

Научная статья
УДК 376.4
DOI: 10.47438/1999-3455_2024_2_234

ОЦЕНКА ВЯЗКО-ЭЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ MYOTONPRO



Татьяна Витальевна Красноперова¹, Евгений Владимирович Агеев²

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры^{1, 2}
Санкт-Петербург, Россия

¹ Кандидат биологических наук, заведующий сектором развития адаптивной физической культуры и спорта инвалидов
тел.: +7(812)600-41-16 (доб. 123), e-mail: tvkbox@gmail.com
ORCID 0000-0002-3898-8400

² Младший научный сотрудник
тел.: +7 (812)600-41-16 (доб. 123), e-mail: blreiz195@mail.ru
ORCID 0000-0002-3735-0982

Аннотация. Цель исследования – обозначить возможности технологии MyotonPro для исследований вязко-эластических свойств нижних конечностей в спорте. Методы и организация исследования. Проведён анализ и обобщение результатов отечественных и зарубежных научных исследований, посвящённых применению технологии MyotonPRO для изучения вязко-эластических свойств нижних конечностей в спорте. Результаты исследования и выводы. Проведённый анализ научно-методической литературы позволил выделить 2 направления использования MyotonPRO для исследования вязко-эластических свойств мышечно-сухожильного аппарата нижних конечностей в спорте. Первое – предполагает использовать технологию для оценки функционального состояния и спортивных резервов организма. Второе – для изучения особенностей компенсаторных механизмов при реабилитации после травм и различных нарушениях в состоянии здоровья спортсменов. Несмотря на малое количество работ, представленных сегодня в литературе, наш обзор показывает, что рассмотренные направления использования MyotonPRO являются актуальными и обладают большим потенциалом для оптимизации тренировочного процесса в спорте.

Ключевые слова: миоэластометрия, мышечный тонус, время релаксации, спортивная деятельность, реабилитация, функциональное состояние.

Для цитирования: Красноперова Т. В., Агеев Е. В. Оценка вязко-эластических свойств нижних конечностей спортсменов с помощью технологии MyotonPRO // Культура физическая и здоровье. 2024. № 2. С. 234-237. DOI: 10.47438/1999-3455_2024_2_234.

Введение

В большинстве видов спорта напрямую или опосредованно результат определяется работоспособностью мышечно-связочного аппарата нижних конечностей. Поэтому оценка его функционального состояния является важной составляющей улучшения результата, профилактики травматизма и оценки спортивного потенциала.

Одним из показателей, определяющих функциональное состояние мышечно-связочного аппарата, является его вязко-эластические свойства [6]. Многие специалисты в области спорта [1, 6] сходятся во мнении, что механические свойства мышц и сухожилий необходимо определять количественно быстрым, простым и научно обоснованным способом, позволяющим регулировать тренировочный процесс или реабилитацию.

Технология MyotonPRO соответствует вышеупомянутым требованиям [12]. Данная технология позволяет комплексно оценить вязко-эластические свойства мягких тканей на основе следующих показателей: тонус (F), динамическая жесткость (S), эластичность (D), время релаксации (R), текучесть (C). Сегодня технология MyotonPRO в основном применяется в клинической практике. В связи с этим настоящий обзор направлен на рассмотрение возможностей использования MyotonPRO в спорте в контексте исследования вязко-эластических свойств нижних конечностей.

Цель исследования

Обозначить возможности технологии MyotonPro для исследований вязко-эластических свойств нижних конечностей в спорте.

Методы и организация исследования

Был проведен анализ и обобщение результатов отечественных и зарубежных научных исследований, посвященных применению технологии MyotonPRO для изучения вязко-эластических свойств нижних конечностей в спорте.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ научно-методической литературы показал, что на январь 2024 года по данным официального сайта производителя (myoton.com) было представлено 352 исследования, по данным GoogleScenes выявлено 1370 статей, в которых применялся MyotonPRO. В других базах данных обнаружено меньшее количество статей (например, в PubMed – 143). Лишь малая часть этих работ посвящена использованию MyotonPRO в спорте. Это показывает, что данная технология только начинает внедряться в спортивную практику.

