

УДК 612.76+796.022+611.7

Классификации технических средств физической культуры и оценка их эффективности на основе биомеханических принципов построения двигательных действий

Сотский Н.Б.

Белорусский государственный университет физической культуры,
пр. Победителей, 105, г. Минск 220020, Беларусь

Поступила 28.12.2016

Принята к печати 30.01.2017

Классификация технических средств физической культуры и спорта с учетом современного состояния спортивной науки является одной из важных задач, позволяющих планировать разработку перспективных направлений развития тренажерных технологий. Существующие подходы к группировке технических средств данного назначения в недостаточной мере учитывают биомеханические закономерности построения физических упражнений и их эффективность. Целью данной работы было построение нового подхода к классификации таких устройств, учитывающего указанные закономерности.

В работе предложена система группировки технических средств физической культуры, состоящая в выделении биомеханически обоснованных уровней построения физического упражнения (психоинформационного, физиологического и механического) в качестве конечных целевых объектов, аналогичных входных уровней воздействия и соответствующих средств. Как результат, предложена цифровая индексация указанных объектов, позволяющая сгруппировать и представить технические средства в матричной форме в зависимости от сочетания индексов и, находя незаполненные области матрицы, определять перспективные направления новых разработок.

В соответствии с предложенной классификацией на примере технических средств силовой тренировки впервые вводится понятие биомеханической эффективности устройств, для чего предлагаются специальные численные коэффициенты: пространственности, инерционности и рассеивания энергии.

Приведен качественный анализ типичных средств силовой тренировки с точки зрения биомеханической эффективности, показавший перспективу конструирования технических устройств со многими степенями свободы, использующих фрикционный способ создания тренировочного сопротивления.

Ключевые слова: физическое упражнение, техническое средство, классификация, биомеханическая эффективность.

DOI: 10.21122/2220-9506-2017-8-1-40-48

Адрес для переписки:

Сотский Н.Б.
Белорусский государственный университет физической культуры,
пр. Победителей, 105, г. Минск 220020, Беларусь
e-mail: nsotsky@gmail.com

Address for correspondence:

Sotsky M.B.
Belarusian State University of Physical Culture,
Pobediteley Ave., 105, Minsk 220020, Belarus
e-mail: nsotsky@gmail.com

Для цитирования:

Сотский Н.Б.
Классификации технических средств физической культуры и оценка их эффективности на основе биомеханических принципов построения двигательных действий.
Приборы и методы измерений.
2017. – Т. 8, № 1. – С. 40–48.
DOI: 10.21122/2220-9506-2017-8-1-40-48

For citation:

Sotsky M.B.
[Classifications of technical means of physical training and assessment of their effectiveness based on biomechanical principles of structuring motor actions].
Pribory i metody izmerenii [Devices and Methods of Measurements].
2017, vol. 8, no. 1, pp. 40–48 (in Russian).
DOI: 10.21122/2220-9506-2017-8-1-40-48

Classifications of technical means of physical training and assessment of their effectiveness based on biomechanical principles of structuring motor actions

Sotsky M.B.

Belarusian State University of Physical Culture,
Pobediteley Ave., 105, Minsk 220020, Belarus

Received 28.12.2016

Accepted for publication 30.01.2016

Abstract

Classification of technical means of physical exercise and sport taking into account the current state of sports science is one of the important tasks that allow planning the development of promising trends in training equipment technologies. Existing approaches to grouping technical means of physical training do not adequately take into account the biomechanical regularities of structuring exercises and their effectiveness. The aim of this work was to build a new approach to the classification of such devices taking into account the regularities above.

The article suggests the system of grouping means of physical training that includes picking out biomechanically substantiated levels of physical exercise structuring (psycho-informational, physiological and mechanical levels) as final targets, similar input levels of impact and the appropriate means. As a result, digital indexing of the above targets was proposed which allows to group and present the technical means in the form of matrix depending on the combination of the indexes and to determine promising trends in novel developments finding the blank areas in the matrix.

In accordance with the proposed classification by the example of technical means of strength training, the concept of the biomechanical efficiency of the devices is introduced for the first time, for which specific numerical coefficients were introduced such as spatiality, inertia and energy dissipation.

The paper presents a qualitative analysis of the typical means of strength training in terms of biomechanical efficiency, which showed the prospect of engineering technical devices with many degrees of freedom using the friction method of creating the resistance when training.

