки коры, возбуждаемые движением с периферии, могут раздражаться и центрально (вследствие представления) и посылать через соответствующие двигательные клетки импульсы к периферии.

Большое количество исследований показывает, что под действием только двигательных представлений происходит изменение функционального состояния многих систем организма. Ряд исследований указывает на сходство биоэлектрической активности головного мозга и в мышцах при идеомоторном акте и при реальной работе.

Проблема идеомоторики занимает значительное место в прикладных психологических и психолого-педагогических исследованиях, связанных с различными видами деятельности человека: в трудовых процессах (Б. Т. Ломов, 1966), в искусстве (К. С. Станиславский, 1933), в спорте (А. Ц. Пуни, 1974; П. А. Рудик, 1967, и др.). Естественным продолжением работ, доказавших эффективность идеомоторной тренировки в спорте, явилось изучение содержательной стороны различных идеомоторных программ (А. А. Белкин, 1968). Создание адекватной афферентной модели движения во многом зависит от мотивационной направленности содержания сознательно воспроизводимого представления.

При конструировании и уточнении идеомоторной программы проблемой является нахождение доминирующей афферентации.

При любом спортивном действии обратная афферентация, сигнализирующая о протекании данного акта, может включить импульсы разных модальностей. В сложных движениях из большого количества разнообразных афферентаций некоторые элиминируются, и на первый план выступает доминирующая афферентация, т. е. те афферентные импульсы, которые приобретают решающее опознавательное значение. Чаще всего это проприоцептивная чувствительность. Осознание такого рода ведущей афферентации особенно важно при составлении идеомоторных программ, т. к. качественному исполнению всего спортивного движения способствует не просто воспроизведение узловых моментов техники, в которых резко изменяются мышечные напряжения, направления, скорости и ускорения звеньев тела, а воспроизведение характерных двигательных-мышечных представлений об ощущениях, сопровождающих именно эти моменты.

Проведенные нами психолого-педагогические исследования внесли некоторые уточнения, касающиеся полимодальности идеомоторной программы. В частности, выяснено, что у некоторых спортсменов при идеомоторном воспроизведении преобладают зрительные образы. Это находит свое выражение в объективных показателях: а) отсутствие миографических сдвигов в соответствующих мышечных группах; б) достаточно интенсивная динамика окулографической кривой; в) отсутствие тренирующего эффекта. Противоположная картина наблюдается у испытуемых с преобладанием в идеомоторной программе кинестетических образов: тренирующий эффект и миографические сдвиги выражены значительно, а окулографические процессы не проявляются. Таким образом, идеомоторная тренировка будет эффективной в том случае, когда доминирует проприоцептивная афферентация.

Установлено также, что структура идеомоторного образа действия носит индивидуальный характер и зависит от спортивной формы и квалификации спортсмена. Причем, с ростом спортивного мастерства повышается и степень индивидуализации образа. Кроме того, эффективность идеомоторной программы повышается путем образования более крупных обобщенных блоков сенсорного эталона результата действия.

В разработанной нами методике идеомоторной подготовки (А. А. Белкин, 1968) мы стремились к тому, чтобы спортсмены непосредственно перед выполнением упражнения на основе двигательно-мышечных представлений прошлого опыта и оценки ситуации создавали бы правильный образ исполнения основных моментов нужного движения.

На основе экспериментальных исследований, проведенных на большом количестве испытуемых спортсменов разной специализации, квалификации, возраста и пола, была доказана эффективность идеомоторных программ при обучении и совершенствовании технически сложных упражнений. Установлено, что общие закономерности составления этих программ должны предусматривать включение в них основных моментов упражнений (результативной сути), глубокую осознанность двигательно-мышечных представлений и постоянное уточнение и совершенствование программ.

На основе биомеханического анализа техники движения и педагогического опыта составляется алгоритм действия, который дополняется индивидуальными двигательно-мышечными представлениями, значимыми для отдельного спортсмена. Ниже приводятся разработанные нами и опробованные некоторые идеомоторные программы упражнений.

Идеомоторная тренировка эффективна уже на ранних стадиях образования двигательного навыка, поскольку двигательный опыт

спортсмена и его экстраполяционные возможности позволяют постепенно конструировать «черновой вариант» афферентной модели результата действия спортивного движения. Затем по мере накопления опыта реального исполнения идеомоторная тренировка спо-

Идеомоторная программа при обучении рабочей части гребка (проводки)

Действия	Двигательно-мышечные ощущения основных моментов двигательных действий
Исходное положение: поворот туловища на 40—50° плечом вперед и наклоном. Тянущая рука (правая) вперед, толчковая рука согнута в локтевом суставе, поднимается вверх и отводится назад, кисть на уровне виска, а локоть на уровне плеча	Почувствовать при повороте туловища активное отведение в плечевом суставе в направлении толчковой руки (левой)
Начало проводки: опустить тянущую (правую) руку вниз. Кисть повернуть с горизонтального положения в вертикальное. Толчковую (левую) руку активно разогнуть, направляя кисть вперед и вверх	Почувствовать равномерное выпрямление толкающей (левой) руки в локтевом суставе
Проводка: согнуть левую руку в локтевом суставе. Согнуть тянущую (правую) в локтевом суставе	Почувствовать активное выпрямление толкающей (левой) руки от плеча к кисти
Конец проводки: остановить кисть левой руки на уровне подбородка. Кисть правой повернуть из вертикального положения в горизонтальное	Почувствовать усилие разгибания кисти. Почувствовать натяжение мышц толкающей руки от плеча к кисти
Подготовка к следующей проводке: правую, согнутую в локтевом суставе, поднять вверх (кисть руки опережает предплечье). Левую расслабить и вытянуть вперед	Почувствовать опережение кисти тянущей руки (правой)

