

УДК 796.015.68:611.73:796.344

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-3-14>



Изменение функционального состояния скелетных мышц бадминтонистов при формировании механизма адаптации к двигательной деятельности

К. К. Бондаренко^{1,2}, А. Е. Бондаренко^{1,2}, М. М. Коршук²

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Определить характер адаптации скелетных мышц при выполнении специальных упражнений в бадминтоне.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 6 студентов Гомельского государственного медицинского университета, занимающихся бадминтоном, в возрасте 18–20 лет. Тестирование функционального состояния скелетных мышц проводилось методом миометрии при помощи миометра «MYOTON-3» и программного обеспечения «Myoton».

Результаты. Результаты исследования показали, что применение специальных упражнений на протяжении 8-недельных микроциклов способствует формированию адаптации скелетных мышц к выполнению специальных соревновательных упражнений высокой интенсивности, выраженные в частоте колебания в расслабленном состоянии в диапазоне 11–15 Гц. Процессы адаптации мышечной деятельности оказывают влияние на улучшение траектории звеньев тела спортсмена, происходит снижение нагрузки на суставные сочленения верхних конечностей, выраженное в показателях индекса мышечного декремента не менее 0,6 у. е., а индекса жесткости — не ниже 0,45 N/m.

Заключение. Изменение функционального состояния скелетных мышц в результате целенаправленного воздействия способствует повышению силового потенциала, что ведет и к повышению результативности игровой деятельности.

Ключевые слова: скелетные мышцы, функциональное состояние, параметры нагрузки, бадминтон

Вклад авторов. Бондаренко К.К.: концепция и организация исследования, сбор материала, анализ публикаций по теме, статистическая обработка данных, анализ результатов исследования; Бондаренко А.Е.: анализ публикаций по теме исследования, аналитическая оценка содержания исследования, обсуждение полученных результатов, подготовка статьи к публикации; Коршук М.М.: сбор материала и создание базы данных, получение экспериментальных данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Бондаренко К.К., Бондаренко А.Е., Коршук М.М. Изменение функционального состояния скелетных мышц бадминтонистов при формировании механизма адаптации к двигательной деятельности. *Проблемы здоровья и экологии.* 2023;20(3):107–115. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-3-14>

Changes in the functional state of the skeletal muscles of badminton players during the formation of the mechanism of adaptation to motor activity

Konstantin K. Bondarenko^{1,2}, Alla Ye. Bondarenko^{1,2}, Mihail M. Korshuk²

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. Determination of the nature of adaptation of skeletal muscles when performing special exercises in badminton.

Materials and methods. The study involved 6 students, aged 18 - 20, of Gomel State Medical University practicing badminton. Testing of the functional state of skeletal muscles was carried out by myometrics method using myometer “MYOTON-3” and software “Myoton”.

Results. The results of the study showed that the application of special exercises during 8-week microcycles promotes the formation of skeletal muscle adaptation to the performance of special competitive exercises of high intensity, expressed in the frequency of oscillation in a relaxed state in the range of 11-15 Hz. The processes of adaptation of muscular activity have an impact on improving the trajectory of the athlete's body links, there is a decrease in the load on the articular joints of the upper limbs, expressed in terms of the muscle decrement index of at least 0.6 c.u., and the stiffness index of at least 0.45 N/m.

Conclusions. Changes in the functional state of skeletal muscles as a result of a targeted impact contribute to an increase in strength potential, which leads to an increase in the performance of game activity.

Keywords: *skeletal muscles, functional state, load parameters, badminton*

Author contributions. Bondarenko K.K.: concept and organization of the study, collection of material, analysis of publications on the topic, statistical data processing, analysis of the study results; Bondarenko A.Ye.: analysis of publications on the research topic, analytical evaluation of the research content, discussion of the results, preparation of an article for publication; Korshuk M.M.: collection of material and creation of a database, obtaining experimental data.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Bondarenko KK, Bondarenko AYe, Korshuk MM. Changes in the functional state of the skeletal muscles of badminton players during the formation of the mechanism of adaptation to motor activity. *Health and Ecology Issues*. 2023;20(3):107–115. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-3-14>

Введение

При выполнении удара в бадминтоне, равно как и при выполнении удара в большом теннисе и бросков мяча в гандболе, главную роль играет плечо. В работе плечевого сочленения участвуют несколько суставов, имеющих большое количество степеней свободы и, следовательно, очень высокую степень подвижности, что является как преимуществом, так и недостатком [1]. С одной стороны, это позволяет осуществлять большое количество движений, с другой — сустав, в частности плечелопаточный, очень нестабилен, и для выполнения движения костные части, составляющие сустав (лопатка и плечевая кость), должны выполнять скоординированные движения (сгибание — разгибание и отведение — приведение плечевой кости) [2].