Keywords: physical exercise, technical means, classification, biomechanical efficiency.

DOI: 10.21122/2220-9506-2017-8-1-40-48

Адрес для переписки:

Сотский Н.Б.
Белорусский государственный университет физической культуры,
пр. Победителей, 105, г. Минск 220020, Беларусь
e-mail: nsotsky@gmail.com

Address for correspondence:

Sotsky M.B.
Belarusian State University of Physical Culture,
Pobediteley Ave., 105, Minsk 220020, Belarus
e-mail: nsotsky@gmail.com

Для цитирования:

Сотский Н.Б.
Классификации технических средств физической культуры и оценка их эффективности на основе биомеханических принципов построения двигательных действий.
Приборы и методы измерений.
2017. – Т. 8, № 1. – С. 40–48.
DOI: 10.21122/2220-9506-2017-8-1-40-48

For citation:

Sotsky M.B.
[Classifications of technical means of physical training and assessment of their effectiveness based on biomechanical principles of structuring motor actions].
Pribory i metody izmerenii [Devices and Methods of Measurements].
2017, vol. 8, no. 1, pp. 40–48 (in Russian).
DOI: 10.21122/2220-9506-2017-8-1-40-48

Введение

Практически во всех областях человеческой деятельности применяются разнообразные технические устройства, способствующие как освоению двигательных действий, так и развитию различных качеств человеческого организма. Такие устройства часто называют тренажерами.

В спорте технические средства имеют очень широкое применение. Они способствуют развитию двигательных качеств (силы, выносливости, гибкости, ловкости), обеспечивают обучение сложным движениям, организуют страховку при выполнении рискованных элементов и т.д.

Под термином «технические средства» в спортивной педагогике понимаются «приборы, аппаратура, биотехнические и тренировочные устройства, тренажеры, измерительные и диагностические системы, предназначенные для оценки и развития умений, двигательных и интеллектуальных качеств» [1]; в данной монографии также предлагается тренировочным устройством называть техническое средство, которое обеспечивает выполнение заданного движения без специально организованного контроля (обратной связи). Аналогичное определение приводится в работе [2]. В ней речь идет о выполнении упражнений с заданными благодаря техническому средству усилиями и структурой движения также при отсутствии «контролирующего взаимодействия». В качестве тренажера чаще всего рассматривается устройство «для обучения и совершенствования спортивной техники, развития двигательных качеств, совершенствования аналитических функций организма»; эффективность тренажера часто определяется именно наличием обратной связи [2].

В то же время на наличии обратной связи как обязательном атрибуте понятия «тренажер» не всегда акцентируется внимание, например в монографии [3] тренажер определяется как «комплекс устройств, позволяющих воспроизводить целостные упражнения или их основные элементы в специально созданных для этого искусственных условиях, обеспечивающих возможности регламентировать режимы выполняемых движений и их целесообразное изменение». В данном определении ключевым моментом является создание искусственной среды, работа в которой приводит к развитию соответствующих двигательных качеств, умений и навыков.

Существует несколько классификаций технических средств физической культуры и спорта.

В работе [4] предлагается в первую очередь разделять их по особенностям двигательной деятельности человека. В этом отношении можно выделить пять основных направлений. Это базовая физическая культура (ФК), профессионально-прикладная ФК, гигиеническая и рекреационная ФК, оздоровительно-реабилитационная ФК и спорт. Данная схема в соответствии с современной ситуацией может быть дополнена спортом для людей с ограниченными физическими возможностями (инваспорт).

Если классифицировать технические средства по использованию в спорте с учетом методической направленности, то в соответствии с рядом работ [1, 5–7] можно выделить четыре основные группы. Это устройства для образования двигательных навыков (обучающие), для формирования координации и ритма, тактических навыков, физических качеств, для сопряженного развития физических качеств и навыков, а также теоретической, психологической и профессионально-прикладной подготовки; приводятся варианты классификации, учитывающие конструктивные особенности технических средств. В работе [1] также отмечается, что существуют варианты разбиения технических средств на группы и по конструктивным особенностям. При этом выделяются некоторые характерные особенности или принципы, лежащие в основе создания и использования соответствующей конструкции. Так, устройства могут иметь блочную конструкцию, предполагать преодоление собственного веса, гидравлические и т.д. [5, 8]. Такая классификация не имеет четких границ между группами устройств. Например, блочное устройство может быть использовано в целом ряде ситуаций, которые следует отнести к различным группам. С его помощью можно изменять не только направление действия силы тяжести, но и характер усилия и для гидравлических устройств, и при использовании собственного веса. В такой классификации группы технических средств перекрываются, что вызывает сложность при отнесении их к тем или иным разделам классификации. Существует также разделение устройств и по тренировочному воздействию, где выделяется его конечная цель воздействия (например, лидирующие устройства, средства внесения помех, управляемого взаимодействия).

