

УДК 796.012:796.022+612.76

Сотский Н. Б.

**БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ КОНСТРУКТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ТРАДИЦИОННЫХ СРЕДСТВ СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКИ**

Статья посвящена актуальной теме, связанной с созданием новой технологии взаимодействия человека с тренажерными средствами при развитии силовых качеств, важных как для спортивных достижений, так и в повседневной жизни. Цель исследования – установление кинематических и динамических особенностей работы суставных сочленений при взаимодействии тренирующегося со стационарными тренажерами в ходе выполнения силовых упражнений. В качестве основного метода исследования использован оригинальный способ определения и численного представления позы человека, основанный на установлении закономерностей изменения суставных углов с учетом всех анатомически возможных степеней свободы сочленений опорно-двигательного аппарата. В ходе исследования были проанализированы тренировочные упражнения с использованием типичных современных силовых тренажеров, использующих для создания нагрузки гравитационные, упругие и диссипативные силы. В результате исследования показано, что основной проблемой применения стационарных тренировочных систем является отсутствие возможности создания нагрузки одновременно для нескольких степеней свободы суставных движений, характерных для естественных пространственных траекторий звеньев человека. Другие проблемы связаны с жесткой предопределенностью траекторий звеньев человека, снижающей требования к координации мышечных усилий, с наличием неконтролируемых инерционных силовых добавок, возникающих при ускоренном движении грузов, используемых для создания нагрузки, и необходимостью рассеивания механической энергии в ходе выполнения упражнений.

На основании исследования сформулировано перспективное направление дальнейшего развития тренажерных технологий, связанных с силовой и оздоровительной тренировкой, – создание диссипативных тренажеров, обеспечивающих нагрузку одновременно нескольких степеней свободы опорно-двигательного аппарата человека при минимальной инерционности с возможностью эффективного рассеивания энергии.

Ключевые слова: силовое упражнение, тренажер, степени свободы, инертность, энергия.

Постановка проблемы. Цель любого двигательного действия может быть представлена в виде совокупности программ трех типов [1]. Это программы места, ориентации и позы. Первые две содержат цель двигательного действия, а третья в большей мере рассматривается как средство ее достижения, хотя в некоторых случаях определенные изменения позы сами представляют собой основную задачу физического упражнения. Именно последний фактор является методической основой использования силовых тренажеров и тренировочных устройств самого различного типа.

Здесь во главу угла ставится организация дозированного затруднения изменений суставных углов и, соответственно, позы занимающегося при практическом сохранении пространственного положения тела как целого. Нагрузка при использовании силовых тренажеров обеспечивается использованием сил различной природы. Это гравитационное сопротивление поднимаемого груза, упругость, а также силы вязкого и сухого трения.

К настоящему моменту существует большое число описаний тренажерной тренировки силового характера с использованием устройств стационарного типа (см. например, [2–9]), которые, как правило, включают в себя качественное описание выполняемых двигательных действий, рисунки, фотографии и видеogramмы упражнений. При этом рекомендуемое изменение позы занимающихся носит приблизительный характер при полном отсутствии анализа особенностей координации степеней свободы, характерной для сложных многосуставных движений.

Реальные управляющие движения в суставах, в отличие от используемых в традиционной тренажерной тренировке, имеют свои особенности. В первую очередь, это динамический режим работы – преодолевающий или уступающий. Во-вторых, частое использование в них одновременно нескольких степеней свободы суставного движения. Например, при выполнении прямого удара в боксе. Плечевой сустав одновременно выполняет движение всех трех доступных для него типов (сгибательно-разгибательного, ротации и циркумдукции). Аналогичная ситуация имеет место при выполнении ударов в теннисе, технических действий в борьбе, ударов в футболе и во многих других спортивных или жизненных ситуациях.

Поэтому в реальных случаях для эффективного выполнения двигательных действий часто необходимо освоить сложнейшее сочетание элементов осанки и управляющих движений, которое достигается благодаря координации мышечных усилий статического и динамического характера, позволяющих использовать одновременно все необходимые степени свободы, одни из которых должны быть ограничены, а другие, наоборот, раскрепощены.

В связи с этим исследование характерных изменений позы при выполнении упражнений силового характера, оценка их соответствия реальным движениям, имеющим место в спортивных и повседневных движениях, с целью поиска резервов совершенствования соответствующих тренажерных технологий представляется весьма актуальной проблемой.

Цель работы. Настоящая работа посвящена исследованию закономерностей изменения позы и особенностям организации тренировочного сопротивления при использовании механических сил различной природы в традиционных силовых тренажерах.