способствует уточнению состава и структуры соответствующего сенсорного эталона результатов действия. Кроме того, на протяжении всего этого времени информация в мозге человека постоянно перерабатывается, происходит внутримозговой поиск, который активируется доминирующей мотивацией (К. В. Судаков, 1971). Внутримозговой поиск оптимального варианта действия, по мнению П. В. Симонова (1975), является точным и строгим критерием феномена мышления. Идеомоторная тренировка в процессе овладе-

Идеомоторная программа при обучении переворота в сторону на бревне

Действия	Двигательно-мышечные ощущения основных моментов двигательных действий
Стойка на правой, левая вперед, руки вверх	Почувствовать «выключение» коленного сустава и натяжение мышц опорной ноги в направлении ее носка. Почувствовать натяжение мышц, приводящее к выпрямлению звеньев тела в прямую линию
Выпад вперед, наклонно, руки вверх	Почувствовать натяжение мышц маховой ноги в направлении носка, мышц рук — к пальцам Почувствовать натяжение мышц, приводящее к выпрямлению звеньев тела в прямую линию
Мак ног и постановка руки	Почувствовать «выключение» опорной ноги и руки в плечевом суставе Почувствовать натяжение мышц туловища и маховой ноги в направлении ее носка
Постановка второй руки, стойка ноги врозь	Почувствовать «выключение» руки в плечевом суставе Почувствовать широкое разведение ног при прохождении стойки на руках и натяжение мышц туловища и ног в направлении носков
Поворот туловища и постановка маховой ноги на бревно	Почувствовать натяжение туловища и маховой ноги в направлении ее носка
Постановка толчковой ноги на снаряд, выпрямление туловища	Почувствовать прочную опору на ногу за счет фиксации угла сгибания коленного сустава и натяжение мышц толчковой ноги в направлении ее носка Почувствовать натяжение мышц рук в направлении пальцев

Идеомоторная программа при выполнении рывка штанги

Действия	Двигательно-мышечные ощущения основных моментов действия
----------	--

	Почувствовать натяжение мышц спины, удержать спину, вложить максимальное усилие в работу мышц спины и ног, полностью «раскрыться».
--	--

ния спортивным мастерством способствует формированию новой афферентной модели действия, удовлетворяющей потребности в постоянно растущем результате.

Следовательно, идеомоторная тренировка способствует созданию новой, более совершенной афферентной модели результата спортивного действия и тем самым созданию нового варианта спортивной техники. В этом проявляется значительный тренирующий эффект идеомоторики.

ЛИТЕРАТУРА

- Анохин П. К.* Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., 1968.
- Белкин А. А.* Исследование эффективности метода идеомоторной подготовки в тренировочном процессе гимнастов. Дисс. М., 1968.
- Ломов Б. Ф.* Человек и техника. «Сов. радио», М., 1966.
- Лурия А. Р.* Нейропсихология памяти. М., 1977.
- Менделеев Д. И.* Материалы для суждения о спиритизме. С.-Петербург, 1875.
- Пути А. Ц.* Об активной роли представлений в процессе овладения моторными навыками. ТПФК, вып. 9, 1947.
- Рудик П. А.* Идеомоторные представления и их значение в спортивной тренировке. ФиС, М., 1967.
- Симонов П. В.* Высшая нервная деятельность человека. М., «Наука», 1975.
- Станиславский К. С.* Работа актера над собой. Изд. II, 1933.
- Судаков К. В.* Биологические мотивации. М., 1971.

СОДЕРЖАНИЕ

Поляницев В. А., Агаян Г. Ц. Движение как объект системного исследования	4
Царапкин В. И. Исследование устойчивости функциональной системы к ее длительному неиспользованию	27
Царапкин В. И., Царапкина Л. Г. Влияние длительных перерывов в соревновательной спортивной деятельности на функциональные системы движений у спортсменов различной подготовленности	39
Кучкин С. Н. Механизмы совершенствования функциональной системы кислородного обеспечения организма на различных этапах адаптации к повышенной мышечной деятельности	56
Ивойлов А. В., Гинзбург Г. И., Брегер М. И. Некоторые закономерности функционирования системы «человек — цель»	73
Царапкин В. И. Исследование возможности целенаправленной регуляции взаимодействия субсистем в целостном двигательном акте человека	83
Белкин А. А., Торопчин И. И., Касьяник П. М. Роль идеомоторики в конструировании и воспроизведении афферентной модели результата спортивного действия	94

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИИ
СПОРТСМЕНА

Ответственный за выпуск **А. А. Сучилин**

НМ 01337. Сдано в набор 9/II 1978 г. Подписано в печать 13/III 1978 г.
Бумага № 3. Формат 60×84¹/₁₆. Печ. л. физ. 6,5. Печ. л. усл. 6,04. Уч.-изд. л. 6,33.
Тираж 500. Заказ 109. Цена в переплете № 5 48 к., в переплете № 7—56 к.

Типография издательства «Волгоградская правда»,
г. Волгоград, Привокзальная площадь.