Приведенные примеры классификаций технических средств физической культуры и спорта хотя и являются вполне логичными, но недоста-

точно, на наш взгляд, отражают биомеханическую сущность процесса их использования для решения различных задач. В частности, с точки зрения классической биомеханики любое двигательное действие можно представить как единство трех блоков [9]: психоинформационного, физиологического и механического. Каждый из них описывается своими параметрами или координатами. Согласно подходу, предложенному в указанной работе, все три блока объединяются понятием цели физического упражнения. Она формируется в рамках психоинформационной сферы, что служит стимулом для упорядочения физиологических функций организма, в результате чего происходят мышечные сокращения, обеспечивающие механические движения в суставах и перемещение тела человека в пространстве в рамках конкретной двигательной задачи.

Целью настоящей работы являлись построение классификации технических средств физической культуры на основе биомеханических принципов выполнения двигательных действий и разработка критериев их биомеханической эффективности в отношении силовой тренировки.

Основная часть

В соответствии с описанными выше биомеханическими закономерностями построения физических упражнений классификация технических средств физической культуры и спорта должна в первую очередь учитывать уровень конечного или целевого воздействия устройства – психоинформационный, физиологический и механический. Каждому из этих уровней должен быть присвоен соответствующий индекс 1, 2 и 3 (рисунок 1).

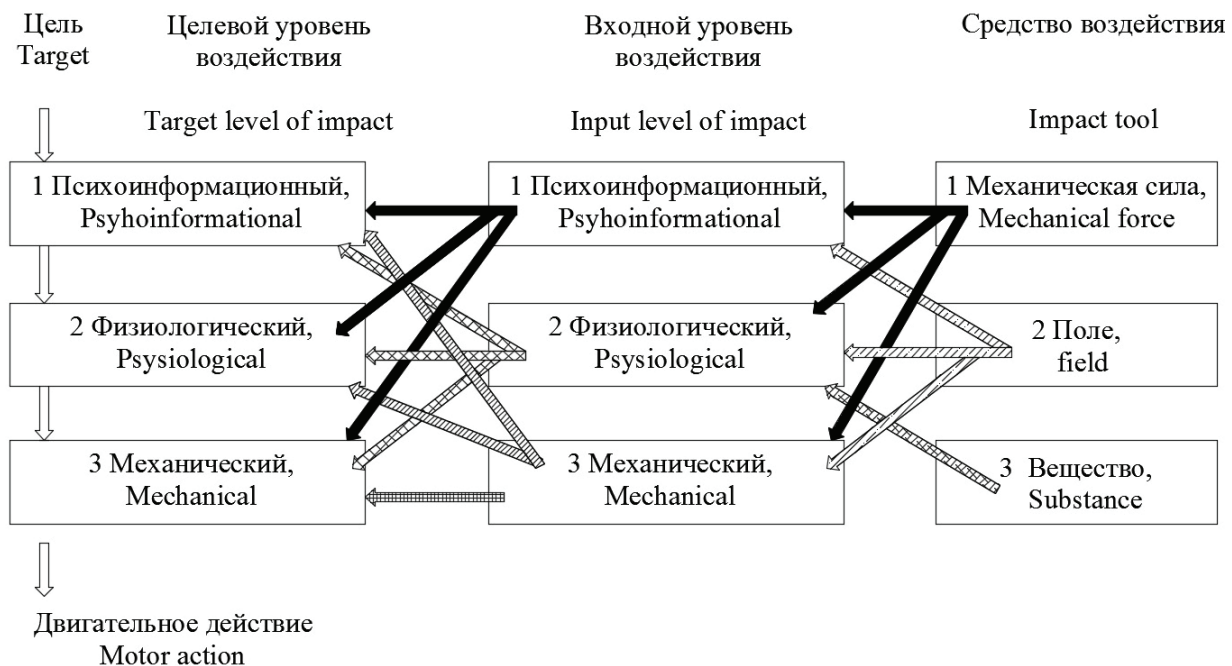


Рисунок 1 – Схема воздействия внешних факторов на двигательную сферу человека с целью повышения ее эффективности (цифрами обозначены вводимые индексы)