Задачи работы

1. Определить закономерности изменения позы человека в ходе выполнения силовых упражнений с использованием традиционных тренажерных устройств.
2. Установить наличие системных проблем силовой тренировки с использованием современных технических средств.
3. Обосновать перспективные направления совершенствования тренажерных технологий силовой тренировки.

Изложение основного материала исследования. В ходе проведенного анализа силовых упражнений нами была использована 15-звенная модель тела человека, конструктивно допускающая до трех степеней свободы в каждом суставе (шарнире). Формализация данных о позе и ее изменении осуществлялась с использованием матричной формы [1; 10] с указанием углов Эйлера, образованных системами координат сочлененных в суставе звеньев тела. В ходе анализа рассматривались матрицы, описывающие переменную позу, характерные для середины (по времени) выполнения упражнения, для которой характерно близкое к равномерному изменение суставных углов.

В ходе силовой тренировки применяются разнообразные средства, в конструкции которых используются механические силы различной природы. Наиболее распространены устройства, создающие тренировочное сопротивление на основе преодоления сил тяжести, упругости, трения вязкости, а также свободные веса, использующие одновременно силы тяжести и инерции. В качестве типичных устройств для исследования были выбраны комплекс стационарных силовых тренажеров, использующих преодоление силы тяжести, велотренажер, являющийся характерным примером диссипативных устройств, а также типичное силовое устройство для тренировки мышц брюшного пресса на основе упругих элементов.

Исследование было проведено для силовых упражнений, которые описывались с использованием описанной выше модели и выполнялись в соответствии с методическими рекомендациями производителей [11].

На рисунке 1 показано упражнение на тренажере, DSL 204 Biceps Curl и приведена матричная запись изменения позы при его выполнении. Анализ изменения позы занимающегося показывает, что изменения происходят практически только в локтевых суставах (подчеркнутые ячейки матрицы). Остальные суставы находятся в режиме обеспечения осанки. Движения в локтевых суставах связано с использованием одной степени свободы, относящейся к сгибательно-разгибательному типу суставного движения [1]. Обращает на себя внимание отсутствие необходимости силового обеспечения сохранения плоскости движения в изменяемом суставе. Оно достигается благодаря жесткому ее выделению конструкцией тренажера.

