

УДК: 612.015.2:[796.07-056.253:611.018.26]

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-10>



## Особенности показателей функционального состояния организма и композиционного состава тела у спортсменов с дефицитом жировой массы

Ю. И. Брель, Г. А. Медведева

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

### Резюме

**Цель исследования.** Провести оценку особенностей композиционного состава тела и параметров анаэробной и аэробной работоспособности у спортсменов, имеющих выраженный дефицит содержания жировой массы тела в организме.

**Материалы и методы.** Обследовано 40 спортсменов мужского пола, средний возраст —  $19 \pm 1,12$  года, спортивная специализация — циклические виды спорта (гребля на байдарках и каноэ, бег), квалификация — кандидаты в мастера спорта, мастера спорта. Исследование композиционного состава тела проводилось методом биоимпедансного анализа с использованием биоимпедансного анализатора ABC-01 «Медасс». Определение показателей аэробной и анаэробной (креатинфосфатной и гликолитической) работоспособности выполнялось с помощью системы мониторинга тренировочного процесса «Д-тест».

**Результаты.** У спортсменов с низким содержанием жировой массы показатель анаэробно-креатинфосфатной работоспособности был значимо ниже ( $p = 0,026$ ), а показатели процентного содержания мышечной массы и удельного обмена значимо выше ( $p = 0,002$  и  $p = 0,015$  соответственно) в сравнении с группой спортсменов с нормальным, соответствующим фитнес-стандарту содержанием жировой массы.

**Заключение.** У спортсменов мужского пола, занимающихся циклическими видами спорта, наличие выраженного дефицита содержания жировой массы в организме ассоциируется с уменьшением мощности анаэробно-креатинфосфатной системы энергообеспечения мышечной работы, но не вызывает снижения содержания скелетно-мышечной массы в организме.

**Ключевые слова:** спортсмены, биоимпедансный анализ, композиционный состав тела, жировая масса тела, аэробная и анаэробная работоспособность

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию для публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Источники финансирования.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Брель ЮИ, Медведева ГА. Особенности показателей функционального состояния организма и композиционного состава тела у спортсменов с дефицитом жировой массы. Проблемы здоровья и экологии. 2022;19(3):73–78. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-10>

## Characteristics of functional status and body composition parameters in athletes with reduced fat mass

Yulia I. Brel, Galina A. Medvedeva

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

### Abstract

**Objective.** To assess the characteristics of body composition and the parameters of anaerobic and aerobic work capacity in athletes having marked reduction in body fat mass.

**Materials and methods.** 40 male athletes were examined, their mean age was  $19 \pm 1.12$ , their sports specialization was cyclic sports (kayaking, canoeing, running), qualification – candidates for master of sports, masters of sports. The body composition was studied by the method of bioimpedance analysis using an ABC-01 Medass bioimpedance analyzer. The determination of aerobic and anaerobic (creatine phosphate and glycolytic) work capacity was carried out using the D-test training process monitoring system.

**Results.** The anaerobic creatine phosphate work capacity index in athletes with reduced body fat was significantly lower ( $p=0.026$ ), and the muscle mass percentage and specific metabolism level were significantly higher ( $p=0.002$  and  $p=0.015$ , respectively), in comparison with the group of athletes with normal body fat according to fitness standards.

**Conclusion.** Marked reduced body fat mass in male athletes doing cyclic sports is associated with decreased capacity of the anaerobic creatine phosphate energy system of muscles but does not cause a decrease in body's skeletal muscle mass.

**Keywords:** *athletes, bioimpedance analysis, body composition, body fat mass, aerobic and anaerobic work capacity*

**Author contributions.** All the authors have made a significant contribution to the search and analytical work and preparation of the article, read and approved the final version before publication.

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

**Funding.** The study was conducted without sponsorship.

**For citation:** *Brel Yul, Medvedeva GA. Characteristics of functional status and body composition parameters in athletes with reduced fat mass. Health and Ecology Issues. 2022;19(3):73–78. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-3-10>*

## Введение

В настоящее время в условиях роста тренировочных и соревновательных нагрузок, наблюдаемых в современном спорте, одной из актуальных задач спортивной медицины является выявление и профилактика нарушений функционального состояния организма спортсменов. Одним из механизмов развития данных нарушений, приводящих к снижению спортивной результативности, является недостаточное энергетическое обеспечение организма, неадекватное расходу энергии на физические нагрузки [1].

