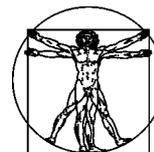


DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2020.2.10

УДК 531/534: [57+61]



**Российский  
Журнал  
Биомеханики**  
www.biomech.ru

## АНТРОПОМОРФНАЯ МЕХАТРОНИКА ДЛЯ СПОРТА И МЕДИЦИНЫ

**В.Г. Медведев**

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, Российская Федерация, 105122, Москва, Сиреневый бульвар, 4, e-mail: biomechanics@bk.ru

**Аннотация.** Описаны перспективы развития и внедрения в практику спорта и медицины антропоморфной мехатроники. Главными объектами исследования выступили спортивные и медицинские экзоскелеты. Основная функция спортивного экзоскелета – это создание благоприятных искусственных условий для формирования и повышения эффективности спортивной техники. Технология предлагает совершенно новый подход к передаче «спортивных» знаний, формированию умений и навыков. В отличие от привычной работы тренера по аудиовизуальным каналам спортивный экзоскелет существенный объем информации передает через проприоцептивные каналы (ощущения) при выполнении реального, а не идеомоторного упражнения. Таким образом, контроль при управлении собственными сегментами тела спортсмена осуществляется самостоятельно на основе полученных данных от своего тела, а не вследствие обратной связи от тренера. В этом и заключается основной эффект воздействия на спортсмена, за счет которого можно существенно повысить скорость передачи обучающей информации и как следствие скорость освоения эффективной техники. Применение экзоскелетов в восстановительной медицине прежде всего обусловлено необходимостью комплексного решения в реабилитации больных с нарушением или утратой двигательной функции вследствие перенесенных заболеваний различной этиологии. При этом экзоскелет выполняет функцию механизма, задающего движение выбранного сегмента тела. Управление таким экзоскелетом осуществляется посредством специального интерфейса «мозг–компьютер». Задача подготовки медицинского персонала с применением роботизированных комплексов в целом совпадает со спортивными задачами, связанными с формированием устойчивого двигательного навыка и совершенствованием техники двигательного действия. Медицинский экзоскелет в таких случаях выполняет роль тренажера для отработки структуры и заданных характеристик движения при выполнении соответствующих операций.

**Ключевые слова:** экзоскелет, двигательный навык, двигательное действие, обучение, спортивный результат, педагогическая биомеханика.

### ВВЕДЕНИЕ

Медицину и спорт многое объединяет. Объектом воздействия выступает человек, а основная задача – качественное изменение свойств биологической системы (человека) за счет использования средств прямого и косвенного воздействия. В связи с высокой сложностью строения и функционирования человека и в медицине, и в спорте ведется непрерывный поиск новых, более эффективных средств воздействия.

Внедрение новых технологий позволило выйти на более высокий уровень: эффект становится более контролируемым, а средства – более целенаправленными. Приблизить новые разработки к особенностям человека получилось благодаря развитию антропоморфной мехатроники.

## СПОРТИВНЫЕ ЭКСОСКЕЛЕТЫ

### Актуальность

Основной целью спортивных экзоскелетов является управляемое и эффективное изменение свойств опорно-двигательного аппарата для достижения высоких спортивных результатов.

Спортивный результат, определяемый и измеряемый различными способами, не позволяет выделить единичный фактор успеха в спорте. В спортивных состязаниях решающим может оказаться любой из многочисленных факторов: субъективное восприятие судей, психологический настрой, выбор тактики, физическая подготовленность спортсмена, эффективность техники двигательных действий спортсмена, межличностные отношения, просто случай и др. Поэтому в зависимости от специфики вида спорта ведущие факторы, а также пути их установления могут существенно различаться (например, в барьерном беге [12], велогонках *BMX (Bicycle Moto eXtreme)* [11] или хоккее [13]). Несмотря на прогрессивно развивающуюся спортивную науку, преобладающее количество вопросов, связанных с чётким определением факторов успеха в спорте, до сих пор остаётся без ответа. А это означает, что большинство традиционных подходов к тренировке спортсменов не имеет соответствующего научного обоснования.