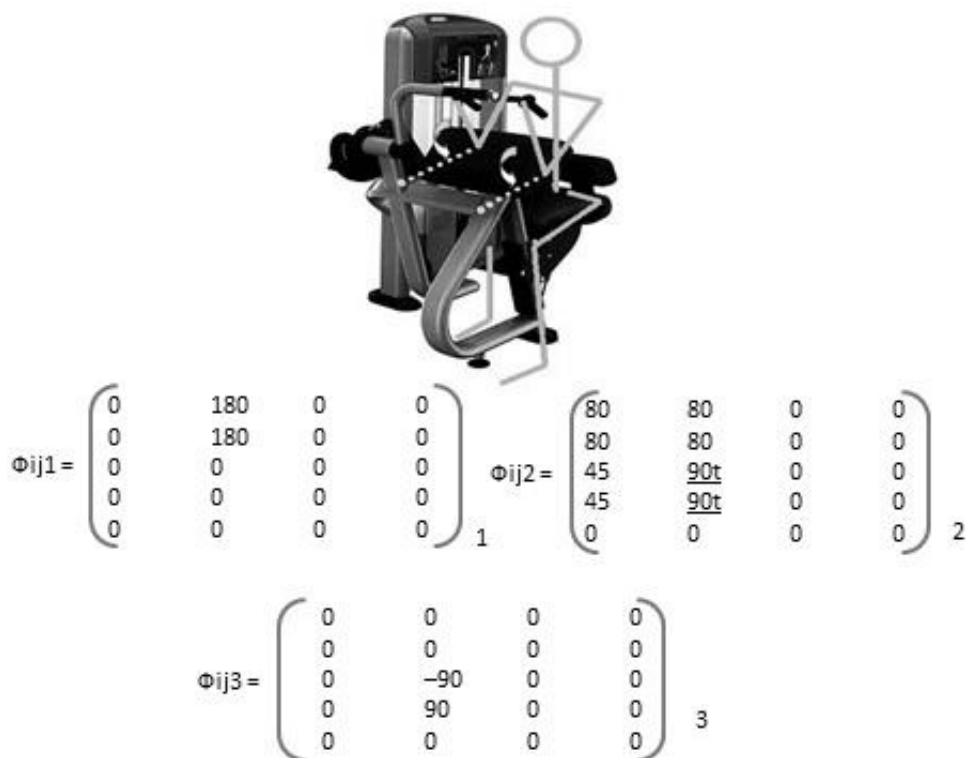


Рис. 1. Выполнение упражнения на тренажере DSL 204 Viceps Curl

Анализ изменения позы занимающегося на тренажере, приведенном на рисунке 2, показывает, что нагружаемые движения происходят в плечевых, локтевых суставах, а также в поясничном отделе позвоночника (см. выделенные подчеркиванием ячейки матрицы). При этом в динамическом режиме задействована только одна степень свободы, соответствующая сгибательно-разгибательному типу суставного движения. Остальные суставы работают в режиме обеспечения осанки.

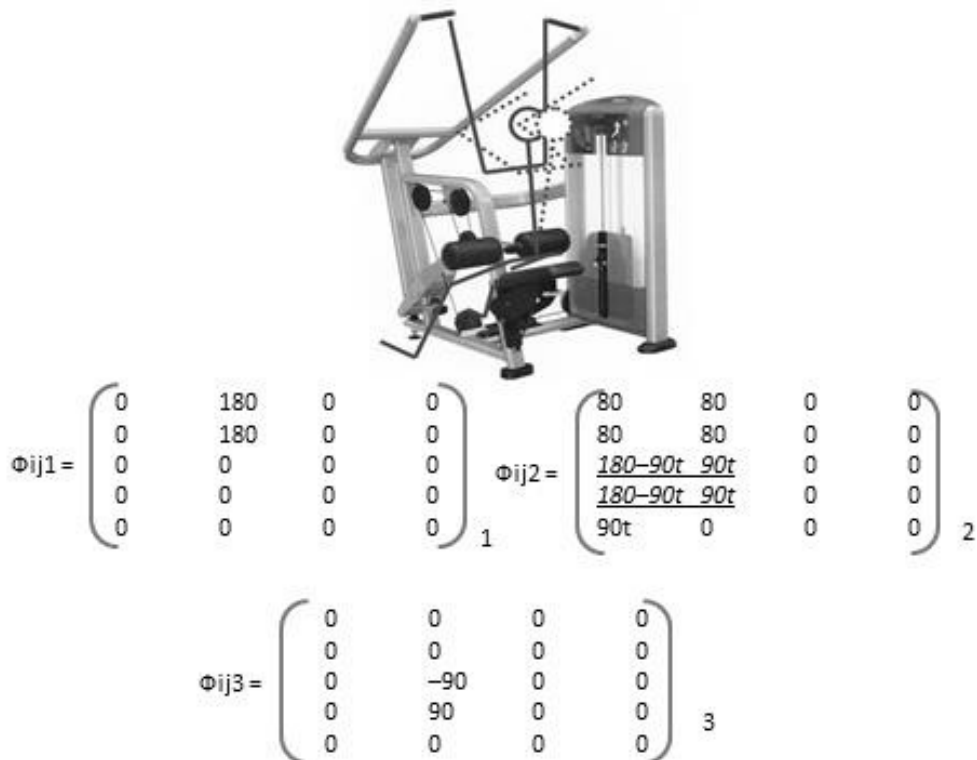



Рис. 2. Выполнение упражнения на тренажере DSL 304 Lat Pulldown

Тренировка с использованием тренажера Prone Leg Curl DSL0606 (рисунок 3) характерна эффективной динамической нагрузкой для мышц, обеспечивающих движения в коленном суставе. При этом, как и в рассмотренных ранее случаях, нагрузкой обеспечено движение, соответствующее одной степени свободы, относящееся к сгибательно-разгибательному типу (выделено в матрице подчеркиванием).




$$\Phi_{ij1} = \begin{pmatrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_1$$

$$\Phi_{ij2} = \begin{pmatrix} 45 & \underline{90t} & 0 & 0 \\ 45 & \underline{90t} & 0 & 0 \\ 0 & 100 & 0 & 0 \\ 0 & 100 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_2$$

$$\Phi_{ij3} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_3$$

Рис. 3. Выполнение упражнения на тренажере Prone Leg Curl DSL0606

Упражнения, выполняемые на тренажере Leg Press DSL0602 (рисунок 4), обеспечивают динамической нагрузкой суставы ног (выделены в матрице подчеркиванием). Здесь нагружается одна степень свободы, относящаяся к сгибательно-разгибательному типу суставного движения. Остальные суставы работают в режиме обеспечения осанки.