Международным олимпийским комитетом было предложено понятие синдрома относительной энергетической недостаточности спортсменов, включающее нарушение многих физиологических функций (синтез белка, состояние костной ткани, сердечно-сосудистой и эндокринной систем и др.) [2, 3]. Механизмы развития данного синдрома в первую очередь включают изменение функционирования гипоталамо-гипофизарной системы, вызванное дефицитом энергетических субстратов и приводящее к уменьшению секреции гонадотропинов и половых гормонов. Согласно литературным данным, синдром относительной энергетической недостаточности также сопровождается нарушением функционирования других гормональных механизмов (в частности, секреции тиреоидных гормонов, лептина, соматотропина), что оказывает влияние на все виды обмена веществ, может приводить к снижению основного обмена, запасов гликогена и синтеза белка в мышечной ткани и, как следствие, негативно отражается на работоспособности спортсменов и спортивной результативности [4–6].

Дефицит энергетических субстратов, как правило, проявляется снижением содержания жировой массы тела, что позволяет рассматривать данный показатель как один из критериев нарушения энергетического баланса организма. Активное изучение вопросов взаимосвязи изменений энергетического баланса, дефицита жировой массы тела и нарушений функционального состояния при интенсивных физических нагрузках проводилось преимущественно у жен-

щин-спортсменок в связи с обнаружением у них так называемой «женской спортивной триады» — синдрома, включающего нарушения менструального цикла, пищевого поведения и снижение плотности минерализации костной ткани [3, 4]. В настоящее время актуальным является изучение частоты выявления и характера нарушений функционального состояния, связанных с недостаточным энергообеспечением организма, у мужчин, занимающихся спортом.

## Цель исследования

Оценка особенностей композиционного состава тела и показателей анаэробной и аэробной работоспособности спортсменов мужского пола, имеющих сниженное процентное содержание жировой массы в организме.

## Материалы и методы

Обследование проведено на базе Научно-практического центра спортивной медицины УЗ «Гомельский областной диспансер спортивной медицины» в подготовительный период тренировочного цикла. В обследовании приняли участие 40 спортсменов-мужчин (средний возраст  $19 \pm 1,12$  года, спортивная специализация — гребля на байдарках, легкая атлетика, квалификация — кандидаты в мастера спорта, мастера спорта). Исследование композиционного состава тела проводилось методом биоимпедансного анализа, основанного на измерении электрической проводимости биологических тканей, с использованием биоимпедансного анализатора ABC-01 «Медасс» (НТЦ «Медасс», Россия). Определение показателей аэробной и анаэробной (креатинфосфатной и гликолитической) работоспособности выполнялось с помощью системы мониторинга тренировочного процесса «Д-тест» (Республика Беларусь), в основе работы которой лежит анализ дифференциальных кардиограмм по методике С. А. Душанина. Данная методика базируется на сопряженности скорости деполяризации миокарда правого и левого желудочков, определяемой по величинам процентного отношения амплитуд зубцов R к

сумме амплитуд R и S в правых и левых грудных отведениях ЭКГ покоя, с метаболическими показателями соответственно анаэробной и аэробной физической работоспособности [7]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета прикладных программ «Statistica», 6.0. В связи с асимметричным распределением показателей результаты представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25-й и 75-й перцентили). Достоверность различий между спортсменами двух групп оценивалась с помощью непараметрического критерия Манна — Уитни. Результаты анализа считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

Биоимпедансный анализ является сравнительно новой диагностической методикой, основанной на измерении электрической проводимости биологических тканей, и позволяет исследовать основные параметры композиционного состава тела, такие как абсолютное (в килограммах) и относительное (в процентах) содержание тощей, жировой, мышечной и активной клеточной массы в организме, а также оценить

интенсивность обменных процессов по показателям основного обмена (суточный расход калорий в состоянии покоя) и удельного обмена (отношение значения основного обмена к площади поверхности тела) [8, 9].