Figure 1 – Diagram of impact of external factors on human motor sphere in order to increase its effectiveness (numbers indicate the input indexes)

Воздействовать на любой из конечных уровней построения движения можно как непосредственно, так и через другие уровни. Например, действуя через механику и задавая с помощью внешнего устройства форму двигательного действия, можно добиться образования умения и навыка на психоинформационном уровне и, наоборот, объясняя или показывая движение, например на видеозаписи, можно начинать освоение на уровне механики, т.е. собственно обучение ре-

альному (не мысленному) движению. В соответствии с этим следующим нижестоящим звеном предлагаемой классификации должен являться уровень непосредственного или входного воздействия. Это один из тех же трех уровней, имеющих такую же индексацию, и через каждый из них можно воздействовать на любой вышестоящий.

Следующим звеном классификации должен служить способ воздействия технического сред-

ства на человека. К числу таких способов можно отнести механическую силу, поле или химическое вещество. Эти способы воздействия можно также обозначить индексами соответственно 1, 2 и 3. Естественно, число индексов для способов воздействия в рамках представленного подхода при необходимости можно увеличить, разделяя отдельные средства на группы.

В отношении полей следует отметить два основных варианта. Это использование силовых полей (гравитационного, электромагнитного) в качестве источника механической силы для создания тренировочного сопротивления, что позволяет свести данный случай к первой группе средств воздействия (силы механического происхождения). Устройства механического воздействия могут решать и информационные задачи, ограничивая через тактильное воздействие, пространственные перемещения звеньев тела человека при выполнении физического упражнения, например задавая амплитуду или правильное направление движению. В последнем случае для определения технического средства следует использовать набор индексов 1, 3, 1.

Другой вариант – это применение полей как средств передачи информации. Например, с помощью электромагнитного поля может быть передана информация обратной связи об уровне нагрузки сердечно-сосудистой системы, о достижении необходимой амплитуды суставного движения и т.д. Здесь также могут быть использованы акустические поля, например различного рода установки задания темпа, кардиолидеры. Устройства такого типа соответствуют набору индексов 1, 1, 2.

Если в качестве средства воздействия рассматривать химическое вещество, то конечной целью может служить любой из перечисленных уровней при непосредственном входе через физиологический. Использование введенной выше индексации, например, позволяет присвоить такому средству воздействия на психоинформационный уровень набор индексов 1, 2, 3. Такой механизм используется при употреблении допинга или других веществ, например анаболических стероидов.

При применении в физической культуре и спорте таких средств, как химические вещества, или поля информационного характера основные свойства существующих технических устройств вполне очевидны. Вместе с тем при использовании сил механического характера имеется ряд особенностей, связанных с их спецификой.

Воздействие сил механического характера в соответствии с предложенной классификацией можно направить на любой из уровней построения двигательных действий (механический, физиологический или психоинформационный; индексы 1, 2, 3), при этом входным уровнем будет механический (индекс 3), а средством воздействия – механическая сила (индекс 1).

Если рассматривать в качестве объекта тренажерного воздействия силовые качества, то в описанной схеме эти устройства будут соответствовать конечному уровню воздействия – физиологическому, входному уровню – механическому, а в качестве средства воздействия использовать механические силы (индексы технического средства 2, 3, 1).

Учитывая тот факт, что силовые способности человеку нужны не в абстрактной форме, а применительно к определенной двигательной активности в спорте или в повседневной жизни, силовую тренировку и устройства для ее осуществления следует рассматривать с точки зрения биомеханических закономерностей формирования двигательных действий.

Двигательное действие человека с позиции биомеханики в соответствии с концепцией [9] может быть представлено в виде совокупности трех программ. Это программа места, описывающая перемещение общего центра масс, программа ориентации, представляющая информацию о вращении тела человека как целого во время двигательного действия, и программа позы, описывающая суставные движения, являющиеся основной реализацией двух первых составляющих. Целенаправленные изменения позы человека позволяют обеспечить необходимые для выполнения двигательного действия управляющие силы и моменты сил.