В разрабатываемых роботизированных комплексах основной упор необходимо делать на получение и учёт показателей, обладающих именно эмпирической информативностью [9] (а не только содержательной или логической информативностью), а следовательно, эффект выявленных факторов будет экспериментально доказан. На основе эмпирически информативных показателей создается уникальная педагогическая методика, учитывающая не только вид спорта, но и персональные характеристики спортсмена. Таким образом, главной отличительной особенностью использования спортивных экзоскелетов является современная научно-обоснованная педагогическая методика спортивной подготовки, позволяющая гарантированно повысить результативность спортсмена.

Необходимо отметить, что бессистемная работа по различным факторам роста спортивных результатов может привести лишь к случайным изменениям, которые нельзя будет отнести к следствиям воздействия на спортсмена [2] (в том числе к следствиям педагогического воздействия).

В связи с этим в конце XX века особую популярность получили фармакологические средства воздействия на спортсмена. Но вскоре этот путь роста спортивных результатов исчерпал свои возможности [19].

Поскольку цель соревновательной деятельности в большинстве видов спорта достигается посредством двигательной деятельности, то было выявлено, что в спорте наиболее важно не то, какой двигательный потенциал у спортсмена (способности, подготовленность и т.д.), а то, насколько спортсмен реализует свой двигательный потенциал в процессе выполнения соответствующих соревновательных двигательных действий. И ведущую роль в реализации двигательного потенциала спортсмена по результатам последних исследований авторы отводят именно технике соревновательного действия, которую использует спортсмен [8].

Именно поэтому подготовка спортсменов с применением экзоскелета в первую очередь должна обеспечивать совершенствование техники соревновательных упражнений на основе современных достижений науки в этой области. Стало очевидным, что назрела потребность в разработке и использовании подобных тренажёрных комплексов. Так, многие производители внедряют системы биологической обратной связи в стандартные комплексы (велотренажёры, тредбаны,

шагомеры и др.), при этом принципиального изменения в самих устройствах не произошло, а совершенствование техники спортсмена посредством имеющихся на рынке тренажёров по меньшей мере сомнительно.

### **Совершенствование техники соревновательных двигательных действий с использованием спортивного экзоскелета**

В состав соревновательных действий в зависимости от вида спорта может входить как одно двигательное действие, так и несколько двигательных действий. В связи с тем что человек представляет собой многозвенную систему, любое двигательное действие будет состоять из совокупности движений тела и его сегментов. Многозвенность системы в движениях человека предполагает многочисленность различных комбинаций, но из всех внешне схожих вариантов исполнения двигательного действия важны только особые комбинации, которые приведут к достижению конкретной цели – цели двигательного задания.

Поэтому понятие «техника» в спорте определяется следующим образом: техника двигательного действия – это алгоритм движений сегментов тела, за счёт которых достигается цель двигательного действия [10].

Не всякая техника позволит спортсмену добиться высоких результатов, технику оценивают по таким показателям, как «рациональность» и «эффективность» [18].

Рациональность техники – это способ выполнения упражнения, который позволяет добиваться наивысших спортивных результатов [18].

Эффективность техники – показатель технической подготовленности, который характеризует степень близости техники данного спортсмена к наиболее рациональному способу выполнения упражнения [18].

Исходя из этих определений, если речь идет о совершенствовании техники соревновательного упражнения у конкретного спортсмена, работа должна быть направлена на повышение именно эффективности спортивной техники.

В тех видах спорта, где результат определяется совокупностью выполнения различных соревновательных двигательных действий (или различных самостоятельных элементов), выбор эффективных техник осуществляется в соответствии с предполагаемыми изменениями условий. Для каждого условия эффективная техника может быть «своя», с этим связано понятие «тактика» в спорте.

Тактика – это совокупность эффективных техник двигательных действий, входящих в состав соревновательного действия, комбинация, благодаря которой достигается лучший результат [10].

Несмотря на то, что современные технологии позволяют детально рассмотреть различные показатели двигательного действия, а методы механико-математического моделирования способны в отдельных случаях получить прообраз эффективной техники, до сих пор существует проблема передачи информации об эффективной технике конкретному спортсмену. Формирование двигательной программы и успешная её реализация должны осуществляться самим спортсменом, а весь педагогический процесс направлен лишь на создание специальных условий, в которых спортсмен самостоятельно сможет сформировать новую двигательную программу и показать эффективную технику.