По результатам биоимпедансного анализа состава тела в соответствии с границами диапазонов нормальных значений (рассчитанных анализатором в зависимости от пола и возраста обследуемых) спортсмены были разделены на 2 группы:

1) спортсмены со сниженным содержанием жировой массы (истощение) — менее 12 % от массы тела ( $n = 12$ );

2) спортсмены с нормальным процентным содержанием жировой массы, соответствующим фитнес-стандарту — 13–17 % от массы тела ( $n = 28$ ).

Значения индекса массы тела (ИМТ) у всех спортсменов обеих групп находились в пределах возрастной нормы.

Результаты сравнительной оценки показателей биоимпедансного анализа состава тела и аэробной и анаэробной работоспособности у данных групп спортсменов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели композиционного состава тела и аэробной и анаэробной работоспособности у спортсменов в зависимости от процентного содержания жировой массы в организме  
Table 1. Indices of body composition and aerobic and anaerobic work capacity in athletes depending on body fat mass percentage

Показатели	Спортсмены с низким содержанием жировой массы ( $n = 12$ )	Спортсмены с нормальным содержанием жировой массы ( $n = 28$ )
Рост (см)	178 (176; 183)	180 (176; 188)
Масса тела (кг)	70,5 (66,5; 76,0)	74,0 (70,0; 82,5)
Индекс массы тела	22,1 (21,2; 22,8)	23,0 (21,5; 24,2)
Фазовый угол (градус)	8,3 (7,7; 9,5)	8,4 (8,1; 8,9)
Тощая масса (кг)	63,0 (60,5; 69,7)	64,1 (60,8; 70,6)
Жировая масса (кг)	6,9 (5,1; 7,5)*	10,0 (9,1; 12,8)
Жировая масса (%)	9,4 (7,3; 10,5)*	13,6 (12,9; 15,1)
Мышечная масса (кг)	35,7 (34,6; 40,3)	36,1 (33,9; 39,4)
Мышечная масса (%)	57,1 (56,2; 57,6)*	56,0 (55,5; 56,5)
Активная клеточная масса (кг)	41,5 (38,7; 45,5)	40,9 (37,9; 46,2)
Доля активной клеточной массы (%)	63,8 (61,3; 67,4)	63,7 (62,3; 65,3)
Общая жидкость (кг)	46,1 (44,3; 51,0)	46,9 (44,5; 51,7)
Основной обмен (ккал)	1927 (1841; 2055)	1908 (1814; 2077)
Удельный обмен (ккал/м <sup>2</sup> )	1011 (994; 1030)*	984 (954; 1008)
Анаэробно-креатинфосфатная мощность (%)	41,6 (37,5; 45,0)*	46,9 (40,5; 52,1)
Анаэробно-гликолитическая мощность (%)	42,5 (38,0; 44,9)	42,7 (37,2; 44,2)
Аэробная мощность (%)	55,8 (52,6; 57,3)	54,3 (51,6; 56,0)
Максимальное потребление кислорода (мл/мин/кг)	63,9 (60,3; 67,2)	63,5 (61,3; 66,8)

\* Различия статистически значимо в сравнении с группой спортсменов с нормальным содержанием жировой массы ( $p < 0,05$ )  
Примечание. Данные представлены в виде Me (25 %; 75 %)

В результате исследования было выявлено, что у спортсменов с низким содержанием жировой массы показатель анаэробно-креатинфосфатной мощности был значимо ниже ( $p = 0,026$ ), а показатели процентного содержания мышечной массы и удельного обмена были значимо выше ( $p = 0,002$  и  $p = 0,015$  соответственно) в сравнении с группой спортсменов с нормальным, соответствующим фитнес-стандарту содержанием жировой массы. В то же время по параметрам роста, массы тела и ИМТ между группами значимых различий выявлено не было.

Полученные данные были проанализированы в соответствии с диапазоном нормальных значений исследуемых показателей композиционного состава тела. Фазовый угол биоимпеданса (специфический показатель, определяемый методом биоимпедансного анализа, в норме составляет 5,4–7,8 градусов) отражает уровень тренированности и выносливости, а также может снижаться при преобладании катаболических процессов в организме [8, 10]. Спортсменов, имеющих значения фазового угла ниже нормы, выявлено не было. В группе спортсменов с дефицитом жировой массы тела 33 % (4 человека) имели нормальные значения фазового угла, у остальных обследованных данной группы он был выше нормы. В группе спортсменов с нормальным содержанием жировой массы тела у 92,9 % (26 человек) регистрировался высокий уровень фазового угла, а нормальные значения данного показателя выявлялись у 2 обследованных (7,1 %). Содержание мышечной и тощей массы в организме у спортсменов обеих групп находилось в пределах диапазонов нормальных значений (индивидуально рассчитанных биоимпедансным анализатором в соответствии с антропометрическими характеристиками обследуемых спортсменов).