В исследованиях удара в бадминтоне различными авторами в основном рассматриваются кинематические параметры движения, определяющиеся траекториями звеньев бьющей руки [3, 4]. При этом выявлено, что сила удара на две трети связана с внутренней скоростью вращения руки, которая в основном отвечает за конечную скорость головки ракетки и, следовательно, за удар, в то время как локтевая пронация и сгибание запястья составляют только треть генерации усилий [5, 6].

Мышечные усилия во время удара бывают эксцентрическими и концентрическими. Спортсмен должен не только генерировать значительную силу за короткий промежуток времени, но и сохранять достаточный контроль движения для достижения точности удара [7]. Кроме того, одна и та же мышца может выполнять противоположные функции при изменении

движения. Например, во время фазы замаха в основном активируются внешние вращатели плеча (надостная, подостная, подлопаточная и малая круглая мышцы), но также активизируются внутренние вращатели плеча (большая грудная мышца и широчайшая мышца спины) для защиты сустава, ограничивая диапазон движений [8]. В фазе ударного действия те же самые внутренние вращатели будут выполнять функцию генерирования силы удара, в то время как внешние вращатели будут задействованы в фазе эксцентрического замедления движения. В результате мышечная координация будет иметь важное значение для реализации траекторий движения, а оптимизация чередующихся фаз активации мышц-агонистов и мышц-антагонистов имеет важное значение для реализации удара [9].

Существуют различия в характере выполнения движения в зависимости от уровня развития навыка и адаптации мышечной деятельности. В частности, в ранее проведенных исследованиях выявлено, что прекращение мышечной активности в трехглавой мышце плеча и локтевом сгибателе запястья сразу после удара характерно для тренированных спортсменов, тогда как у начинающих наблюдается длительная мышечная активация, приводящая к совместным сокращениям мышц-агонистов и мышц-антагонистов и, следовательно, к потере упругости мышечной ткани, приводящей к дополнительному расходу энергии [10, 11]. Спортсмены с высоким уровнем адаптации к выполнению заданных двигательных действий, по-видимому, могут быстрее связывать различные сокращения и контролировать конец движения с большей точ-

ностью, чем спортсмены с низким уровнем приспособительных механизмов [12].

Цель исследования

Определить характер адаптации скелетных мышц при выполнении специальных упражнений в бадминтоне.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 6 студентов-юношей учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет», занимающихся бадминтоном не менее двух лет, в возрасте 18–20 лет.

Тестирование функционального состояния скелетных мышц проводилось методом миоэлектрики при помощи миометра «MYOTON-3» и программного обеспечения к нему.

Функциональное состояние скелетных мышц определялось посредством прижатия к точке исследуемой мышцы индентора массой $m = 20$ г на площади $S = 7,07$ мм² для уравновешивания силы тяжести mg . При помощи датчика ускорения индентору придавалась скорость и производился дозированный удар на исследуемую ткань, в результате чего происходила динамическая реакция скелетных мышц, вызывающая затухающие колебания без нарушения контакта. Посредством анализа биомеханических колебаний нами определялись частота колебаний мышцы (Гц), характеризующая напряжение мышцы (в расслабленном состоянии), и сила мышц (в напряженном состоянии); декремент колебания мышцы, характеризующий ее эластичность; жесткость мышцы (N/m), характеризующая ее способность оказывать сопротивление изменениям формы в результате воздействия внешних сил. Наряду с обозначенными параметрами рассчитываются индекс жесткости, характеризующий силовой потенциал мышцы, и индекс декремента, определяющий эффективность мышечной работы [13]. На основании собственных многолетних исследований и данных литературных источников для исследуемой группы мышц были обозначены диапазоны нормы, соответствующие нормальному функциональному состоянию скелетных мышц и адекватности реагирования на предлагаемую физическую нагрузку. В частности, диапазон нормальной частоты колебания скелетной мышцы в расслабленном состоянии находится в периоде от 11 до 15 Гц. Диапазон частоты колебания скелетной мышцы в напряженном состоянии имеет показатель от 22 до 40 Гц. При этом следует учитывать, что если при переходе из расслабленного состояния в на-