Спортивные экзоскелеты способны создавать искусственную среду для целенаправленного формирования эффективной спортивной техники. Технология предлагает совершенно новый подход к передаче «спортивных» знаний, формированию умений и навыков. В отличие от привычной работы тренера по аудиовизуальным каналам (объяснения и показ) спортивный экзоскелет существенный объем

информации передает через проприоцептивные каналы (ощущения) при выполнении реального, а не идеомоторного упражнения. Таким образом, контроль при управлении собственными сегментами тела спортсмена осуществляется самостоятельно на основе полученных данных от своего тела, а не вследствие обратной связи от тренера. В этом и заключается основной эффект воздействия на спортсмена, за счёт которого можно существенно повысить скорость передачи обучающей информации и как следствие скорость освоения эффективной техники.

При проведении тренировочных занятий тренер в основном оперирует только кинематическими характеристиками движения спортсмена, в то время как спортсмен, исполняя двигательное действие, преимущественно контролирует лишь динамические характеристики движений (посредством информации, идущей от проприорецепторов). Поэтому крайне востребованным в спорте будет такого рода «переводчик» с языка тренера (кинематического) на доступный для понимания язык спортсмена (динамический).

### **Кинематика спортивной техники**

Существуют виды спорта (например, эстетические), в которых рациональность техники уже определена правилами соревнований, и она может быть выражена в конкретных кинематических характеристиках (описание требуемой позы, геометрической фигуры траектории движения, строгие временные характеристики – ритм, темп и др.). В таких случаях обучение технике двигательного действия должно быть направлено на создание конкретной внешней формы движения, и спортсмену необходимо привить некоторую кинематику спортивного двигательного действия.

В других случаях, когда, по мнению тренера, для достижения лучшего результата спортсмену необходимо изменить именно внешнюю картину движения, создаются трудности, связанные с передачей информации о кинематике, поскольку спортсмен оперирует на основе своих ощущений лишь динамическими характеристиками, а попытка тренера передать собственные ощущения спортсмену оказывается безуспешной из-за существенных различий в ощущениях разных людей (даже если разные люди выполняют одно и то же движение, различия в конструкции опорно-двигательного аппарата создают различную динамику и как следствие различные ощущения).

За счет заданной двигательной программы активации приводов спортивного экзоскелета двигательное действие может быть выполнено с четко заданной кинематикой. Повторное выполнение заданной кинематики движения способствует появлению необходимой двигательной программы и формированию соответствующего двигательного навыка. Схожий подход был реализован и апробирован с использованием реабилитационных стенов таких производителей, как *Biodex* [20] и *Subex* [21]. Упражнения на таких устройствах выполняются в заданном изокинетическом режиме, но одновременно может упражняться лишь один сустав (поскольку в конструкции только один привод). Возможности спортивных экзоскелетов позволяют одновременно и с заданным алгоритмом управлять всем арсеналом приводов конструкции.

В случаях когда требуется передать кинематические характеристики движений звеньев тела от тренера спортсмену, некоторыми моделями экзоскелетов (рис. 1) предусмотрено использование разработанных и серийно производимых костюмов копирующего типа с обратной силомоментной связью (АО НПО «Андроидная техника») [15].

Кроме решения основных задач, связанных с совершенствованием техники, спортивный экзоскелет позволяет решить и другую, не менее важную проблему,

возникающую при обучении заданной кинематике двигательного действия: при попытках повторить какое-либо двигательное действие по показу или рассказу тренера спортсмен либо может не справиться с новой для себя нагрузкой, либо достигнутые положения звеньев могут выйти за пределы прочности биологических тканей (что в результате приведёт к получению травм). Данная проблема в спортивном экзоскелете решается за счёт предварительно заданного анатомического (свойственного конкретному индивиду) диапазона движения в каждом отдельном суставе – *ROM (Range of Motion)* аналогично процедуре, выполняемой в *Biodex System* [20]. Если заданная двигательная программа выходит за пределы *ROM*, пользователь получит уведомление до её реализации (с предложением внесения соответствующих корректив), а во время работы тренера в костюме задающего типа он получит по обратной связи информацию о достижении анатомических пределов при выполнении задания спортсменом.



