

УДК 796.012:796.022+612.76

Сотский Н. Б.

ORCID 0000-0001-9835-1068

Доктор педагогических наук, доцент,
заведующий кафедрой биомеханики
Белорусский государственный университет физической культуры
(Минск, Республика Беларусь) E-mail: nsotsky@gmail.com

ФРИКЦИОННЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ «БИЗОН» И СИЛОВАЯ ТРЕНИРОВКА В ПРЕДЕЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ СУСТАВОВ

Цель работы. Целью настоящей работы было совершенствование фрикционных тренажеров со многими степенями свободы, направленное на создание устройств, использующих фрикционный способ создания тренировочной нагрузки, но имеющих минимальные амплитудные ограничения при выполнении тренировочных упражнений.

Методология. В процессе решения поставленной задачи использовались методы компьютерного и физического моделирования, конструирование, контрольные испытания.

Научная новизна. В ходе исследования был разработан новый фрикционный тренажер со многими степенями свободы. При этом в устройстве впервые использованы вдвоенные сферические шарниры, что позволило увеличить число нагружаемых степеней свободы с двенадцати до восемнадцати. Общій эффект инновационного конструкторского решения состоит в снятии конструктивных ограничений на амплитуду тренировочных упражнений, что, в свою очередь, позволило добиться обеспечения эффективной нагрузки для расширенной амплитуды сложных пространственных движений в сочленениях, включая предельные и близкие к предельным положения. Кроме этого, научная новизна представлена в конструкторском решении, связанном с регулировкой нагрузки в вдвоенных шарнирах. Так, оригинальное техническое решение позволило обеспечить использование всего двух регулировок, каждая из которых обеспечивает установление нагрузки на соответствующий спаренный шарнир.

Выводы. Предложено новое устройство из семейства фрикционных тренажеров со многими степенями свободы, отличающееся существенным увеличением пространственной амплитуды тренировочных упражнений. Это достигается использованием инновационной конструкции, в которой каждый шарнир выполнен спаренным в результате чего устройство имеет четырехшарнирное исполнение. Важным аспектом использования предложенного устройства является возможность устанавливать тренировочную нагрузку, выполняя всего две регулировки при автоматической фиксации ее величины.

Ключевые слова: фрикционный тренажер, конструкция, тренировка.

Постановка проблемы. Тренажерные технологии, связанные с развитием двигательных качеств, находятся в процессе постоянного совершенствования, которое предполагает создание новых тренажерных систем и разработку эффективных методик их использования.

В последние годы были разработаны фрикционные тренажеры со многими степенями свободы [1], реализующие инновационный подход к тренировке двигательных возможностей на основе создания пространственного поля таких диссипативных сил, как сила трения. Указанные устройства обеспечивают силовую тренировку путем создания нагрузки одновременно для нескольких степеней свободы опорно-двигательного аппарата человека, что позволяет тренировать мышцы с сохранением координации усилий, соответствующих реальным пространственным двигательным действиям.

Использование преодоления силы трения в качестве тренировочной нагрузки обладает рядом уникальных свойств, позволяющих существенно повысить эффективность тренировки [2]. Это – значительное снижение неконтролируемых инерционных сил, возникающих при ускоренном перемещении массивных элементов тренажерных устройств. Другим важным преимуществом фрикционных тренажеров является эффективное рассеивание механической энергии с переводом ее в тепло.

Самым же важным уникальным свойством фрикционных тренажеров со многими степенями свободы является впервые созданное трехмерное поле фрикционных сил с возможностью его использования для создания тренировочной нагрузки при выполнении пространственных движений человека [3].

Предложенные в рамках рассматриваемой концепции конструкции представляют собой последовательное развитие идеи с последовательным совершенствованием тренажеров, повышающих как функциональные возможности, так и удобство использования.

В основе конструкции фрикционных тренажеров лежит аналог биокинематической цепи тела человека. Это три твердых звена, соединенные двумя сферическими шарнирами (суставами), причем нагрузка регулируется степенью сопротивления движению звеньев в шарнирах.