пряженное не наблюдается заметное увеличение частоты колебаний, то это свидетельствует о нарушении нормального функционирования скелетной мышцы. Параметры индекса декремента при нормальной эластичности стремятся к единице или превышают ее. Снижение показателя до значения менее 0,6 у. е. свидетельствует о низких свойствах скелетной мышцы выполнять работу с максимальной амплитудой изменения формы и, следовательно, о низкой ее эффективности. Параметры нормального силового потенциала скелетной мышцы находятся в значениях, близких к единице. Снижение индекса жесткости ниже 0,45 N/m свидетельствует о невозможности скелетной мышцы нормально рекуперировать механическую энергию при динамическом движении.

Анализ функционального состояния скелетных мышц определялся по средним значениям исследуемых миоэлектрических показателей и соотношению их с диапазонами нормы.

Биомеханическому анализу подвергались восемь скелетных мышц: локтевой сгибатель запястья (LatDor), плечелучевая мышца (BrRad), двуглавая мышца плеча (BicBra), длинная головка трехглавой мышцы плеча (TricBraL), передняя часть дельтовидной мышцы (Delt), большая грудная мышца (Pect), трапецевидная мышца (верхний участок) (Trap), подостная мышца (InfraSpin).

С учетом проводимого видеоанализа движения на основании биомеханических характеристик выполнения самого мощного удара в бадминтоне — «смеш» нами было выделено четыре фазы удара.

В первой фазе (замах) выполняются предварительные действия, направленные на отведение бьющей руки с ракеткой в противоположную сторону направления удара и предварительное растягивание скелетных мышц, выполняющих основную функцию обеспечения ударного движения. В конце этой фазы происходит изменение положения плечевой кости за счет поднимания вверх ее дистального конца, во время которой он отводит конечность с выполнением внешнего вращения при максимальном сгибании локтя.

Вторая фаза (ударное действие) направлена на придание максимальной скорости движения в локтевом суставе и передачи импульса от более крупных групп мышц с обгоном звеньев в конечную точку приложения силы — головку ракетки. Для этого выполняется быстрое внутреннее вращение плеча с разгибанием руки в локтевом суставе. Непосредственно перед ударом происходит сгибание запястья в сочетании с пронаци-

ей предплечья для создания дополнительного ускорения на уровне кисти и, следовательно, на уровне головки ракетки.

В третьей фазе движения происходит ударное взаимодействие ракетки с воланом, в результате которого происходит деформация соударяемых предметов.

Последняя фаза является фазой послеударных действий, она начинается после прекращения контакта ракетки с воланом и выполняет торможение верхней конечности.

В качестве дизайна исследования использовались пред- и постэкспериментальное определение изменения функционального состояния скелетных мышц при выполнении в бадминтоне специальных упражнений заданной направленности на формирование механизма адаптации скелетных мышц к заданной двигательной деятельности.

Для оценки изменений функционального состояния скелетных мышц спортсменам было предложено выполнить 10 серий по 25 ударов с интервалом вылета волана в одну секунду. Удары выполнялись из задней зоны площадки и были ограничены линией 4 м от линии подачи. Спортсмены должны были выполнять длинный удар в целевую зону обозначенного коридора противоположной площадки. Интервал отдыха между сериями составлял 2,5 мин., во время которого проводилось исследование функционального состояния скелетных мышц.

Результаты и обсуждение

Динамика функциональных показателей скелетных мышц позволила определить характер адекватности восприятия организмом спортсмена предлагаемых нагрузок (рисунок 1).

Показатели частоты колебания скелетных мышц в расслабленном состоянии в начале исследования показали неоднородность восприятия предлагаемой нагрузки. В частности, параметры локтевого сгибателя запястья, двуглавой мышцы плеча, большой грудной мышцы и трапециевидной мышцы на протяжении всех десяти серий находятся в диапазоне нормы (11–15 Гц). Показатели плечелучевой мышцы после пятой серии упражнения имеют значение выше 15 Гц, что свидетельствует о снижении ее функциональных возможностей, характеризующееся высоким тонусом. Это снижает скорость восстановительных процессов и ведет к снижению межмышечной координации. Данное состояние скелетной мышцы может привести к изменению траектории движения в суставе и, как следствие, к его травмированию. Следовательно, на основании показателей частоты колебаний, не превышающих 15 Гц, оптимальное количество серий выполняемого упражнения для данной мышцы

не должно превышать четырех. Рассматривая параметры частоты колебаний для оставшихся скелетных мышц на основании соответствия диапазону нормального реагирования на предлагаемую нагрузку, можно прийти к заключению, что для дельтовидной мышцы пределом выполнения упражнения будут являться шесть серий, для трехглавой мышцы плеча — восемь серий, для подостной — семь серий.