$$\Phi_{ij1} = \begin{pmatrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_1$$

$$\Phi_{ij2} = \begin{pmatrix} \underline{110-90t} & \underline{110-90t} & \underline{-30t} & 0 \\ \underline{110-90t} & \underline{110-90t} & \underline{-30t} & 0 \\ 0 & 100 & 0 & 0 \\ 0 & 100 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_2$$

$$\Phi_{ij3} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -45 & 0 & 0 & 0 \\ 45 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_3$$

Рис. 4. Выполнение упражнения на тренажере Leg Press DSL0602

Упражнения, выполняемые на тренажере Rotary Torso DSL0315 (рисунок 5), обеспечивают динамической нагрузкой суставы позвоночного столба (выделены в матрице подчеркиванием). Здесь нагружается одна степень свободы, относящаяся к ротационному типу суставного движения. Остальные суставы работают в режиме обеспечения осанки.



$$\begin{pmatrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ -90 & 0 & 0 & 0 \\ 90 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_1 \quad \Phi_{ij2} = \begin{pmatrix} 80 & 80 & 0 & 0 \\ 80 & 80 & 0 & 0 \\ 90 & 70 & 0 & 0 \\ 90 & 70 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_2$$

$$\Phi_{ij3} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \underline{90t} & \underline{90t} & 0 & 0 \end{pmatrix}_3$$

Рис. 5. Выполнение упражнения на тренажере Rotary Torso



$$\Phi_{ij1} = \begin{pmatrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_1 \quad \Phi_{ij2} = \begin{pmatrix} 80 & 45 & 0 & 0 \\ 80 & 45 & 0 & 0 \\ 10 & 120 & 0 & 0 \\ 10 & 120 & 0 & 0 \\ \underline{90t} & \underline{90t} & 0 & 0 \end{pmatrix}_2$$

$$\Phi_{ij3} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_3$$

Рис. 6. Выполнение упражнения на тренажере Abdominal DSL0714

Тренировка с использованием тренажера Abdominal DSL0714 (рисунок 6) также обеспечивает динамической нагрузкой суставы позвоночного столба (выделены подчеркиванием). Здесь задействована одна степень свободы, относящаяся к сгибательно-разгибательному типу суставного движения. Остальные суставы работают в режиме обеспечения осанки.

Рассмотренные тренажерные системы основаны на использовании преодоления гравитационных сил. В то же время выполнение тренировочных упражнений включает в себя разгон и торможение поднимаемых грузов, что приводит к образованию инерционных добавок, которые зависят от ускорений, обеспечиваемых движениями звеньев тела. Если рассматривать только поступательное движение груза, то инерционная сила определяется произведением его массы на ускорение. В зависимости от темпа выполнения упражнения добавочная сила может составлять, согласно [12; 13], более 100 % от величины силы тяжести. Инерционная добавка имеет переменный характер и вопросы ее учета при дозировании нагрузки на данный момент находятся в стадии разработки. Поэтому инерционность можно считать одной из отрицательных сторон использования стационарных тренажерных систем и ставить задачу снижения неконтролируемых воздействий такого типа.

Если рассматривать добавочный момент силы инерции относительно суставов тела тренирующегося, связанный только с ускоренным движением груза, то каждый сустав будет испытывать инерционное силовое воздействие, величина которого зависит от плеча данной силы относительно сустава. В матричном виде величины моментов инерционной силы для сгибательно-разгибательного типа суставных движений могут быть представлены следующим образом:

$$M_{инij} = mad_{ij}, \tag{4.1}$$

где m – масса груза; a – его ускорение; d_{ij} – матрица плеч силы инерционного сопротивления груза для каждого сустава (i – номер биокинематической цепи, j – номер сустава).

Воздействие инерционной силы при данном уровне развития тренажерных технологий является неконтролируемым, и ее снижение является важной задачей в ходе совершенствования силовых тренажеров. Оно может быть достигнуто существенным уменьшением массы перемещаемых грузов и деталей тренажеров.

Другая проблема использования стационарных тренажеров – это необходимость рассеивания энергии. Так, при подъеме груза или деформации упругого элемента увеличивается потенциальная энергия, которая должна быть устранена к моменту выполнения повторного движения. В большинстве существующих стационарных тренажеров она рассеивается через опорно-двигательный аппарат тренирующегося или поглощается конструкцией, что приводит к быстрому выходу устройства из строя.

В существенной степени снижение инерционности достигается использованием сил негравитационного характера, например, силы упругости или диссипативных сил. Одним из примеров использования силы упругости является устройство для тренировки мышц брюшного пресса, приведенное на рисунке 7.