Такая конструкция, например [4], имеет 12 степеней свободы 3+3 в виде движений в шарнирах, 3 степени связаны с перемещением самого устройства в пространстве и еще 3 с пространственными вращательными движениями тренажера. Однако, шарниры имеют ограничения по амплитуде движения сочлененных в них звеньев, что приводит к проблеме организации тренировки мышц в предельных или близких к предельным положениях в суставах. Силовые упражнения этих условиях позволяют обеспечить особенно быстрый рост силы для указанных положений в суставах, поскольку мышцы в таких положениях тренируются в редких случаях. Поэтому, именно укрепление мышц в таких положениях позволяет решить ряд проблем. Это развитие суставной подвижности, которая частично определяется силой мышц в указанных ситуациях, профилактика травм, возникающих в случае слабой мышечной амортизации на фоне воздействия чрезмерных внешних сил и в ряде других случаев.

Решение проблемы снятия амплитудных ограничений для выполнения тренировочных упражнений, направленных на развитие двигательных качеств, на основе совершенствования тренажерных технологий представляется весьма актуальной задачей для разработчиков технических средств физической культуры и спорта.

Цель работы. Целью настоящей работы было совершенствование фрикционных тренажеров со многими степенями свободы, направленное на создание устройств, использующих фрикционный способ создания тренировочной нагрузки, но имеющих минимальные амплитудные ограничения при выполнении тренировочных упражнений.

Методология. В процессе решения поставленной задачи использовались методы компьютерного и физического моделирования, конструирование, контрольные испытания.

Научная новизна. В ходе исследования был разработан новый фрикционный тренажер со многими степенями свободы. При этом в устройстве впервые использованы сдвоенные сферические шарниры, что позволило увеличить число нагружаемых степеней свободы с двенадцати до восемнадцати. Общий эффект инновационного конструкторского решения состоит в снятии конструктивных ограничений на амплитуду тренировочных упражнений, что, в свою очередь, позволило добиться обеспечения эффективной нагрузки для расширенной амплитуды сложных пространственных движений в сочленениях, включая предельные и близкие к предельным положения. Кроме этого, научная новизна представлена в конструкторском решении, связанном с регулировкой нагрузки в сдвоенных шарнирах. Так, оригинальное техническое решение позволило обеспечить использование всего двух регулировок, каждая из которых обеспечивает установление нагрузки на соответствующий спаренный шарнир.

Результаты исследования. Рассмотрение методических вопросов силовой тренировки, анализ существующих в настоящее время прототипов и конструкторских решений позволили предложить оригинальную конструкцию тренажера, решающую задачу расширения тренировочных возможностей фрикционных тренажеров со многими степенями свободы из серии «Бизон». Такая конструкция в предпочтительном варианте исполнения представлена на рисунке 1, а на рисунке 2 подробно показана конструкция устройства. Устройство (рис. 2) состоит из двух одинаковых спаренных сферических шарниров, один из них подробно представлен в разрезе. Он включает два шара 1 и 2, два удерживающих кольца 3 и 4, регулировочное кольцо 5, фрикционные элементы 6 и 7, две шайбы 8 и 9, регулировочную втулку 10, фиксатор 11, при этом наружное удерживающее кольцо снабжено продольной прорезью 12 для размещения фиксатора.



Рис. 1. Общий вид фрикционного тренажера с двумя спаренными шарнирами



Рис. 2. Конструкция тренажера с двумя спаренными шарнирами

Устройство работает следующим образом. Перед началом тренировки путем соответствующего поворота регулировочного кольца 5 по отношению к внутреннему удерживающему кольцу 4 устанавливается необходимая величина нагрузки. При этом наружное и внутреннее удерживающие кольца сдвоенного шарнира сближаются или отдаляются, обеспечивая более сильную или слабую степень прижатия шаров 1 и 2 к соответствующим фрикционным элементам 6 и 7. Одинаковость нагрузки, приходящей на шары, обеспечивается передачей усилия с одного шара на другой через фрикционные элементы 6, 7, шайбы 8, 9 и регулировочную втулку 10. В ходе регулировки нагрузки фиксатор 11 входит в прорезь наружного удерживающего кольца и препятствует вращению регулировочного кольца 5 при выполнении тренировочных упражнений, сохраняя установленную нагрузку.

Таким образом, в непрерывном режиме и с автоматической фиксацией регулируется сила трения между сферами 1, 2 и соответствующими фрикционными элементами 6, 7, а, следовательно, и величина нагрузки на мышцы тренирующегося.

Аналогичным образом устанавливается нагрузка для второго сдвоенного шарнира. При этом следует отметить, что регулировка нагрузки может быть осуществлена независимо для каждого из шарнирных соединений, а ее значение может быть подобрано опытным путем в зависимости от задачи тренировки, от группы тренируемых мышц и особенностей функционирования нервно-мышечного аппарата тренирующегося. В зависимости от этих же условий выбирают комплекс выполняемых упражнений.