Частота колебаний скелетных мышц в напряженном состоянии позволила выявить параметры силовых проявлений. Данные показатели двуглавой мышцы плеча, дельтовидной мышцы, большой грудной мышцы и трапециевидной мышцы на протяжении всех серий упражнений находились в диапазоне адекватного реагирования — не менее 22 Гц частоты колебания, что позволяло им генерировать достаточно усилий для выполнения движения руки по заданным траекториям. Для локтевого сгибателя запястья на фоне утомления после седьмой серии упражнения отмечается значительное снижение силовых возможностей ($21,6 \pm 0,41$ Гц), что влияет как на силу выполняемого удара, так и на возможность удерживать звено в заданной траектории движения. Кроме того, это является возможной предпосылкой травмирования в суставе. Аналогичные показатели отмечаются и для плечелучевой мышцы, длинной головки трехглавой мышцы плеча и подостной мышцы с той лишь разницей, что для последней недостаточное генерирование усилий отмечается после восьмой серии выполнения упражнения ($21,7 \pm 0,34$ Гц).

Индекс жесткости, характеризующий наряду с силовым потенциалом скелетной мышцы и ее способность оказывать сопротивление изменениям формы в результате воздействия внешних сил, находился в границах нормы (диапазон показателя выше $0,45$ N/m) только для двуглавой мышцы плеча, большой грудной и трапециевидной мышц. При этом данный показатель для локтевого сгибателя запястья и плечелучевой мышцы был в границах нормы, составляя не более пяти серий, для трехглавой мышцы плеча — не более шести, дельтовидной и подостной мышц — не более семи серий, после чего отмечалось снижение показателя ниже границы нормы в $0,45$ N/m.

Индекс декремента, характеризующий мышечную эластичность, т. е. способность мышцы восстанавливать исходную форму после сокращения, и имеющий границу показателя не ниже $0,6$ у. е., не выявил отклонений у двуглавой мышцы плеча, дельтовидной, большой грудной и трапециевидной мышц, в то время как у трехглавой мышцы плеча и подостной мышцы нор-

мальное состояние отмечалось на протяжении девяти серий, а у локтевого сгибателя запястья и плечелучевой мышцы — шести серий, после чего данный показатель был ниже порога значения в 0,6 у. е.

После проведения исследования реакции скелетных мышц на серийное выполнение специальных физических упражнений нами была разработана 8-недельная программа тренировочных нагрузок для формирования механизма адаптации скелетных мышц, обеспечивающих структуру двигательных действий при выполнении одного из основных ударных действий в бадминтоне — «смеш». В течение последующих восьми тренировочных микроциклов, включавших по три тренировочных занятия, спортсменам было предложено выполнить специальные упражнения на имитацию заданных движений без акцентированного усилия. Данные упражнения выполнялись в конце каждого тренировочного занятия в течение 15–20 минут. Структура выполняемых упражнений моделировала работу скелетных мышц в заданных диапазонах движения.

В соответствии с дизайном исследования по окончании экспериментального периода, направленного на формирование механизма адаптации мышечной деятельности, было проведено повторное исследование функционального состояния скелетных мышц при выполнении 10 серий по 25 ударов «смеш».

Результаты функционального состояния восьми исследуемых мышц показали, что на протяжении выполнения десяти серий удара «смеш» параметры мышечного тонуса в расслабленном (диапазон нормы частоты колебания — 11–15 Гц) и напряженном состоянии (диапазон нормы частоты колебания — 22–40 Гц), а также силовой потенциал мышцы (значение показателя более 0,45 N/m) и эффективность мышечной работы (по величине индекса декремента не менее 0,6 у. е.) находятся в границах нормы. Это свиде-

тельствует о том, что предлагаемые средства, методы их применения и режимы физических нагрузок, используемые в течение 15–20 минут на каждом тренировочном занятии на протяжении 8-недельных микроциклов, способствуют формированию адаптации скелетных мышц к выполнению специальных соревновательных упражнений высокой интенсивности (рисунок 2).