Рис. 1. Костюм копирующего типа с обратной силомоментной связью «Аватар» [15]

### **Факторы, снижающие травматизм**

Проведем анализ спортивного экзоскелета с позиции снижения травматизма на тренировках. Среди основных профилактических мер, снижающих травматизм, можно отметить следующие:

- применение эффективной экипировки спортсмена;
- уменьшение двигательной асимметрии спортсмена;
- совершенствование технической подготовленности спортсмена [14].

В соответствии с первым пунктом спортивный экзоскелет является, по сути, эффективной (а самое главное – активной) экипировкой спортсмена. Прочность конструкции позволяет значительно снизить внешние негативные нагрузки.

Во-вторых, спортивный экзоскелет позволяет решать задачу в двух направлениях:

1) своевременное выявление двигательной асимметрии спортсмена в целостном двигательном действии при помощи предусмотренных конструкцией силомоментных датчиков по каждой оси движения;

2) временная компенсация имеющейся двигательной асимметрии спортсмена за счет привлечения активных приводов (при невозможности демонстрации спортсменом требуемого момента силы в каком-либо суставе).

Что касается третьего пункта, то проблема решается за счет совокупности различных преимуществ спортивного экзоскелета: заблаговременное выявление рисков при обучении технике двигательного действия, активная помощь при нестандартных ситуациях, обучение специальной технике, способствующей снижению травматизма. Отдельно следует отметить возможность непрерывного контроля динамических показателей

(как внешних, так и внутренних сил) при выполнении спортивных упражнений.

### **Динамика спортивной техники**

Как было отмечено, лишь некоторая часть спортивной сферы прямым образом связана с кинематикой двигательных действий спортсмена. Но и в этих, и во всех остальных случаях не следует забывать о том, что причиной любого движения является сила – динамическая характеристика. Внешним силам (сила тяжести, сила инерции, сила упругости, силы сопротивления среды и др.) человек противопоставляет свои внутренние силы – силы мышечной тяги. Управление движениями любой сложности осуществляется за счет своевременной и строго определенной активации соответствующих скелетных мышц. Всё это подчеркивает важность формирования динамической картины движения для окончательного формирования у спортсмена эффективной техники двигательного действия.

До недавнего времени, выделяя в каком-либо сложном двигательном действии отдельные его части – движения, тренеры предлагали спортсменам набор вспомогательных и подводящих упражнений, которые, по заверениям различных специалистов, имели схожесть кинематической и динамической структуры с соревновательным упражнением. При этом допускалась серьёзная и грубая ошибка: не каждое отдельное упражнение позволит сформировать тот навык, который в чистом виде может быть использован в целостном соревновательном двигательном действии. В результате у спортсмена формировались двигательные программы, которые «конфликтовали» при выполнении соревновательного действия [3, 4].

Данная проблема в настоящее время решается следующим образом. Обращаясь к понятию «техника» [10], можно заметить, что интерес представляют лишь те движения сегментов тела, за счёт которых достигается цель двигательного действия. А значит, при обучении спортсменов, используя именно эти выделенные совокупности движений, учиться на различном уровне достигать одну и ту же цель, обозначенную в двигательном задании.

Поэтому при «расчлененно-конструктивном» подходе [3, 4] к обучению сложной технике двигательного действия принципиальное значение имеет то,

что выделенные части двигательного действия должны достигать той же цели, что и целостное двигательное действие.

В основу идеи такого строения двигательного действия положена концепция биомеханизмов [17].

Биомеханизм – это модель части или всего опорно-двигательного аппарата человека, обеспечивающая достижение цели двигательного действия за счёт преобразования одного вида энергии в другой или передачи энергии между звеньями тела [17].

Выделение соответствующих биомеханизмов в технике соревновательного упражнения позволяет выявить значимые факторы в достижении результативности [5], а также взаимодействие и вклад каждого биомеханизма в результат целостного двигательного действия [6].