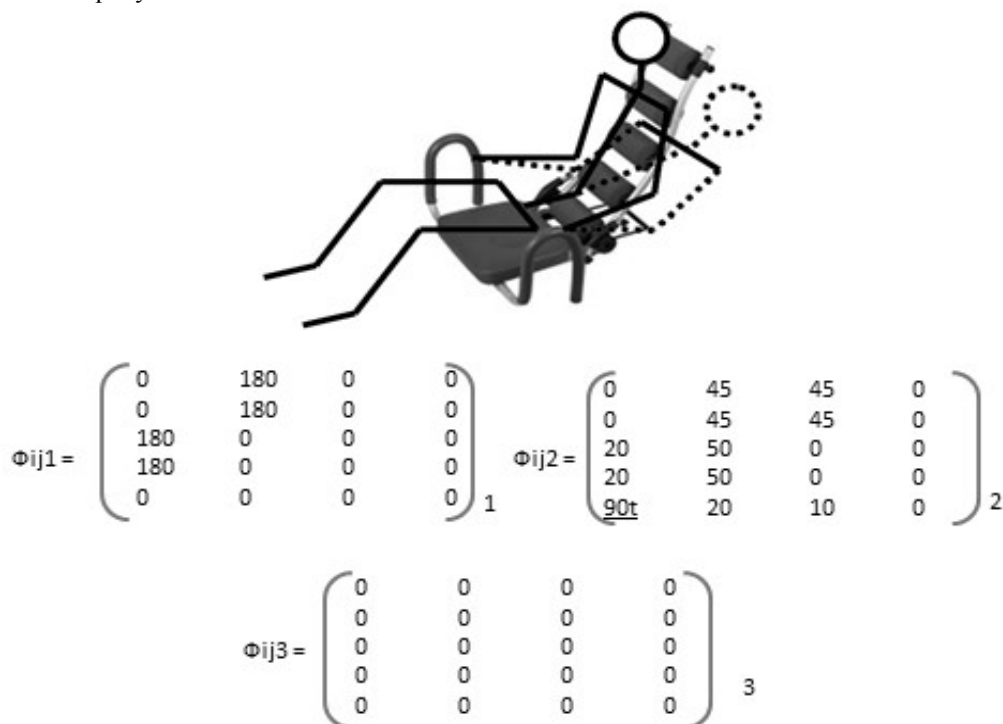


Рис. 7. Выполнение упражнения на тренажере AB Rocket¹

¹ Использована фотография тренажера с сайта <http://sport78.ru/product/trenazher-dlja-pressa-i-myshc-spiny-ab-rocket/>.

В отношении диссипативных сил характерным является использование силы трения во многих тренажерах, применяемых не только в процессе развития силы, но и, главным образом, для тренировки сердечно-сосудистой системы. Как правило, это различного рода велотренажеры (рисунок 8), нагрузка в которых задается через управление силой трения, затрудняющей вращение педалей. Диссипативные тренажеры часто используют силы вязкости, возникающие при перекачивании жидкости между цилиндрами, а также при вращении лопастей винта, находящегося в воздушной среде [14].



$$\Phi_{ij1} = \begin{pmatrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_1 \quad \Phi_{ij2} = \begin{pmatrix} 40t & 30t & 20t & 0 \\ -40t & -30t & -20t & 0 \\ 80 & 40 & 0 & 0 \\ 80 & 40 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_2$$

$$\Phi_{ij3} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_3$$

Рис. 8. Выполнение упражнения на велотренажере Teambike 800

В тренажерных устройствах, использующих силы упругости и диссипативные силы, происходит заметное снижение инерционных сил, поскольку перемещаемые с ускорением массы оказываются существенно меньшими. Однако, как следует из полученных матриц, описывающих позу, нагружаемые суставные движения (как и ранее, выделены подчеркиванием) получают нагрузку только для одной, как правило, сгибательно-разгибательной степени свободы каждого используемого при выполнении упражнения сустава. Это свидетельствует об отсутствии принципиальных отличий тренажеров такого рода от устройств, использующих преодоление силы тяжести в отношении тренировки мышц, обеспечивающих элементы осанки и управляющие движения, а также о возможности одновременного обеспечения нагрузкой нескольких пространственных степеней свободы суставных движений.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что стационарные тренажеры, использующие гравитационную нагрузку, создают искусственно ограниченные условия осуществления тренировочных упражнений, которые изначально не соответствуют имеющим место при выполнении реальных действий человека в спорте и в повседневной жизни. Это выражается в невозможности создания тренировочной нагрузки для выполнения упражнений, требующих выполнения набора суставных движений, обеспечивающих одновременно несколько пространственных степеней свободы и необходимостью рассеивания механической энергии через опорно-двигательный аппарат тренирующегося.