В программе позы при выполнении конкретного физического упражнения подвижность в некоторых суставах должна быть ограничена вплоть до полной фиксации. Такие сочленения обеспечивают элементы динамической осанки. Они превращают опорно-двигательный аппарат человека в устойчивый механизм для достижения цели двигательного действия. В других суставах выполняются управляющие движения, обеспечивающие образование сил и моментов сил, приводящих к заданным целью физического упражнения перемещениям человека в пространстве.

Соединение элементов осанки и управляющих движений позволяет выполнить двигатель-

ное действие. Указанные составляющие являются необходимыми для успешного достижения цели физического упражнения.

Таким образом, если рассматривать силовые возможности, позволяющие эффективно реализовать двигательное действие, то их проявление следует рассматривать в контексте силового обеспечения элементов осанки и управляющих движений в суставах. Иными словами, для повышения результата упражнений, требующих проявления силы, необходимо развивать силовые качества мышц, реализующих элементы осанки и управляющие движения, а также в ходе такого развития добиваться координации их взаимодействия. Это касается сочетания элементов осанки с управляющими движениями, а также управляющих движений при работе одновременно нескольких сочленений.

Следует также отметить, что элементы осанки и управляющие движения имеют различный режим работы мышц, обеспечивающих выполнение суставных движений. В первом случае мышечное усилие направлено на ограничение подвижности или фиксацию суставного угла. Для второго типа составляющих характерен преодолевающий режим. Этот факт важно учитывать при построении или подборе упражнений, направленных на повышение эффективности выполнения конкретного двигательного действия.

Стремление к соблюдению эквивалентности условий проявления силовых качеств в соревновательном и тренировочном упражнениях позволяет выделить из массы всевозможных упражнений, выполняемых с внешним сопротивлением, специальные силовые упражнения, в которых имеется соответствие вышеуказанных условий, и общие, где главное – нагрузка мышц, обеспечивающих суставные движения без учета специфики их работы в конкретном двигательном действии.

В ходе построения специальных силовых упражнений должен соблюдаться принцип динамического соответствия, утверждающий, что любое специальное силовое упражнение должно соответствовать соревновательному по амплитуде и направлению движения, акцентированному участку рабочей амплитуды движения, величине динамического усилия, скорости проявления максимума усилия, режиму работы мышц [10].

Специальные силовые упражнения не только применяются при подготовке человека к специфическим движениям, но и используются в качестве общеразвивающих упражнений. В по-

следнем случае особенностью является только наличие сопротивления без учета других параметров упражнения, связанных с принципом динамического соответствия.

Таким образом, эффективное средство силовой тренировки должно не только обеспечивать тренировочное сопротивление, но и сохранять при этом структуру суставных движений, характерную для реальных пространственных двигательных действий человека. Иными словами, одно из важнейших требований к эффективному техническому устройству или тренажеру, предназначенному для силовой тренировки, – это образование пространственного силового поля, воздействующего на звенья тела человека так, чтобы нагрузка могла распределяться на мышцы, обеспечивающие выполнение ряда одновременных движений, соответствующих нескольким степеням свободы его опорно-двигательного аппарата. Это требование должно рассматриваться в качестве важнейшего критерия биомеханической эффективности силового тренажера.

Другой особенностью тренажеров рассматриваемого типа является необходимость рассеивания механической энергии, циркулирующей в ходе выполнения упражнений. Поскольку в большинстве случаев силовые упражнения выполняются сериями [8], то каждое активное движение, например связанное с поднятием тренировочного отягощения, сопровождается приведением устройства или снаряда в исходное положение, что предполагает рассеивание кинетической и потенциальной энергии через опорно-двигательный аппарат тренирующегося. Такая ситуация очень часто нарушает динамическое соответствие упражнения реальным ситуациям двигательной активности человека. Так, если предполагается улучшить силовые качества для более эффективного толкания ядра, то серия упражнений сходной кинематической структуры с использованием блочного устройства имеет проблему раннего торможения движения для последующего возврата в исходное положение. Это только один из множества характерных примеров такого рода. В связи с этим необходимость рассеивания механической энергии в технических устройствах силовой тренировки также можно считать важным показателем эффективности тренажера.