В связи с этим успешность технологии спортивных экзоскелетов будет связана с возможностью эффективного обучения технике спортивных двигательных действий за счет использования концепции биомеханизмов. Традиционными методами оценить передачу силы и энергии между звеньями и контролировать это в процессе обучения практически невозможно.

С учетом этого нет необходимости требовать от спортивного экзоскелета осуществлять целостное соревновательное упражнение, поскольку, как указано в правилах соревнований и по многим объективным причинам, спортсмен должен выполнять соревновательное действие самостоятельно, без помощи различных механических и других устройств (кроме инвентаря). А значит, основная функция экзоскелета – это создание благоприятных искусственных условий для формирования и повышения эффективности спортивной техники.

Важно отметить, что динамические характеристики движений сегментов тела и паттерн мышечной активности, а в целом и техника двигательного действия будут существенно зависеть от внешних условий. Поэтому тренировочный процесс обязательно должен включать работу над эффективным выполнением двигательных заданий в определенных условиях. Максимальный тренирующий эффект будет достигнут в случае строгого регламентирования параметров внешнего условия, так как при повторных упражнениях в идентичных условиях возможна требуемая адаптация функциональных возможностей организма [3, 4].

В обычных (традиционных) условиях тренировки этого добиться практически невозможно, и единственный выход – максимально частое выступление спортсмена на различных соревнованиях. Неэффективность такого подхода очевидна.

В современных комплексах спортивных экзоскелетов такое решение существует: максимально реалистичное воссоздание любых условий и внешних сред (например, гидродинамическое сопротивление) возможно благодаря особой активной работе соответствующих приводов, создающих специфическую нагрузку на необходимые суставы, а в совокупности с системой *VR* (виртуальной реальности) создает эффект полного погружения в заданные условия [15].

Таким образом, применение спортивных экзоскелетов не только повысит эффективность учебно-тренировочного процесса, но и выведет спортивную науку на качественно более высокий уровень (поскольку возможности механико-математических методов не позволяют получить реальную картину взаимодействия внешней и внутренней динамики при выполнении двигательных действий человеком).

## МЕДИЦИНСКИЕ ЭКСОСКЕЛЕТЫ

### Восстановительная медицина

Применение экзоскелетов в восстановительной медицине прежде всего обусловлено необходимостью комплексного решения в реабилитации больных с нарушением или утратой двигательной функции вследствие перенесенных заболеваний различной этиологии. При этом экзоскелет выполняет функцию механизма, задающего движение выбранного сегмента тела. Управление таким экзоскелетом осуществляется посредством специального интерфейса «мозг–компьютер».

В результате достигается целостность цепи двигательного акта: принятие решения о выполнении движения – формирование потенциала действия (который передаётся на компьютер) – механический ответ (за счёт активации экзоскелета) – двигательная фаза – проприоцептивный ответ, поступающий в центральную нервную систему. В связи с этим наибольшую популярность такие системы получили в нейрореабилитации [1, 16]. Выполнение двигательных заданий вопреки нарушенной моторике активизирует компенсаторные механизмы мозга (нейропластичность), что приводит к восстановлению утраченной двигательной функции за счёт создания новых афферентных путей.

Доказанный клинический эффект наблюдается при применении системы экзоскелета с интерфейсом «мозг–компьютер», причём на начальных этапах реабилитации рекомендуется использовать меньшее число степеней подвижности экзоскелета с последующим их увеличением (рис. 2) [1, 16].



Рис. 2. Комплекс экзоскелета кисти с двумя степенями свободы (НПО «Андроидная техника» совместно с Институтом физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук, проект «Пианист») [15]

### Подготовка медицинских кадров

Задача подготовки медицинского персонала с применением роботизированных комплексов в целом совпадает со спортивными задачами, связанными с формированием устойчивого двигательного навыка и совершенствованием техники двигательного действия. Медицинский экзоскелет в таких случаях выполняет роль тренажёра для отработки структуры и заданных характеристик движения при выполнении соответствующих операций. Экспериментально доказаны значительные преимущества при обучении хирургов с использованием роботизированной симуляции по сравнению с иными методами [22].