Заключение

Показана возможность формирования адаптации скелетных мышц в течение 8-недельных микроциклов для адекватности восприятия серийного выполнения специальных упражнений заданной направленности. Выявлен характер снижения исследуемых показателей в зависимости от количественных параметров серийности выполнения упражнения. Показано, что целенаправленное и систематическое использование вспомогательных средств оказывает влияние на характер формирования механизмов адаптации скелетных мышц к нагрузкам заданной направленности. В результате сравнения кинематики движения посредством его видеоанализа установлено, что процессы адаптации мышечной деятельности оказывают влияние на улучшение траектории движения звеньев тела спортсмена, в результате чего происходит снижение нагрузки на суставные сочленения верхних конечностей.

Изменение функционального состояния скелетных мышц в результате целенаправленного воздействия на формирование адаптационных сдвигов позволяет повысить силовой потенциал скелетных мышц, увеличить продолжительность двигательных действий без снижения способности скелетных мышц восстанавливать исходную форму после сокращения и, как следствие, повысить результативность игры.

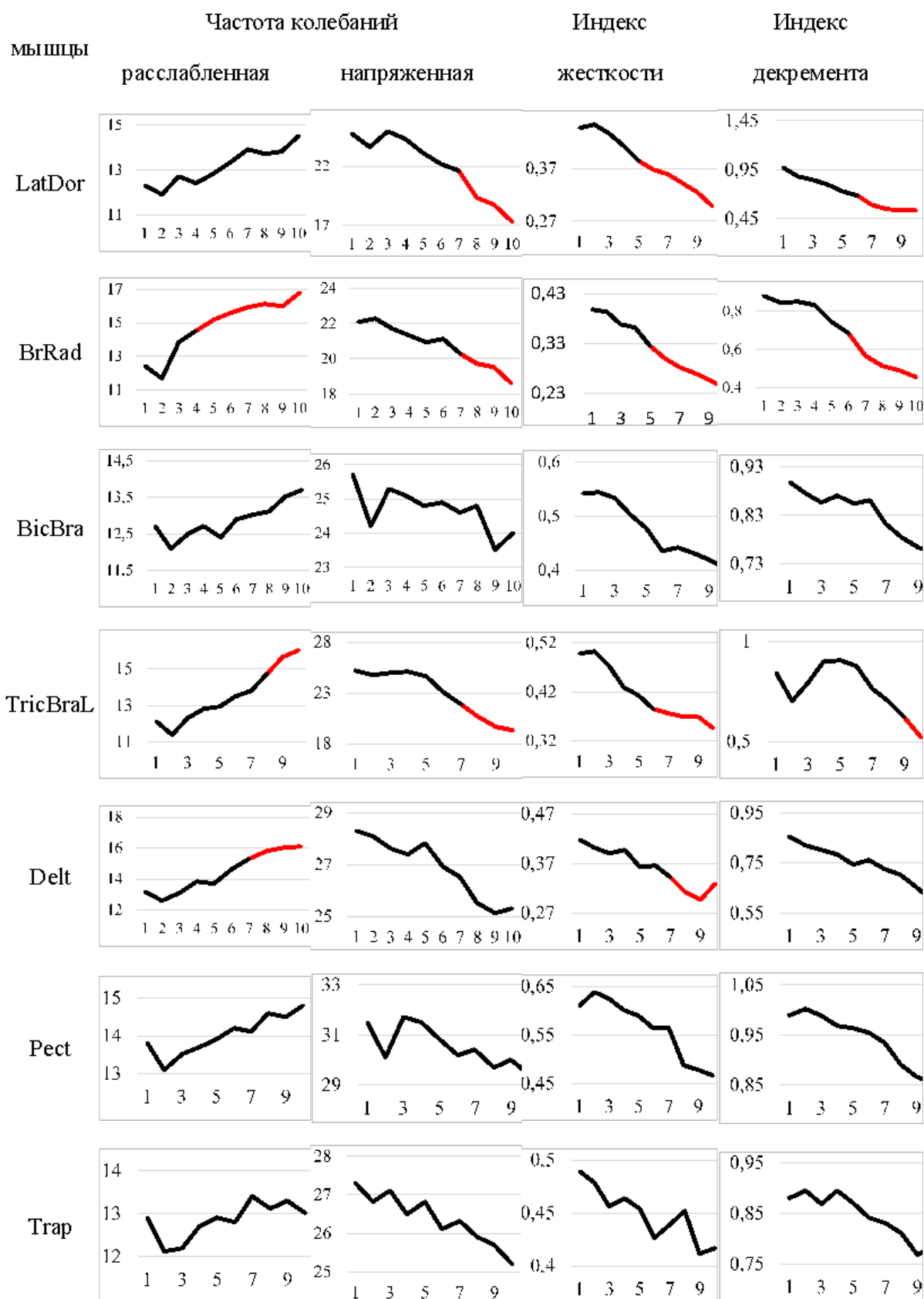


Рисунок 1. Динамика функциональных показателей скелетных мышц бадминтонистов в начале исследования
 Figure 1. Dynamics of functional indicators of skeletal muscles of badminton players at the beginning of the study