Несмотря на небольшое количество исследований, проведенный анализ позволил обозначить два основных направления, использующих MyotonPRO для оценки вязко-эластических свойств нижних конечностей в спорте.

Первое направление исследует особенности изменения вязко-эластических свойств при выполнении физических нагрузок и потенциал мышечно-связочного аппарата при оценке спортивных резервов.

Из немногих работ в этом направлении стоит выделить исследование Gervasi M. et al. [12], в котором была показана корреляционная связь между S сухожилия надколенника (СН) и четырехглавой мышцы бедра (ЧМБ), ахиллова сухожилия (АС) и прямой мышцы бедра (ПМБ) и результатом прыжков в длину у юных баскетболистов. Так же впервые была показана возрастная динамика увеличения S АС. Другое важное исследование [15] было направлено на изучение взаимосвязи потребления кислорода и S АС, СН, ЧМБ и двуглавой мышцы бедра (ДМБ) при беге. Показана значительная корреляция между высокими значениями S АС и меньшим потреблением кислорода во время бега. Еще в одной работе [5] оценивалось влияние 10-минутного бега трусцой в качестве разминки на вязко-эластические свойства и температуру трехглавой мышцы голени. Показано, что после пробежки F повысилась на 6,8 %, S – на 6,7 %, D – на 13,3 %, а R снизилось на 9,2 %, при этом не выявлено связи между изменениями температуры и свойствами мышцы.

Morgan G.E. et al. [11] сравнили количественные показатели вязко-эластических свойств, происходящие в различных местах АС и икроножной мышце (ИМ) во время удержания отягощения и без него. Исследование показало, что MyotonPRO можно использовать для оценки переносимости веса отягощения.

Эти исследования открывают новые стратегии тренировочного процесса для улучшения спортивного результата и оценки возможных функциональных резервов мышечно-суставного аппарата спортсмена.

Вторым направлением является изучение особенностей вязко-эластических свойств нижних конечностей после перенесенных травм и различных нарушениях в состоянии здоровья спортсменов.

Так в серии работ Nъsez F.J. et al [7] было показано, что у ранее травмированных (повреждение подколенного сухожилия) высококвалифицированных футболистов значительно более высокие значения F и S, и более низкое R и C в ДМБ, чем у здоровых спортсменов. Этим же коллективом авторов [9] продемонстрировано, что ранее травмированные высококвалифицированные футболисты имеют значительно более высокую S ДМБ как

на травмированной, так и на неповрежденной ноге, в сравнении со здоровыми футболистами.

Схожая тенденция была обнаружена в двух следующих исследованиях. В первом из них [13] авторы показали, что спортсмены с нестабильностью голеностопного сустава имели более высокие значения F и S, более низкие R и C в длинной малоберцовой и передней большеберцовой мышцах. Во втором исследовании [14] были описаны различия между вернувшимися к игре после операции на АС и здоровыми высококвалифицированными бадминтонистами. Выявлена асимметрия по показателям F и S у ранее травмированных спортсменов.

Кроме того, существует работа [10], показывающая эффективность MyotonPRO при выявлении скрытых миофасциальных триггерных точек ИМ у высококвалифицированных игроков в регби.

Вышеописанные исследования демонстрируют компенсаторные механизмы, происходящие в процессе восстановления после травм. Поскольку все эти исследования проводились на высококвалифицированных спортсменах, результаты имеют важное значение не только для улучшения процесса реабилитации, но и при построении тренировочного процесса с учетом специфики травм в спорте высших достижений.