Отсутствие необходимости осуществления основных элементов осанки, роль которых выполняют жестко регламентированные конструкцией траектории частей тренажера, связанных со звеньями тела человека, способствует снижению требований к естественной координации мышечных усилий. Анализ коэффициентов конструктивной эффективности [15] традиционных силовых тренажеров показывает, что значение коэффициента пространственной размерности для традиционных устройств силовой тренировки K_{dim} составляет всего 0,17 (при максимальном значении 1) и использование полученных силовых приростов общего характера в спорте и повседневной жизни представляется проблематичным. Поэтому важной проблемой, которую необходимо решить при оптимизации силовых тренажеров и тренировочных устройств, в первую очередь является обеспечение создание пространственного силового поля сопротивления, позволяющего выполнять упражнения с сохранением пространственной структуры одновременно выполняемых движений в суставах.

Важным аспектом оптимизации технических средств силовой тренировки является снижение влияния неконтролируемых инерционных воздействий и эффективное рассеяние энергии конструкциями тренажеров.

Значение коэффициента инерционности K_{in} в случае устройств, использующих преодоление силы тяжести, зависит от кинетической энергии перемещаемого отягощения. Если считать, что груз достигает максимальной скорости перемещения в 1 м/с и имеет массу 50 кг и перемещается по вертикали на 1 м, а трение незначительно, то коэффициент инерционности составит 0,95. Естественно, при увеличении скорости перемещения груза, данный коэффициент снижается, например, при достижении скорости в 3 м/с в описанных условиях коэффициент составит уже 0,56.

Коэффициент рассеивания энергии K_{dis} конструкцией устройств, предполагающих преодоление силы тяжести, при описанных выше остальных параметрах имеет практически нулевое значение, поскольку силы трения в узлах конструкции имеют незначительные величины.

Проведенный анализ показал, что аналогичные показатели биомеханической эффективности характерны и для других стационарных силовых тренажеров, использующих гравитационный способ создания тренировочного сопротивления. Для них при небольших скоростях выполнения упражнений достаточно высоким оказывается лишь показатель инерционности, в то время как остальные два имели низкие значения.

Инерционность, отражаемую соответствующим коэффициентом K_{in} , следует считать одной из отрицательных сторон и при использовании свободных весов, которые можно отнести к простейшим техническим устройствам. Поэтому важно в перспективе ставить задачу снижения неконтролируемых воздействий такого типа. Это может быть достигнуто использованием для создания тренировочного сопротивления сил негравитационного характера, например упругих или диссипативных.

Анализ изменения позы и оценка коэффициентов биомеханической эффективности устройств, использующих упругие силы, показала, что в традиционных системах силовой тренировки, как и в стационарных гравитационных тренажерах, имеет место заметное ограничение нагружаемых степеней свободы с выделением одного линейного направления тренировочного сопротивления. Коэффициенты биомеханической эффективности для упругих сил составляют:

$$K_{dim} = 0,17, K_{in} = 1 \text{ и } K_{dis} = 0.$$

Биомеханическая конструктивная эффективность таких устройств значительно выше, чем в использующих гравитационные силы, только в отношении показателя инерционности. В последнем случае, учитывая незначительность перемещаемой массы K_{in} , можно считать близким к максимальному значению. Значение коэффициента рассеивания $K_{dis} = 1$ энергии при использовании упругих сил, как и в случае гравитационных, близко к нулевому значению.

Исследование упражнений, выполняемых с помощью традиционных устройств, использующие диссипативные силы, показало, что максимальное, близкое к единице значение имеют показатели рассеивания энергии и инерционности, при низком значении коэффициента пространственной размерности ($K_{dim} = 0,17, K_{in} = 1$ и $K_{dis} = 1$).

Сравнение параметров биомеханической эффективности существующих тренажеров и традиционно используемых для силовой тренировки свободных весов (гантели, гири), если иметь в виду горизонтальные перемещения отягощения, включая вращательные движения, в отношении пространственной размерности (K_{dim}) имеется существенное увеличение соответствующего показателя, в то время как остальные два (K_{in} и K_{dis}) имеют минимальные значения. Здесь также следует учесть слабую контролируемость инерционных сил, что снижает эффективность тренировки.