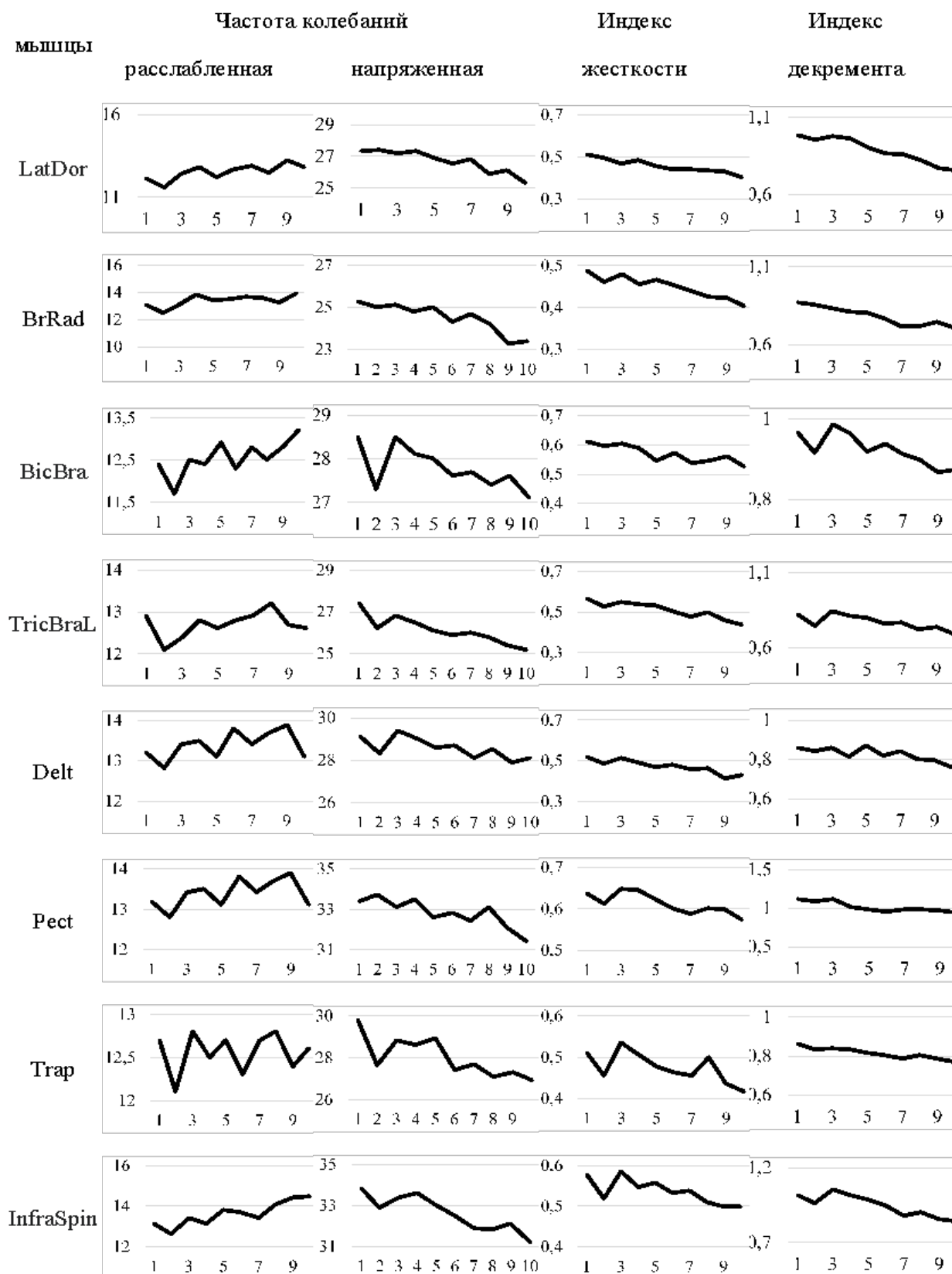


Рисунок 2. Динамика функциональных показателей скелетных мышц бадминтонистов по окончании исследования
Figure 2. Dynamics of functional indicators of skeletal muscles of badminton players at the end of the study

Список литературы / References

1. Полежаева О.Н., Лаптев А.В., Волохова С.В. Биомеханический анализ положения ударного звена при нападающем ударе в волейболе. *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2019;12(178):256-260. DOI: <https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2019.12.256-260>
Polezhaeva ON, Laptev AV, Volokhova SV. Biomechanical analysis of the position of the percussion link during an attacking blow in volleyball. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2019;12(178):256-260. (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2019.12.256-260>
2. Бондаренко К.К., Лебедь А.Д. Кинематические параметры узловых элементов в теннисной подаче. *Медицина и физическая культура: наука и практика*. 2020;2(4(8)):77-83. DOI: [https://doi.org/10.20310/2658-7688-2020-2-4\(8\)-77-83](https://doi.org/10.20310/2658-7688-2020-2-4(8)-77-83)
Bondarenko KK, Lebed AD. Kinematic parameters of key elements in tennis serve. *Medicine and physical culture: science and practice*. 2020;2(4(8)):77-83. (in Russ.). DOI: [https://doi.org/10.20310/2658-7688-2020-2-4\(8\)-77-83](https://doi.org/10.20310/2658-7688-2020-2-4(8)-77-83)
3. Илькевич К.Б., Медведков В.Д. Биомеханические особенности повышения эффективности ударов в бадминтоне. *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2019;2(168):168-171. DOI: [https://doi.org/10.20310/2658-7688-2020-2-4\(8\)-77-83](https://doi.org/10.20310/2658-7688-2020-2-4(8)-77-83)
Ikevich KB, Medvedkov VD. Biomechanical features of increasing the effectiveness of strikes in badminton. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2019;2(168):168-171. (in Russ.). DOI: [https://doi.org/10.20310/2658-7688-2020-2-4\(8\)-77-83](https://doi.org/10.20310/2658-7688-2020-2-4(8)-77-83)
4. Коршук М.М., Бондаренко А.Е. Использование видеоанализа движения для обучения подаче в бадминтоне. В: Сб. науч. ст. «Физическая культура и спорт в современном мире», Г.И. Нарский (гл. ред.) [и др.]. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. Гомель: 2021:233-237.
Korshuk MM, Bondarenko AE. Using video motion analysis to teach badminton serving. In the col. scientific Art. "Physical culture and sport in the modern world", G.I. Nar-skin (editor-in-chief) [et al.]. Gomel: F. Skaryna GSU. Gomel: 2021:233-237. (In Russ.).
5. Таштариан М., Шалманов А.А., Жигун Е.Е. Биомеханизм разгибания ног при выполнении форхенд удара «смеш» на месте и в прыжке в бадминтоне. *Теория и практика физической культуры*. 2015;(8):66-68.
Tashtarian M, Shalmanov AA, Zhigun EE. Biomechanism of leg extension during forehand hit "mix" on the spot and while jumping in badminton. *Theory and practice of physical culture*. 2015;(8):66-68. (in Russ.).
6. Bondarenko KK, Chernous DA, Shilko SV. Biomechanical interpretation of skeletal muscles miometry for sportsmen. *Russian Journal of Biomechanics*. 2009; 13:1:7-17.
7. Шевченко С.Т. Использование методов биомеханических исследований, как средство обучения и совершенствования навыков физических упражнений. *Вестник Северо-Восточного государственного университета*. 2017;(28):34-37.