Применение антропоморфных роботизированных устройств позволяет решать не только широкий круг практических задач, но и проводить фундаментальные исследования с целью получения данных и отработки гипотез о механизмах движений человека как сложной многозвенной системы, тем самым получая ответ на главный вопрос педагогики «чему учить?».

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие направления по созданию и внедрению антропоморфной мехатроники в медицину и спорт имеет значительные перспективы, поскольку обеспечивается реализация новых возможностей на основе интеграции существующих достижений науки и современного уровня технологий. Использование спортивных и медицинских экзоскелетов позволяет с большей эффективностью решать задачи по формированию необходимых двигательных навыков человека и повышению его двигательных способностей, проявляемых в различных сферах деятельности человека.

В дидактическом смысле антропоморфная мехатроника является мощным средством, благодаря которому осуществляется взаимный транспорт результатов фундаментальных и прикладных исследований, формирующих основу дисциплины «Педагогическая биомеханика» [7].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котов С.В., Турбина Л.Г., Бирюкова Е.В., Фролов А.А., Кондур А.А., Зайцева Е.В., Бобров П.Д. Реабилитационный потенциал постинсультных больных, обучающихся кинестетическому воображению движения: двигательный и когнитивный аспекты // Физиология человека. – 2017. – Т. 43, № 5. – С. 52–62.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для студентов биол. спец. вузов. – изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.
3. Матвеев Л.П. Общая теория спорта. – М.: Физкультура и спорт, 1997. – 304 с.
4. Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры и спорта: учебник для ИФК. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 400 с.
5. Медведев В.Г. Биомеханизмы отталкивания от опоры в прыжковых упражнениях // Теория и практика физ. культуры. – 2013. – № 5. – С. 82.
6. Медведев В.Г., Шалманов А.А., Шелудько Е.В. Биомеханизмы отталкивания от опоры при выполнении барьерного бега // Олимпийский бюллетень № 16 / сост. Н.Ю. Мельникова [и др.]. – М.: Человек, 2015. – С. 153–156.
7. Медведев В.Г. Дисциплина «Педагогическая биомеханика» в системе высшего образования // Инновации и патенты ГЦОЛИФК: материалы итог. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава РГУФКСМиТ 16 ноября 2017 г.; РГУФКСМиТ. – М., 2017. – С. 86–89.
8. Медведев В.Г. Интегративный подход к изучению и оценке технического мастерства спортсменов: дис. ... канд. пед. наук. – М., 2013. – 143 с.
9. Медведев В.Г., Давыдов А.П. Информативность тестов для оценки быстроты маневрирования в хоккее // Олимпийский спорт и спорт для всех: материалы XX междунар. науч. конгресса. 16–18 декабря 2016 г., Санкт-Петербург: в 2 ч. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – Ч. 2. – С. 462–466.
10. Медведев В.Г. Категория «техника» в понятийном аппарате теории спорта и физического воспитания // Фундаментальные и прикладные исследования физической культуры, спорта,