Следует также отметить, что снаряды и отягощения, используемые в ходе силовой тренировки, а также перемещаемые элементы конструкций тренажеров обладают инерционными

свойствами, определяемыми массами и моментами инерции, следовательно, оказывают инерционное сопротивление, зависящее от ускорения движущихся частей и грузов. На настоящем этапе развития спортивной науки отсутствуют методики определения таких инерционных силовых добавок, которые накладываются на основную (запланированную) нагрузку. Кроме этого, инерционность спортивных отягощений перекликается с рассмотренным выше требованием рассеивания механической энергии. Поэтому еще одним направлением повышения эффективности технических устройств и тренажеров силовой тренировки следует считать снижение масс и моментов инерции перемещаемых частей тренировочной конструкции.

Таким образом, нами предлагается в качестве показателей биомеханической эффективности технических средств силовой тренировки рассматривать коэффициент пространственности, связанный с количеством одновременно нагружаемых степеней свободы движения звена человека, непосредственно контактирующего с устройством, а также коэффициенты инерционности и рассеивания механической энергии, связанные с особенностями конструкции технического устройства.

Коэффициент пространственности (K_{dim}) можно ввести в виде отношения количества одновременно нагружаемых пространственных степеней свободы части технического устройства, непосредственно контактирующей с соответствующим звеном тела человека. Построение критерия эффективности здесь может исходить из того, что свободное твердое тело имеет шесть степеней свободы и звено тела человека, контактирующее с тренажером, может максимально иметь такое же количество степеней свободы, которые одновременно обеспечиваются нагрузкой. Поэтому за основу в данном случае следует взять отношение числа нагружаемых степеней свободы звена (N), взаимодействующего с техническим устройством, к максимально возможному, т.е. к числу «шесть»:

$$K_{dim} = \frac{N}{6}. \quad (1)$$

Например, педаль велотренажера, контактирующая со стопой человека, имеет две степени свободы, причем нагрузкой обеспечена только одна. Коэффициент эффективности по данному устройству будет составлять 1/6 или прибли-

зительно 17 %, аналогичный показатель будут иметь и большинство устройств стационарного типа для развития силы.

В отношении критерия инерционности (K_{in}) следует рассматривать разность единицы и отношения максимальной достигаемой в ходе упражнения кинетической энергии (E_{kin}) перемещаемых при выполнении упражнения масс к сумме указанной кинетической энергии и работ консервативных (A_k) и диссипативных (A_{dis}) сил:

$$K_{in} = 1 - \frac{E_{kin}}{E_{kin} + A_k + A_{dis}}. \quad (2)$$

В данном случае, если устройство использует только диссипативные и консервативные силы (например, растягивание резинового жгута в вязкой среде) и кинетическая энергия перемещаемых звеньев тела и частей устройства мала по сравнению с работой указанных сил, коэффициент приближается к максимальному значению, равному единице. В случае увеличения массы и моментов инерции, а также скорости перемещаемых элементов конструкции данный коэффициент имеет тенденцию к уменьшению, а в случае только инерционных сил (инерционное сопротивление горизонтально перемещаемой массы) приближается к минимальному значению, равному нулю.

В качестве коэффициента рассеивания (K_{dis}) механической энергии можно использовать отношение работы диссипативных сил (A_{dis}) к сумме работ, затраченных на преодоление диссипативных (A_{dis}), консервативных (A_k) и инерционных сил:

$$K_{dis} = \frac{A_{dis}}{A_{dis} + A_k + E_{kin}}. \quad (3)$$

Здесь инерционные силы, как было предложено выше, могут быть оценены по максимальной кинетической энергии (E_{kin}), приобретаемой звеньями тела человека и перемещаемыми частями технического устройства во время выполнения упражнения. Максимальное значение данного коэффициента, равное единице, имеет место, если тренировочное сопротивление создается силами вязкости или трения. При использовании значительных величин консервативных и инерционных сил без специального торможения он уменьшается, отражая уменьшение эффективности рассеивания механической энергии.

Максимальное теоретическое значение биомеханической эффективности силового тренажера будет соответствовать трем единицам, а минимальное – стремиться к нулевым значениям для всех трех формул.

Для примера оценки биомеханической эффективности тренажерных систем, использующих различные способы создания тренировочной нагрузки, можно привести сравнение нескольких простейших технических средств, которые используются для силовой тренировки. Это упругий амортизатор (резиновый жгут), велотренажер с фрикционным способом создания сопротивления, гребной тренажер, использующий динамическое сопротивление воздушной среды, свободный вес и тренажер станочного

типа, использующий преодоление силы гравитации.