При подготовке тренажера к работе большое значение имеет правильная установка величины тренировочной нагрузки. Это является важным также потому, что одно и то же значение может быть недостаточным для одного тренирующегося или оказаться чрезмерным для другого. При использовании предложенного устройства рекомендуется различать три условных уровня тренировочной нагрузки. Это – низкий, средний и высокий индивидуальные уровни.

Индивидуальной нагрузкой высокого уровня мы будем считать усилие при такой степени фиксации шарнира, при которой тренирующийся оказывается не в состоянии повернуть рукоятку тренажера вокруг ее собственной продольной оси (пальцы максимально сжатой кисти проскальзывают по поверхности рукоятки). Средний уровень нагрузки соответствует степени фиксации шарнира, при которой тренирующийся может повернуть рукоятку вокруг продольной оси, захватив ее максимально сжатой кистью, но не может сделать такое движение, захватив рукоятку тремя пальцами (аналогично захвату карандаша или ручки при письме). Низкий индивидуальный уровень соответствует степени фиксации шарнира, позволяющей осуществить поворот рукоятки вокруг собственной продольной оси с захватом пальцами, используемым для держания ручки или карандаша во время письма.

В отношении тренировочных упражнений можно сослаться на методические рекомендации или пособия, которые были разработаны ранее для предыдущих моделей фрикционных тренажеров серии «Бизон» [5-8]. Различие будет иметь место в процессе выполнения тренировочных упражнений при достижении близких к предельным значений суставных углов. В разработанном устройстве такие ограничения определяются уже не столько конструкцией тренажера, сколько анатомическими возможностями суставных движений, обеспечивающих выполнение конкретного тренировочного упражнения.

Выводы. Предложено новое устройство из семейства фрикционных тренажеров со многими степенями свободы, отличающееся существенным увеличением пространственной амплитуды тренировочных упражнений. Это достигается использованием инновационной конструкции, в которой каждый шарнир выполнен спаренным, в результате чего устройство имеет фактически четырехшарнирное исполнение. Важным аспектом использования предложенного устройства является возможность устанавливать тренировочную нагрузку, выполняя всего две регулировки при автоматической фиксации ее величины.

References

1. Сотский Н. Б. Теоретико-методические основы разработки фрикционных тренажеров со многими степенями свободы: монография. Минск : БГУФК, 2018. 227 с.
 Sotsky, M. B. (2018). *Tejretiko-metodicheskie osnovi razrabotki frikcionnih trenagorov so mnogimi stepenjami svobody* [Theoretic and methodical foundations for the development of frictional simulators with many degrees of freedom]: a monograph. Minsk, Belarus : BGUFK.
2. Сотский Н. Б. О числовых показателях биомеханической эффективности технических средств развития физических качеств спортсмена. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету ім. Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт* ; гол. ред. М. О. Носко. Чернігів, 2017. Вип. 147. Т. 1. С. 195–199.
 Sotsky, M. B. (2017). *O chislovih pokazateljah biomechanicheskoy effektivnosti tehniceskikh sredstv razvitija fizicheskikh kachestv sportsmena* [On numerical indicators of biomechanical effectiveness of technical means of development of physical qualities of an athlete]. *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu im. T. H. Shevchenka. Seriya: Pedahohichni nauky. Fizychnye vykhovannia ta sport – Bulletin of Chernihiv T. H. Shevchenko National Pedagogical University. The Series: Pedagogical sciences. Physical education and sports*, 147(1), 195–199.
3. Сотский Н. Б. Об особенностях создания силовых полей как основы конструирования современных тренажеров. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт* ; гол. ред. М. О. Носко. Чернігів, 2016. Вип. 139. Т. 1. С. 270–274.
 Sotsky, M. B. (2016). *Ob osobennostah sozdaniya silovih polej kak osnovi konstruirovaniya sovremennih trenazherov* [On the peculiarities of creating power fields as the basis for the design of modern simulators]

Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu im. T. H. Shevchenka. Seriya: Pedahohichni nauky. Fizyчне vykhovannia ta sport – Bulletin of Chernihiv T. H. Shevchenko National Pedagogical University. The Series: Pedagogical sciences. Physical education and sports, 139(1), 270–274.