- олимпизма: традиции и инновации: материалы I всерос. науч.-практ. конф. 24–25 мая 2017 г. / под ред. А.А. Передельского; РГУФКСМиТ. – М., 2017. – С. 467–472.
11. Медведев В.Г., Дышаков А.С. Методика контроля технической подготовленности велогонщиков ВМХ // Фундаментальные и прикладные исследования физической культуры, спорта, олимпизма: традиции и инновации: материалы I всерос. науч.-практ. конф. 24–25 мая 2017 г. / под ред. А.А. Передельского; РГУФКСМиТ. – М., 2017. – С. 453–459.
  12. Медведев В.Г., Шелудько Е.В., Шалманов Ан.А. Оценка реализационной эффективности техники барьерного бега // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: материалы III всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Малаховка, 2015. – С. 58–64.
  13. Медведев В.Г., Давыдов А.П. Предпосылки к разработке абсолютных нормативов оценки технической и специальной физической подготовленности хоккеистов // Фундаментальные и прикладные исследования физической культуры, спорта, олимпизма: традиции и инновации: материалы I всерос. науч.-практ. конф. 24–25 мая 2017 г. / под ред. А.А. Передельского; РГУФКСМиТ. – М., 2017. – С. 459–467.
  14. Медведев В.Г., Дышаков А.С. Травматизм в ВМХ-Race // Экстремальная деятельность человека. – 2015. – № 2 (35). – С. 75–78.
  15. НПО «Андроидная техника»: продукция [Электронный ресурс]. – URL: npro-at.com/products/ (дата обращения: 26.12.2017).
  16. Фролов А.А., Бирюкова Е.В., Бобров П.Д., Мокиенко О.А., Платонов А.К., Пряничников В.Е., Черникова Л.А. Принципы нейрореабилитации, основанные на использовании интерфейса «мозг–компьютер» и биологически адекватного управления экзоскелетом // Физиология человека. – 2013. – Т. 39, № 2. – С. 99–113.
  17. Шалманов А.А., Лукунина Е.А., Медведев В.Г. Методы исследования двигательных действий и технического мастерства спортсменов в спортивной биомеханике // Наука о спорте. Энциклопедия систем жизнеобеспечения. – М.: ЮНЕСКО, 2011. – С. 165–178.
  18. Шалманов А.А., Ланка Я.Е., Медведев В.Г. Методология изучения и оценки технического мастерства // Наука в олимпийском спорте. – 2013. – № 3. – С. 65–72.
  19. Шиян В.В., Сучилин Н.Г., Шалманов А.А., Фомин Р.Н., Медведев В.Г. [и др.]. Исследование биомеханической структуры технических действий прогрессирующей сложности в экстремальных условиях деятельности и обоснование эффективной методики ее формирования и совершенствования (на модели тяжелоатлетических, ударных и маховых движений в единоборствах и спортивной гимнастике): отчет о НИР; РГУФКСМиТ. – М., 2008. – 161 с.
  20. Biodex: System Pro 4. – URL: www.biodex.com/physical-medicine/products/dynamometers/system-4-pro (accessed 05 April 2018).
  21. CSMI or Cybex Norm Isokinetics Machine Specifications. – URL: www.isokinetic.info/index.php?option=com\_content&view=article&id=465&Itemid=44 (accessed 05 April 2018).
  22. Ivaschenko A., Kolsanov A., Nazaryan A. S-BPM in surgery simulation training // Proceedings of the 8th International Conference on Subject-oriented Business Process Management. – ACM, 2016. – P. 13.

## ANTHROPOMORPHIC MECHATRONICS FOR SPORTS AND MEDICINE

**V.G. Medvedev (Moscow, Russian Federation)**

The article describes the prospects for the development and implementation of anthropomorphic mechatronics to the practice of sports and medicine. The main objects of research were sport and medical exoskeletons. The main function of a sport exoskeleton is to get the best conditions for the formation and increasing of the effectiveness of sport technique. The technology offers a completely new approach to the transfer of "sports" knowledge and skills. Usually, the coach affects on audiovisual channels, but a sport exoskeleton transmits a significant amount of information through proprioceptive channels (sensations) when performing a real exercise, and not only ideomotor one. Thus, control of the athlete's body segments is carried out independently on the basis of the received signals from his body, and not only because feedback from the coach. This is the main effect for athlete, due to which it is possible to significantly increase the quickness of transmission of training information and, as a consequence, the quickness of mastering of effective sport

technique. The using of exoskeletons in rehabilitee medicine is primarily need for a comprehensive solution in the rehabilitation of patients with impaired or loss of motor function due to diseases of various etiologies. In this case, the exoskeleton acts as a mechanism that determines the body segment movement. Management of such an exoskeleton is carried out through a special interface "brain–computer". The task of training medical personnel using robotic complexes generally coincides with the sports tasks associated with the formation of a stable motor skill and the improvement of the technique of movement action. The medical exoskeleton is used as a simulator for the training the structure and the needed characteristics of the movement at performing the operations.

**Key words:** exoskeleton, motor skill, movement action, training, sport result, pedagogical biomechanics.

*Получено 1 февраля 2019*