Содержание в организме активной клеточной массы (представляющей собой массу мышц, внутренних органов и нервных клеток) в норме у здоровых нетренированных лиц составляет 53–59 % массы тела, а у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта, как правило, превышает 62–63 % массы тела [10, 11]. Содержание активной клеточной массы, согласно литературным данным, отражает активность метаболических процессов и может снижаться при дефиците белка в организме [8, 10]. По результатам проведенного исследования у всех спортсменов как первой, так и второй группы данный показатель был выше нормы, что косвенно указывает на отсутствие нарушения белкового обмена у спортсменов обеих групп.

В целом, результаты проведенного биоимпедансного исследования состава тела позволяют сделать вывод, что дефицит жировой массы у

спортсменов мужского пола не приводит к снижению мышечной массы и нарушению белкового обмена. Это может быть обусловлено как сбалансированным рационом питания с достаточным употреблением белковых продуктов, так и высокой анаболической активностью андрогенов у спортсменов мужского пола, предотвращающих снижение мышечной массы в условиях дефицита энергосубстратов в организме. Однако в группе спортсменов с нормальным содержанием жировой массы тела наблюдалась тенденция к более высоким значениям показателя фазового угла, отражающего общий уровень тренированности и выносливости в сравнении с группой спортсменов с дефицитом жировой массы.

Изменения композиционного состава тела спортсменов при адаптации к физическим нагрузкам тесно взаимосвязаны с изменением функциональных возможностей и мощности систем энергообеспечения мышечной работы. Как известно, ресинтез аденозинтрифосфата (АТФ) в мышцах происходит с помощью трех энергосистем: фосфагенной (за счет энергии, высвобождающейся при расщеплении креатинфосфата), гликолитической (в анаэробных условиях за счет реакции гликолиза с образованием лактата) и окислительной (в аэробных условиях при окислении жиров и углеводов) [12, 13]. Оценка функционального состояния организма спортсменов с помощью системы мониторинга тренировочного процесса «Д-тест» позволяет определить следующие параметры аэробного и анаэробного энергетического метаболизма: анаэробно-креатинфосфатную мощность (определяет возможность максимального расходования креатинфосфата в скелетных мышцах), анаэробно-гликолитическую мощность (определяет потенциальные возможности накопления максимальных концентраций лактата в крови), аэробную мощность и максимальное потребление кислорода (данные показатели отражают возможности окислительной системы энергообеспечения и аэробную работоспособность). Значения анаэробно-креатинфосфатной и анаэробно-гликолитической мощности в большей степени отражают скоростно-силовые возможности, в то время как аэробная мощность определяет выносливость организма спортсменов [8, 14].

Результаты оценки показателей аэробной и анаэробной работоспособности были проанализированы в соответствии с диапазоном нормальных величин показателей, оцениваемых с помощью системы «Д-тест», согласно которым средний уровень анаэробно-креатинфосфатной мощности составляет 35–49 %, средний уровень анаэробно-гликолитической мощности — 40–49 % и средний уровень аэробной мощности — 59–64 %.

В группе спортсменов с дефицитом жировой массы тела низкий уровень анаэробно-креатинфосфатной мощности был выявлен у 16,7 % обследованных (2 человека), низкий уровень анаэробно-гликолитической мощности — у 41,7 % (5 спортсменов), а низкие значения аэробной мощности — у 83,3 % (10 спортсменов). У остальных спортсменов данной группы вышеперечисленные показатели находились в пределах среднего уровня значений. Спортсменов, имеющих высокие параметры аэробной и анаэробной (креатинфосфатной и гликолитической) работоспособности, в данной группе обследованных выявлено не было.