Биомеханическая эффективность указанных средств силовой тренировки показана в виде диаграммы, изображенной на рисунке 2, где по вертикальной оси обозначены величины предложенных коэффициентов, а по горизонтальной – способы создания тренировочного сопротивления. Приведенная диаграмма представляет приблизительные значения коэффициентов, поскольку построена на основе теоретических рассуждений, предполагающих учет масс только перемещаемых элементов конструкции технического средства, пренебрежение силами трения в его шарнирных соединениях и блоках, и небольшими (в пределах 1–2 м/с) скоростями перемещаемых масс.

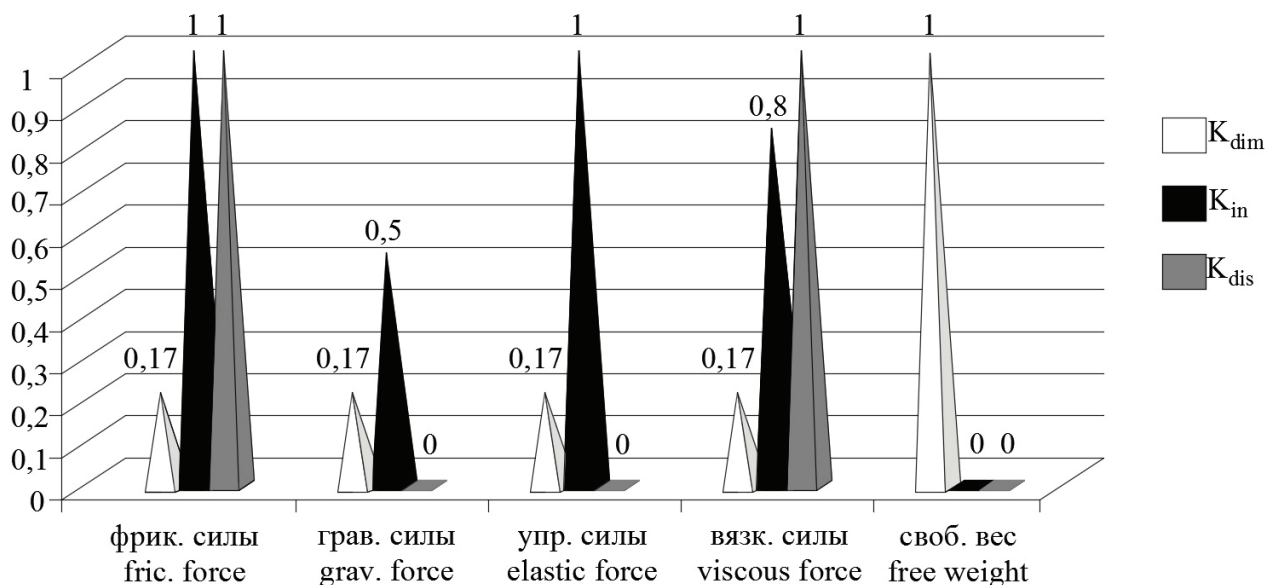


Рисунок 2 – Пример оценки коэффициентов биомеханической эффективности технических устройств для развития силы в зависимости от способа создания тренировочной нагрузки: белый цвет – коэффициент пространственности K_{dim} ; черный – коэффициент инерционности K_{in} ; серый – коэффициент рассеивания K_{dis}

Figure 2 – Example of estimated coefficients for biomechanical effectiveness of technical devices for strength development depending on the way of setting the training load: white – spatiality coefficient K_{dim} ; black – inertia coefficient K_{in} ; gray – energy dissipation coefficient K_{dis}

Так, велотренажер с фрикционным тормозным механизмом имеет максимальное значение по инерционности и рассеиванию энергии и небольшой коэффициент по пространственности. Свободный вес имеет максимальное значение по пространственности и невысокие показатели инерционности и рассеивания энергии. Гребной тренажер имеет максимальный показатель по рассеиванию энергии и инерционности при небольшой пространственности, а упругий амортизатор – максимум по инерционности при незначительных показателях пространственности и рассеивания.

Заключение

Существующие классификации технических средств физической культуры и спорта по их общему назначению, направленности воздействия, конструктивным особенностям недостаточно полно отражают биомеханические закономерности построения двигательных действий, что снижает возможности целенаправленного проектирования устройств развития качеств человека, необходимых для эффективного выполнения двигательных действий.