В этом направлении так же ведется работа на базе ФГБУ СПбНИИФК [2, 3, 4]. За последние несколько лет проведена обширная работа по изучению вязко-эластических свойств ИМ, ДМБ, ПМБ у легкоатлетов с нарушением интеллекта и легкоатлетов с нарушением зрения. Выявлено, что у спортсменов данных нозологий происходят адаптационные изменения вязко-эластических свойств, оказывающих влияние на эффективность выполнения легкоатлетических упражнений. Например, [2], у легкоатлетов с нарушением интеллекта отмечаются более высокие значения F и наименьшее R относительно другой нозологии и здоровых спортсменов. Кроме этого, показана взаимосвязь асимметрии вязко-эластических свойств мышц и их связью с техникой выполнения соревновательных упражнений в легкой атлетике [3, 4].

Отдельно о надежности использования MyotonPRO для исследования вязко-эластических свойств нижних конечностей у спортсменов показано в статье Kisilewicz A. et al. [8].

Выводы

Проведенный анализ научно-методической литературы позволил выделить два направления использования MyotonPRO для исследования вязко-эластических свойств мышечно-сухожильного аппарата нижних конечностей спортсменов. Первое предполагает использовать технологию для оценки функционального состояния и спортивных резервов организма. Второе – для изучения особенностей компенсаторных механизмов при реабилитации после травм и различных нарушениях в состоянии здоровья спортсменов.

Несмотря на малое количество работ, представленных сегодня в литературе, наш обзор показывает, что рассмотренные направления использования MyotonPRO являются актуальными и обладают большим потенциалом для оптимизации тренировочного процесса в спорте.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Библиографический список

1. Абдеррахим А. Общая характеристика повреждений мышц нижних конечностей у спортсменов (обзор литературы) // *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*. 2007. № 3. С. 6-9.
2. Красноперова, Т. В., Агеев Е. В., Барябина В. Ю. Влияние соревновательной деятельности на вязко-эластические свойства мышц спринтеров спорта ЛИН (лёгкая атлетика) // *Адаптивная физическая культура*. 2023. Т. 95, № 3. С. 18-19.
3. Красноперова, Т. В., Агеев Е. В., Барябина В. Ю. Сравнение жёсткости икроножной мышцы перед соревнованиями у спринтеров с ограниченными возможностями здоровья массовых спортивных разрядов // *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2023. Т. 18. № 3. С. 5-9.
4. Красноперова, Т. В., Белева А. Н., Иванова Г. И. Исследование биомеханических и нервно-мышечных характеристик легкоатлетического бега у спортсменов с нарушением зрения // *Адаптивная физическая культура*. – 2021. – Т. 87. № 3. – С. 17-19.
5. Acute effect of 10-minute jogging as warm-up on mechanical properties of triceps surae muscle and skin temperature in track-and-field athletes / M. Teet, S. Bacchieri, P. Mati, E. Jaan, A. Cicchella, G. Helena // *Medicinadello Sport*. 2018. Vol. 71. № 2. P. 153-163.
6. Benjamin M., Kaiser E., Milz S. Structure-function relationships in tendons: a review. *Journal of anatomy*. 2008. Vol. 212. № 3. P. 211-228.
7. Hamstring muscle architecture and myotonometer measurements in elite professional football players with a prior strained hamstring. F. J. Nьсez, J. C. Martнnez, J. A. Overberg, N. Torreno, L. Suarez-Arrones. *Biology of Sport*. 2022. Vol. 40. № 1. P. 93-99.
8. Kisilewicz A., Urbaniak M., Kawczyński A. Effect of muscle energy technique on calf muscle stiffness increased after eccentric exercise in athletes. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*. 2018. Vol. 28. № 81. P. 21-29.
9. Muscle Architecture, Morphology, and Mechanical and Functional Properties of Biceps Femoris Long Head in Professional Soccer Players with a Prior Healed Injured Hamstring. F. J. Nucez, R. Ritzmann, F. Hernandez-Abad, J. C. Martinez, L. Suarez-Arrones. *Journal of Clinical Medicine*. 2022. Vol. 11. № 23. P. 7222.
10. Myotonometric Evaluation of Latent Myofascial Trigger Points and Taut Band in Elite Athletes. O. Ozturk, O. Feyzioglu, F. Guven, T. C. Saldiran. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*. 2022. Vol. 6. № 2. P. 408-414.
11. Quantitative Weight Bearing and non-weight Bearing Measures of Stiffness in the Achilles Tendon and Gastrocnemius Muscle. G. E. Morgan, R. Martin, H. Welch, K. Morris. *Muscles, Ligaments & Tendons Journal*. 2020. Vol. 10. № 1. P. 100-110.
12. Relationship between Muscle-Tendon Stiffness and Drop Jump Performance in Young Male Basketball Players during Developmental Stages. M. Gervasi, P. Benelli, R. Venerandi, E. Fernбndez-Peca. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19. № 24. P. 17017.
13. Stefaniak W., Marusiak J., Бączkiewicz D. Heightened tone and stiffness with concurrent lowered elasticity of peroneus longus and tibialis anterior muscles in athletes with chronic ankle instability as measured by myotonometry. *Journal of Biomechanics*. 2022. Vol. 144. P. 111339.
14. Structural and mechanical properties of the Achilles tendon in senior badminton players: Operated vs. non-injured tendons. A. Bravo-Sбnchez, P. Abiбn, F. Jimenez, J. Abiбn-Vicнn. *Clinical biomechanics*. 2021. Vol. 85. P. 105366.
15. The Relationship Between Lower Limb Passive Muscle and Tendon Compression Stiffness and Oxygen Cost During Running. A. Konrad, M. Tilp, L. Mehmeti, N. Mahnič, W. Seiberl, F. K. Paternoster. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2023. Vol. 22. № 1. P. 28.