Сравнительный анализ коэффициентов биомеханической эффективности силовых тренажеров приведен на диаграмме (рисунок 9).

Выводы и перспективы дальнейших исследований. 1. Исследование особенностей изменения позы при выполнении физических упражнений с использованием традиционных технических средств для развития силы показало, что большинство стационарных устройств предполагает обеспечение тренировочной нагрузкой одной степени свободы движений рабочего звена, контактирующего со звеньями тела человека, что не позволяет обеспечивать тренировочной нагрузкой сложные пространственные движения человека без нарушения координации работы мышц, обеспечивающих суставные движения при выполнении реальных пространственных действий.

2. Показатели биомеханической конструктивной эффективности традиционных средств силовой тренировки для устройств, использующих различные способы создания нагрузки для типичных случаев составляют:

- для силы тяжести ($K_{dim} = 0,17, K_{in} = 0,56 - 0,95$ и $K_{dis} = 0$);
- для силы упругости ($K_{dim} = 0,17, K_{in} = 1$ и $K_{dis} = 0$);
- для силы трения ($K_{dim} = 0,17, K_{in} = 1$ и $K_{dis} = 1$);
- для свободных грузов при горизонтальном перемещении ($K_{dim} = 1, K_{in} = 0$ и $K_{dis} = 0$).

Полученные данные позволяют сделать заключение о невозможности в традиционных средствах тренировки силовых качеств достичь максимальных значений одновременно по всем показателям биомеханической конструктивной эффективности.

Значение коэффициентов

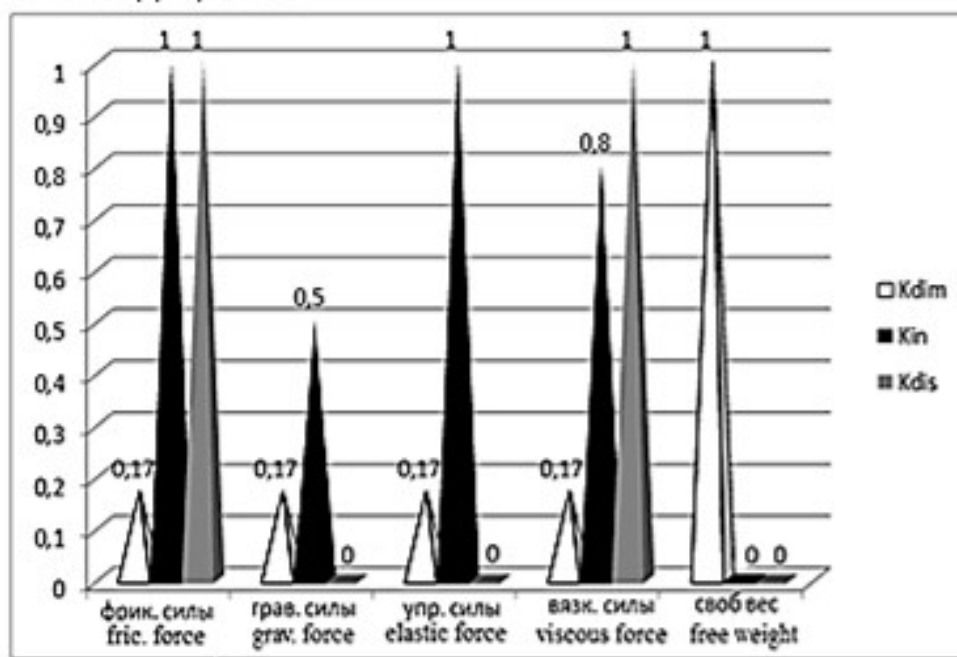


Рис. 9. Оценка коэффициентов биомеханической эффективности технических устройств развития силы для различных способов создания тренировочной нагрузки

3. Перспективу в отношении достижения максимальных показателей биомеханической конструктивной эффективности представляет разработка устройств с возможностью обеспечения нагрузкой диссипативного характера одновременно нескольких пространственных степеней свободы рабочих звеньев, контактирующих с телом тренирующегося.