4. Сотский Н. Б. О перспективе фрикционных тренажеров со многими степенями свободы. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт* ; гол. ред. М. О. Носко. Чернігів, 2014. Вип. 118. Т. 2. С. 58–63.
Sotsky, M. B. (2014). O perspective frikcionnih trenazerov so mnogimi stepenjami svobody [On the prospect of frictional simulators with many degrees of freedom]. *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu im. T. H. Shevchenka. Seriya: Pedahohichni nauky. Fizyчне vykhovannia ta sport – Bulletin of Chernihiv T. H. Shevchenko National Pedagogical University. The Series: Pedagogical sciences. Physical education and sports, 118(2), 58–63.*
5. Сотский Н. Б. Универсальный тренажер для тренировки рук. Минск : ИПП Госплана, 1993. 12 с.
Sotsky, M. B. (1993). *Universalnij trenazer dlja trenirovki ruk [Universal hand training simulator].* Minsk, Belarus : IPP Gosplana.
6. Сотский Н. Б., Никонов Ю. В. Силовая подготовка мышц верхних конечностей хоккеистов : метод. рекомендации. Минск : М-во спорта и туризма Респ. Беларусь. 1999. 40 с.
Sotsky, M. B. & Nikonov, Yu. V. (1999). *Silovaja podgotovka mishts verhnih konechnostej hokkeistov: Metodicheskiye rekomendacii [Strength training of the muscles of the upper limbs of hockey players].* Minsk, Belarus : Ministerstvo sporta i turizma Resp. Belarus.
7. Сотский Н. Б. Развитие силы борцов с использованием тренажера «Бизон» : учеб.-метод. пособие. Минск, 2002. 28 с.
Sotsky, M. B. (2002). *Razvitie sili bortsov s ispolzovaniem trenazera «Bizon»: [Development of the strength of wrestlers using the «Bison» simulator] Metodicheskiye rekomendacii.* Minsk, Belarus.
8. Сотский Н. Б., Дойлидо А. И. Тренажер Сотского «Бизон-1» и методика его использования для реабилитации лиц с ограниченными двигательными возможностями. Минск : Респ. учеб.-метод. центр физ. воспитания населения, 2004. 22 с.
Sotsky, M. B. & Dojlido A. I. (2004). *Trenazer Sotskogo «Bizon 1» I metodika ego ispolzovanija dlja reabilitacii lits s ogranichenimi dvigatel'nimi vozmoznostjami [Sotsky Bison-1 simulator and its method of use for rehabilitation of persons with limited motor capabilities].* Resp. uchebno-metodicheskij centr fiz. vospitanija naselenija.

Sotsky M.

ORCID 0000-0001-9835-1068

*Doctor of Educational Sciences, Associate Professor
Head of the Department of Biomechanics,
Belarusian State University of Physical Culture
(Minsk, Republic of Belarus) E-mail: nsotsky@gmail.com*

«BISON» FRICTIONAL SIMULATORS AND STRENGTH TRAINING IN JOINT LIMITS

The purpose of the work was to improve friction simulators with many degrees of freedom, aimed at creating devices that use a frictional way to create a training load, but have minimal amplitude limits when performing training exercises.

Methodology. In the process of solving the problem, computer and physical modelling techniques, construction and control tests were used.

Scientific novelty. During the study, a new frictional simulator with many degrees of freedom was developed. At the same time, the device for the first time used dual spherical hinges, which allowed increasing the number of loaded degrees of freedom from twelve to eighteen. The overall effect of the innovative design solution is to remove the constructive restrictions on the amplitude of training exercises, which, in turn, has allowed ensuring an effective load for the extended amplitude of complex spatial movements in the joints, including limits and close to the limit. In addition, the scientific novelty is presented in the design solution related to the adjustment of the load in the twin hinges. Thus, the original technical solution allowed ensuring the use of only two adjustments, each of which ensures the installation of load on the appropriate paired hinge.

Conclusions. A new device from the family of friction simulators with many degrees of freedom, distinguished by a significant increase in the spatial amplitude of training exercises, has been proposed. This is achieved using an innovative design in which each hinge is paired, as the result of that the device having actually a four hinges. An important aspect of the proposed device is the ability to set a training load, performing only two adjustments when automatically fixing its value.

Key words: friction simulator, design, training.

Стаття надійшла до редакції 17.10.2020 р.

Рецензент: доктор педагогічних наук, доктор біологічних наук, доцент О. А. Міхеев