References

1. Abderrahim A. General characteristics of lower limb muscle injuries in athletes (literature review). *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*. 2007. № 3. P. 6-9. (In Russian)
2. Krasnoperova, T. V., Ageev E. V., Baryabina V. Yu. The influence of competitive activity on the viscoelastic properties of the muscles of sprinters of LIN sports (athletics). *Adaptive physical culture*. 2023. Vol. 95, No. 3, pp. 18-19. (In Russian)
3. Krasnoperova, T. V., Ageev E. V., Baryabina V. Yu. Comparison of calf muscle stiffness before competitions in sprinters with disabilities of mass sports categories. *Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports*. 2023. Vol. 18. No. 3, pp. 5-9. (In Russian)
4. Krasnoperova, T. V., Belyaeva A. N., Ivanova G. I. Investigation of biomechanical and neuromuscular characteristics of athletics running in athletes with visual impairment. *Adaptive physical culture*. 2021. Vol. 87. No. 3, pp. 17-19. (In Russian)
5. Acute effect of 10-minute jogging as warm-up on mechanical properties of triceps surae muscle and skin temperature in track-and-field athletes. M. Teet, S. Bacchieri, P. Mati, E. Jaan, A. Cicchella, G. Helena. *Medicinadello Sport*. 2018. Vol. 71. № 2, pp. 153-163.
6. Benjamin M., Kaiser E., Milz S. Structure-function relationships in tendons: a review. *Journal of anatomy*. 2008. Vol. 212. № 3, pp. 211-228.
7. Hamstring muscle architecture and myotonometer measurements in elite professional football players with a prior strained hamstring. F. J. Nьсez, J. C. Martнnez, J. A. Overberg, N. Torreno, L. Suarez-Arrones. *Biology of Sport*. 2022. Vol. 40. № 1. P. 93-99.
8. Kisilewicz A., Urbaniak M., Kawczyński A. Effect of muscle energy technique on calf muscle stiffness increased after eccentric exercise in athletes. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*. 2018. Vol. 28. № 81. P. 21-29.
9. Muscle Architecture, Morphology, and Mechanical and Functional Properties of Biceps Femoris Long Head in Professional Soccer Players with a Prior Healed Injured Hamstring. F. J. Nucez, R. Ritzmann, F. Hernandez-Abad, J. C. Martinez, L. Suarez-Arrones. *Journal of Clinical Medicine*. 2022. Vol. 11. № 23. P. 7222.