В качестве биомеханической основы классификации технических средств физической культуры в соответствии закономерностями формирования двигательных действий предлагается использовать три уровня группировки устройств, первый из которых определяет область целевого воздействия устройства (психоинформационная, физиологическая или механическая), второй – три аналогичные области непосредственного воздействия и третий – перечень средств воздействия (механические силы, поля, химические вещества).

Для оценки биомеханической эффективности технических устройств развития силы с механическим характером сопротивления рекомендуется использовать новые, предложенные в статье показатели – коэффициенты пространственности, инерционности и рассеивания энергии, а в ходе разработки новых тренажерных систем данного назначения стремиться к возможности достижения высоких их значений.

Максимальную биомеханическую эффективность следует ожидать при разработке устройств, имеющих одновременно высокое значение коэффициентов пространственности, инерционности и рассеивания энергии, что предполагает использование устройств со многими степенями свободы, имеющих легкие конструкции и использующих диссипативные способы создания тренировочного сопротивления.

Список использованных источников

1. Скрипко, А.Д. Технологии физического воспитания / А.Д. Скрипко. – Минск : ИСЗ, 2003. – 284 с.
2. Юшкевич, Т.П. Тренажеры в легкой атлетике / Т.П. Юшкевич, А.В. Ворон ; Белорус. гос. ун-т. физ. культуры. – Минск : БГУФК, 2014. – 92 с.
3. Ратов, И.П. Двигательные возможности человека (нетрадиционные методы их развития и восстановления) / И.П. Ратов. – Минск, 1994. – 190 с.
4. Матвеев, Л.П. Теория и методика физической культуры (общие основы теории и методики физического воспитания; теоретико-методические аспекты спорта и профессионально-прикладных форм физической культуры) / Л.П. Матвеев. – М. : Физкультура и спорт, 1991. – 543 с.

5. Siff, M.C. Biomechanical Foundations of Strength and Power Training / M.C. Siff // Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention / V.M. Zatsiorsky ; ed. London Blackwell Science. – 2000. – P. 103–139.

6. Лапутин, А.Н. Технические средства обучения / А.Н. Лапутин, В.Л. Уткин. – М. : Физкультура и спорт, 1990. – 80 с.

7. Евсеев, С.П. Тренажеры в гимнастике / С.П. Евсеев. – М. : Физкультура и спорт, 2003. – 254 с.

8. Основы персональной тренировки / под ред. Р.В. Эрла, Т.Р. Бехеля : пер. с англ. И. Андреев. – Киев: Олимп. лит-ра, 2011. – 724 с.

9. Назаров, В.Т. Движения спортсмена / В.Т. Назаров. – Минск : Полымя, 1984. – 176 с.

10. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю.В. Верхошанский. – 3-е изд. – М. : Советский спорт, 2013. – 216 с.

References

1. Skripko A.D. *Tekhnologii fizicheskogo vospitaniya* [Physical Education Technology]. Minsk, ISZ Publ., 2003, 284 p.
2. Jushkevich T.P. *Trenazhery v legkoi atletike* [Trainers in athletics]. Minsk, BGUFK Publ., 2014, 92 p.
3. Ratov I.P. *Dvigatel'nye vozmozhnosti cheloveka* [The motor abilities of a person]. Minsk, 1994, 190 p.
4. Matveev L.P. *Teoriya i metodika fizicheskoi kul'tury* [Theory and Methodology of Physical Education]. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 1991, 543 p.
5. Siff M.C. Biomechanical Foundations of Strength and Power Training. V.M. Zatsiorsky, ed. London Blackwell Science. *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention*, 2000, pp. 103–139.
6. Laputin A.N., Utkin V.L. *Tekhnicheskie sredstva obucheniya* [Technical means of education]. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 1991, 80 p.
7. Evseev S.P. *Trenazhery v gimnastike* [Exercise equipment in the gymnastics]. Moscow, Fizkul'tura i sport Publ., 254 p.
8. Earle R.V., Baechle T.R. *Osnovy personal'noi trenirovki* [Fundamentals of special strength training in sports]. Kiev, Olimpiiskaya literatura Publ., 2011, 724 p.
9. Nazarov V.T. *Dvizheniya sportsmena* [Movement of the sportsman]. Minsk, Polymya Publ, 1984, 176 p.
10. Verhoshansky Y.V. *Osnovy spetsial'noi silovoi podgotovki v sporte* [Fundamentals of special strength training in sports]. Moscow, Sovetskii sport Publ., 2013, 216 p.