В группе спортсменов с нормальным содержанием жировой массы тела высокий уровень креатинфосфатной мощности был зарегистрирован у 39,3 % (11 человек), остальные обследованные имели средние значения данного показателя. Снижения креатинфосфатной мощности ниже нормы в данной группе спортсменов выявлено не было. Высокий уровень гликолитической мощности определялся у 7,1 % спортсменов данной группы (2 человека), а низкий — у 35,7 % (10 человек). Показатели аэробной мощности были снижены у 92,8 % (26 человек), у остальных регистрировались средние значения данного параметра. Высоких значений аэробной мощности в обеих группах обследованных спортсменов не было выявлено.

По результатам оценки показателей аэробной и анаэробной работоспособности можно предположить, что сниженное содержание жи-

ровой массы в организме спортсменов сопровождается в первую очередь снижением уровня анаэробно-креатинфосфатной мощности, что может быть обусловлено относительным дефицитом энергетических субстратов, необходимых для быстрого ресинтеза АТФ [12, 15]. Данные изменения могут отражать процессы недоставления организма спортсменов, имеющих дефицит жировой массы тела, и приводить к снижению скоростно-силовых качеств.

## Заключение

Таким образом, при оценке композиционного состава тела и показателей анаэробной и аэробной работоспособности спортсменов циклических видов спорта, имеющих сниженное процентное содержание жировой массы в организме, были установлены следующие особенности:

1. У спортсменов мужского пола, имеющих выраженный дефицит жировой массы тела в организме, наблюдается снижение мощности анаэробно-креатинфосфатной системы энергообеспечения мышечной работы, что отражает процессы недостаточного восстановления организма и может приводить к снижению скоростно-силовых способностей.

2. Выраженное снижение содержания жировой массы тела у спортсменов-мужчин не сопровождается уменьшением интенсивности метаболизма, снижением мышечной массы и значительными изменениями других параметров композиционного состава тела.

## Список литературы

1. Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *Journal of Sports Sciences*. 2011;29(1):7-15. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.588958>
2. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A. Authors' 2015 additions to the IOC consensus statement: Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med*. 2015;49(7):417-420. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094371>
3. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad – Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med*. 2014;48(7):491-497. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>
4. Diplá K, Kraemer R, Constantin N, Hackney A. Relative energy deficiency in sports (RED-S): elucidation of endocrine changes affecting the health of males and females. *Hormones (Athens)*. 2021;20(1):35-47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42000-020-00214-w>
5. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M, Donnell SM, Corish CA, Logue DM. Low Energy Availability in Athletes 2020: An Updated Narrative Review of Prevalence, Risk, Within-Day Energy Balance, Knowledge, and Impact on Sports Performance. *Nutrients*. 2020;12(3):835. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12030835>
6. Langan-Evans C, Germaine M, Artukovic M, Oxborough DL, Areta JL, Close GL, Morton JP, Langan-Evans C. The Psychological and Physiological Consequences of Low Energy Availability in a Male Combat Sport Athlete. *Med Sci Sports Exerc*. 2021;53(4):673-683. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002519>
7. Голец ВА, Евдокимов ЕИ. Применение многофакторной экспресс-диагностики С. А. Душанина для прогнозирования реакции на физическую нагрузку. *Физическое воспитание студентов*. 2009;3:6-12.
8. Гайворонский ИВ, Ничипорук ГИ, Гайворонский ИН, Ничипорук НГ. Биоимпедансометрия как метод оценки композиционного состава тела человека. Вестник Санкт-Петербургского университета. 2017;12(4):365-384. DOI: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2017.406>
9. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients*. 2021;13(5):1620. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13051620>
10. Сукач ЕС, Будько ЛА. Композиционный состав тела юных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта. *Проблемы здоровья и экологии*. 2018;(1):83-87. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2018-15-1-15>
11. Гудимов СВ, Шкрёбо АН, Осетров ИА, Плещеев ИЕ, Кузнецов МА. Характеристика компонентного состава тела представителей игрового и циклического видов спорта. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):45-51. DOI: <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.7>

12. Baker JS, McCormick MC, Robergs RA. Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. *J Nutr Metab*. 2010; Article ID 905612. DOI: <https://doi.org/10.1155/2010/905612>

13. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*. 2001;31(10):725-741. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>

14. Будагаев ДС, Лебединский ВЮ. Подготовка студентов лыжников-гонщиков с использованием контроля их функционального состояния по методу С. А. Душанина. Вестник КГПУ им.В.П. Астафьева. 2012;(4):80-84.