10. Myotonometric Evaluation of Latent Myofascial Trigger Points and Taut Band in Elite Athletes / O. Ozturk, O. Feyzioglu, F. Guven, T. C. Saldiran // Journal of Basic and Clinical Health Sciences. 2022. Vol. 6. №. 2. P. 408-414;
11. Quantitative Weight Bearing and non-weight Bearing Measures of Stiffness in the Achilles Tendon and Gastrocnemius Muscle. G. E. Morgan, R. Martin, H. Welch, K. Morris. Muscles, Ligaments & Tendons Journal. 2020. Vol. 10. № 1. P. 100-110.
12. Relationship between Muscle-Tendon Stiffness and Drop Jump Performance in Young Male Basketball Players during Developmental Stages. M. Gervasi, P. Benelli, R. Venerandi, E. Fernández-Peca. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. Vol. 19. №. 24. P. 17017.
13. Stefaniak W., Marusiak J., Bączkiewicz D. Heightened tone and stiffness with concurrent lowered elasticity of peroneus longus and tibialis anterior muscles in athletes with chronic ankle instability as measured by myotonometry. Journal of Biomechanics. 2022. Vol. 144. P. 111339.
14. Structural and mechanical properties of the Achilles tendon in senior badminton players: Operated vs. non-injured tendons. A. Bravo-Sánchez, P. Abiñ, F. Jimenez, J. Abiñ-Vicñ. Clinical biomechanics. 2021. Vol. 85. P. 105366.
15. The Relationship Between Lower Limb Passive Muscle and Tendon Compression Stiffness and Oxygen Cost During Running. A. Konrad, M. Tilp, L. Mehmeti, N. Mahnič, W. Seiberl, F. K. Paternoster. Journal of Sports Science & Medicine. 2023. Vol. 22. №. 1. P. 28.

Поступила в редакцию 18.03.2024

Подписана в печать 27.06.2024

Original article

UDC 376.4

DOI: 10.47438/1999-3455_2024_2_234

EVALUATION OF VISCO-ELASTIC PROPERTIES OF ATHLETES' LOWER LIMBS USING MYOTONPRO TECHNOLOGY

Tatiana V. Krasnoperova ¹, Evgeny V. Ageev ²

*St. Petersburg Research Institute of Physical Culture ^{1, 2}
St. Petersburg, Russia*

¹ *PhD in Biology, Head of the Sector for the Development of Adaptive Physical Culture and Sports for the Disabled
ph.: +7(812)600-41-16 (ext. 123), e-mail: tvkbox@gmail.com
ORCID 0000-0002-3898-8400*

² *Junior researcher
ph.: +7 (812)600-41-16 (ext. 123), e-mail: blreiz195@mail.ru
ORCID 0000-0002-3735-0982*

Abstract. The purpose of the study – to identify the possibilities of MyotonPro technology for the study of the viscoelastic properties of the lower extremities in sports. Methods and organization of research. The analysis and generalization of the results of domestic and foreign scientific research on the use of MyotonPRO technology to study the viscoelastic properties of the lower extremities in sports has been carried out. The results of the study and conclusions. The analysis of scientific and methodological literature made it possible to identify two directions of using MyotonPRO to study the viscoelastic properties of the musculoskeletal system of the lower extremities in sports. The first involves using technology to assess the functional state and athletic reserves of the body. The second is to study the features of compensatory mechanisms in rehabilitation after injuries and various disorders in the state of health of athletes. Despite the small number of works presented in the literature today, our review shows that the considered areas of use of MyotonPRO are relevant and have great potential for optimizing the training process in sports.

Keywords: myotonometry, muscle tone, relaxation time, sports activity, rehabilitation, functional state

Cite as: Krasnoperova, T. V., Ageev, E. V. (2024) Evaluation of visco-elastic properties of athletes' lower limbs using MyotonPRO technology. Physical Culture and Health. (2), 234-237. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.47438/1999-3455_2024_2_234.

Received 18.03.2024

Accepted 27.06.2024