Использованные источники

1. Сотский Н. Б. Биомеханика : учебник для студентов специальности «спортивно-педагогическая деятельность» / Н. Б. Сотский. – Минск : БГУФК, 2005. – С. 59–60.
2. Бельский И. В. Системы эффективной тренировки. Армрестлинг. Бодибилдинг. Бенчпресс. Пауэрлифтинг / И. В. Бельский. – Минск : ООО «Вида-Н», 2002. – 352 с.
3. Гришина Ю. И. Основы силовой подготовки: знать и уметь : учеб. пособие / Ю. И. Гришина. – Ростов н/Д : Феникс, 2011. – 280 с.
4. Основы персональной тренировки / под ред. Роджера В. Эрла, Томаса Р. Бехеля : пер. с англ. И. Андреев. – Киев : Олимпийская литература, 2011. – 724 с.
5. Суперсила. Интенсивные тренировки : пер. с англ. И. Маргулис. – М. : Терра, 1997. – 144 с.
6. Tihanyi J. Controlling strength and power training / J. Tihanyi // European athletic coaches Conference. – Budapest : HUPE. – 1995. – P. 9–22.
7. Wilson G. Performance benefits from weight and plyometric training: effects of initial strength level / G. Wilson, A. Murphy, A. Walshe // Coaching and sport science journal. – 1997. – N L – P. 3–8.
8. Bacchic T. R. Weight training Instruction. Steps to success / T. R. Bacchic, B. R. Groves // Human Kinetics, 1994. – 196 p.
9. Starischka S. EMG Supported Analysis of Strength Exercises as an Aid in the Construction of Training Programs in Sport and Low Back Pain / S. Starischka, P. Konrad, P. Rudack // Motor coordination in sport and exercise. – Bologna : University degli Studi di Bologna. Facolta di Scienze Motorie, 2000. – P. 193–208.
10. Сотский Н. Б. Практикум по биомеханике : практикум / Н. Б. Сотский, В. Ю. Екимов, В. К. Пономаренко. – Минск : БГУФК, 2014. – 108 с.
11. Pressor [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://www.precor.com/intl/commercial/products/strength/discovery-strength/selectorized>.
12. Якубович С. К. Инерционные силы как важнейший аспект дозирования силовой тренировки / С. К. Якубович, Н. Б. Сотский // Бъдещето въпроси от света на науката – 2012 : материали за VIII

- Международна научна практична конференция, София, 17–25 декември, 2012. – Том 38. Физика. Физическа култура и спорт / «Бял ГРАД-БГ» ООД ; ред. М. Т. Петков. – София : «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2012. – Т. 38.– С. 61–65. (Перспективные вопросы мировой науки).
13. Якубович С. К. Об инерционной составляющей силовой нагрузки при выполнении упражнений скоростно-силового характера / С. К. Якубович // Мир спорта. – 2013. – № 3. – С. 22–25.
 14. Андреева Л. Я. Исследование тренировочных нагрузок на гребном тренажере «Concept-2» в подготовке юношей-новичков в академической гребле / Л. Я. Андреева, Л. А. Егоренко // Ученые записки ун-та им. П. Ф. Лесгафта. – Выпуск. – № 19. – 2006. – С. 22–26.
 15. Сотский Н. Б. О числовых показателях биомеханической эффективности технических средств развития физических качеств спортсмена / Н. Б. Сотский // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету ім. Т. Г. Шевченка. Сер. Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт ; гол. ред. М. О. Носко. – Чернігів, 2017. – Вип. 147. – Т. 1. – С. 195–199.

Sotsky N.

BIOMECHANICAL CONSTRUCTIVE EFFECTIVENESS OF TRADITIONAL MEANS OF STRENGTH TRAINING

The paper is devoted to the topical subject which is related to development of a new technology on interaction of a man and exercise machines while cultivating force characteristics which are important for sports and everyday life as well. The research objective is to determine kinematic and dynamic specific features of articular joint performance when a trainee is interacting with stationary exercise machines while performing power exercises. An original approach for determination and numerical representation of man position based on ascertainment of regularities on changes in joint angles taking into account anatomically possible degree of freedom of locomotor system joint has been used a main method for investigations. Training exercises using typical modern press machines with gravitational, elastic and dissipative forces for loading have been analysed in the process of investigations. The investigations have revealed that the main problem of stationary exercise systems is an absence of the possibility to create loading simultaneously for several degrees of freedom for joint motions which are characteristic for natural spatial motions of a man. Other problems are connected with strict predeterminacy of human body link trajectories that reduce requirements to coordination of muscle forces, presence of uncontrollable inertial power additives arising at accelerated motion of weights used for loading and necessity to disperse mechanical energy while making exercises.

On the basis of the research we have formulated the promising direction for further development of training technologies connected with weight and health-improving training that implies creation of exercise machines providing simultaneous loading with several degrees of freedom for a human locomotor system with minimum inertance and possibility of effective energy dispersion.

Key words: power exercise, exercise machine, degree of freedom, inertness, energy.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2018 р.