Shevchenko ST. Using the methods of biomechanical research as a means of teaching and improving the skills of physical exercises. *Bulletin of the North-Eastern State University*. 2017;(28):34-37. (in Russ.).
8. Бондаренко К.К., Новик Г.В., Бондаренко А.Е. Кинезиологические основы выполнения физических упражнений: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ; 2021.
Bondarenko KK, Novik GV, Bondarenko AE. Kinesiological bases of physical exercises fulfillment: textbook.-method. allowance. Gomel: GomGMU; 2021.
9. Shil'ko SV, Chernous DA, Bondarenko KK. Generalized Model of a Skeletal Muscle. *Mechanics of Composite Materials*. 2016;51:789-800. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11029-016-9549-4>
10. Румянцева Э.Р., Тарасова Е.В. Особенности адаптации нервно-мышечного аппарата бадминтонистов к асимметричным нагрузкам в тренировочном процессе. *Человек. Спорт. Медицина*. 2020;20(4):69-77. DOI: <https://doi.org/10.14529/hsm200408>
Rumyantseva ER, Tarasova EV. Features of the adaptation of the neuromuscular apparatus of badminton players to asymmetric loads in the training process. *Human. Sport. Medicine*. 2020;20(4):69-77. (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14529/hsm200408>
11. Бондаренко А.Е. Влияние функционального состояния организма на формирование механизма «срочной» адаптации: В сб. науч. тр. «Современные технологии физического воспитания и спорта в практике деятельности физкультурно-спортивных организаций» Всерос. науч.-пр. конф. и Всерос. конк. науч. раб. в обл. и физич. культ., спорта и безопасности жизни-ти, 2019 26 апреля; Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2019:226-231.
Bondarenko AE. Influence of the functional state of the body on the formation of the mechanism of "urgent" adaptation: In the col. scientific papers "Modern technologies of physical education and sports organizations" all-Rus. scientific-pr. conf. and all-Rus. conc. scientific slave. in the region and physical. cult., sports and life safety, 2019 April 26; Yelets: Yelets State University I.A. Bunina, 2019:226-231. (in Russ.).
12. Нопин С.В., Копанев А.Н., Абуталимова С.М. Современные системы тестирования и анализа движений человека. *Современные вопросы биомедицины*. 2020;4(4):65-73. [дата обращения 2023 апрель 1]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sistemy-testirovaniya-i-analiza-dvizheniy-cheloveka/viewer>
Nopin SV, Kopanev AN, Abutalimova SM. Modern systems for testing and analyzing human movements. *Modern issues of biomedicine*. 2020;4(4):65-73. [date of access 2023 April 1]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sistemy-testirovaniya-i-analiza-dvizheniy-cheloveka/viewer> (in Russ.).
13. Шилько С.В., Черноус Д.А., Бондаренко К.К. Неинвазивная диагностика механических характеристик мышечной ткани. В: Сб. науч. тр. «Актуальные проблемы медицины» Республ. науч.-пр. конф. и 17-й итог. науч. сес. ГомГМУ. Гомель: 2008;4:161-164.
Shilko SV, Chernous DA, Bondarenko KK. Non-invasive diagnostics of the mechanical characteristics of muscle tissue: In the col. scientific papers "Actual problems of medicine" Republic. scientific-pr. conf. and 17th result. scientific ses. GomGMU. Gomel: 2008;4:161-164. (in Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors

Бондаренко Константин Константинович, к.п.н., доцент кафедры физического воспитания и спорта, УО «Гомельский государственный медицинский университет»; заведующий кафедрой физического воспитания и спорта, УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7383-7790>
e-mail: kostyabond67@mail.ru

Konstantin K. Bondarenko, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Gomel State Medical University, Head of the Department of Physical Education and Sports, Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7383-7790>
e-mail: kostyabond67@mail.ru

Бондаренко Алла Евгеньевна, к.п.н., доцент кафедры физического воспитания и спорта, УО «Гомельский государственный медицинский университет»; доцент кафедры теории и методики физической культуры, УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0566-0660>

e-mail: aebondarenko@gsu.by

Коршук Михаил Михайлович, старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта, УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1657-0457>

e-mail: korshukmisha@gmail.com

Alla Ye. Bondarenko, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Gomel State Medical University; Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture, Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0566-0660>

e-mail: aebondarenko@gsu.by

Mihail M. Korshuk, Senior Lecturer of the Department of Physical Education and Sports, Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1657-0457>

e-mail: korshukmisha@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Бондаренко Константин Константинович

e-mail: kostyabond67@mail.ru

Konstantin K. Bondarenko

e-mail: kostyabond67@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 16.02.2023

Поступила после рецензирования / Accepted 24.03.2023

Принята к публикации / Revised 11.08.2023