15. Bonilla DA, Kreider RB, Stout JR, Forero DA, Kerksick CM, Roberts MD, Rawson ES. Metabolic Basis of Creatine in Health and Disease: A Bioinformatics-Assisted Review. *Nutrients*. 2021;13(4):1238. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13041238>

## References

1. Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *Journal of Sports Sciences*. 2011;29(1):7-15. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.588958>

2. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A. Authors' 2015 additions to the IOC consensus statement: Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med*. 2015;49(7):417-420. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094371>

3. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad – Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med*. 2014;48(7):491-497. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>

4. Diplá K, Kraemer R, Constantin N, Hackney A. Relative energy deficiency in sports (RED-S): elucidation of endocrine changes affecting the health of males and females. *Hormones (Athens)*. 2021;20(1):35-47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42000-020-00214-w>

5. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M, Donnell SM, Corish CA, Logue DM. Low Energy Availability in Athletes 2020: An Updated Narrative Review of Prevalence, Risk, Within-Day Energy Balance, Knowledge, and Impact on Sports Performance. *Nutrients*. 2020;12(3):835. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12030835>

6. Langan-Evans C, Germaine M, Artukovic M, Oxborough DL, Areta JL, Close GL, Morton JP, Langan-Evans C. The Psychological and Physiological Consequences of Low Energy Availability in a Male Combat Sport Athlete. *Med Sci Sports Exerc*. 2021;53(4):673-683. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002519>

7. Holets VA, Evdokimov EI. The employment of S.A. Dushanin's multifactorial express diagnostics for predicting response to physical stress. *Fizicheskoe vospitanie studentov*. 2009;3:6-12. (In Russ.).

8. Gaivoronskiy IV, Nichiporuk GI, Gaivoronskiy IN, Nichiporuk NG. Bioimpedansometry as a method of the component body structure assessment. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*. 2017;12(4):365-384. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2017.406>

9. Campa F, Toselli S, Mazzilli M., Gobbo LA, Coratella G., Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients*. 2021;13(5):1620.

10. Sukach ES, Budko LA. Body composition of young athletes engaged in cyclic sports. *Health and Ecology Issues*. 2018;(1):83-87. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2018-15-1-15>

11. Gudimov SV, Shkrebko AN, Osetrov IA, Pleshchev IE, Kuznetsov MA. The characteristic of the component body composition of athletes involved in game-based and cyclic kinds of sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):45-51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.7>

12. Baker JS, McCormick MC, Robergs RA. Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. *J Nutr Metab*. 2010; Article ID 905612. DOI: <https://doi.org/10.1155/2010/905612>

13. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*. 2001;31(10):725-741. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>

14. Budagaev DS, Lebedinskiy VY. Cross-country skiers with control of their functional status by technique of S.A. Dushanin. *Vestnik Krasnoyarskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im VP Astaf'eva*. 2012;(4):80-84. (In Russ.).

15. Bonilla DA, Kreider RB, Stout JR, Forero DA, Kerksick CM, Roberts MD, Rawson ES. Metabolic Basis of Creatine in Health and Disease: A Bioinformatics-Assisted Review. *Nutrients*. 2021;13(4):1238. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13041238>

## Информация об авторах / Information about the authors

**Брель Юлия Игоревна**, старший преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3390-2508>  
e-mail: [brelyulia@tut.by](mailto:brelyulia@tut.by)

**Медведева Галина Александровна**, старший преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9107-0316>

**Yulia I. Brel**, Senior Lecturer at the Department of Normal and Pathologic Physiology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3390-2508>  
e-mail: [brelyulia@tut.by](mailto:brelyulia@tut.by)

**Galina A Medvedeva**, Senior Lecturer at the Department of Normal and Pathologic Physiology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9107-0316>

## Автор, ответственный за переписку /

**Брель Юлия Игоревна**  
e-mail: [brelyulia@tut.by](mailto:brelyulia@tut.by)

**Yulia I. Brel**  
e-mail: [brelyulia@tut.by](mailto:brelyulia@tut.by)