

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.8>

УДК: 796.4:796.5: 796.9

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



Влияние состояния микробиома кишечника на работоспособность спортсменов циклических видов спорта по показателям эргометрического тестирования

Ю.И. Корюкалов¹, М.С. Лапшин^{1,*}, М.В. Кондашевская², А.С. Бахарева¹, Е.Ю. Савиных¹

¹ ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Челябинск, Россия

² Научно-исследовательский институт морфологии человека имени академика А.П. Авцына ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель: оценить функционально-метаболическое состояние и микробиоту кишечника спортсменов циклических видов спорта с высоким и низким уровнем работоспособности.

Материалы и методы: участниками исследования стали 20 спортсменов мужского пола в возрасте 18–22 лет из циклических видов спорта. По результатам максимальной работоспособности спортсменов — относительной скорости ($V_{отн.}$), показанной в нагрузочном тесте, — группу разделяли на две подгруппы: спортсменов с высокой и низкой работоспособностью (СВР и СНР соответственно). Для определения наличия или отсутствия дисбактериоза кишечника применяли микробиологическое исследование кала.

Результаты: у спортсменов из группы СВР достоверно выше были значение коэффициента экономичности кровообращения (КЭК) и уровень аспартатаминотрансферазы. В группе СВР была выявлена положительная корреляционная взаимосвязь между уровнем активности ферментов печени и микрофлорой кишечника, а также активностью фермента аланинаминотрансферазы и скоростными характеристиками. Среди спортсменов из группы СНР выявлены положительные корреляционные связи показателей работоспособности с гемолитической кишечной палочкой, а у 40 % из них было отмечено наличие условно патогенных бактерий.

Выводы: у спортсменов с высоким уровнем физической работоспособности функциональное состояние характеризовалось активацией анаболических процессов, тогда как у спортсменов с низким уровнем физической работоспособности преобладали катаболические процессы, обусловленные присутствием в кишечнике условно патогенных и патогенных микроорганизмов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что состояние микробиома кишечника может влиять на различные аспекты работоспособности спортсменов из циклических видов спорта.

Ключевые слова: спортсмены, нагрузочный тест, скорость, работоспособность, микробиота кишечника, микробиом

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Корюкалов Ю.И., Лапшин М.С., Кондашевская М.В., Бахарева А.С., Савиных Е.Ю. Влияние состояния микробиома кишечника на работоспособность спортсменов циклических видов спорта по показателям эргометрического тестирования. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2024;14(2):34–44. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.8>

Поступила в редакцию: 27.08.2024

Принята к публикации: 22.11.2024

Online first: 15.12.2024

Опубликована: 15.12.2024.

* Автор, ответственный за переписку

The effect of the state of the intestinal microbiome on the performance of cyclical sports athletes according to ergometric testing indicators

Yuri I. Koryukalov¹, Maxim S. Lapshin^{1*}, Marina V. Kondashevskaya², Anastasiya S. Bakhareva¹,
Elena Yu. Savinih¹

¹ South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russia

² Avtsyn Research Institute of Human Morphology of Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

ABSTRACT

Purpose: to assess the functional-metabolic state and intestinal microbiota of athletes of cyclic sports with high and low levels of performance.

Materials and methods: the study involved 20 male athletes of cyclic sports aged 18–22 years. Based on the results of the athletes' maximum performance — relative speed (V_{rel}), shown in the ergometry test, the group was divided into two subgroups. To determine the presence or absence of intestinal dysbacteriosis, microbiological examination of feces was used.

Results: High performance athletes (HPA) had significantly higher values of the circulatory efficiency coefficient (CEC) and aspartate aminotransferase (AST). In the HPA group, a positive correlation was found between the level of liver enzyme activity and intestinal microflora, as well as the activity of the ALT enzyme and speed characteristics. In the group of low performance athletes (LPA), positive correlations were found between performance indicators and hemolytic *E. coli*. Opportunistic bacteria were found in 40 % of men in the LPA group.

Conclusion: In athletes with a high level of physical performance, the functional state was characterized by the activation of anabolic processes. Whereas in athletes with a low level of physical performance, catabolic processes prevailed, caused by the presence of opportunistic and pathogenic microorganisms in the intestine. It was concluded that athletes should regularly undergo ergometric testing with a study of the intestinal microbiome in order to prevent the development of dysbiosis.

Keywords: athletes, stress test, speed, performance, gut microbiota, metabolism

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interests.

For citation: Koryukalov Yu.I., Lapshin M.S., Bakhareva A.S., Kondashevskaya M.V., Aminov A.S., Savinih E.Yu. The effect of the state of the intestinal microbiome on the performance of cyclical sports athletes according to ergometric testing indicators. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2024;14(2):34–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.8>

Received: 27 August 2024

Accepted: 22 November 2024

Online first: 15 December 2024

Published: 15 December 2024

*Corresponding author

1. Введение

Оптимизация производительности при выполнении различных упражнений является ключевым фактором для элитных спортсменов, поскольку даже незначительные различия в работоспособности могут иметь решающее значение для достижения целей соревнований [1]. Одним из ключевых факторов адаптации к высоким нагрузкам и поддержании высокой работоспособности спортсменов является изменение активности метаболических процессов, происходящих в различных системах организма, в том числе в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) [2]. В последние годы значительно возрос интерес к взаимосвязи между достижением спортивных результатов и микробиотой кишечника спортсменов, поскольку появляются всё новые доказательства того, что микробиота кишечника является одним из важнейших факторов, влияющих на состояние здоровья и физическую работоспособность спортсменов [3, 4].

Новые данные показали связь между составом кишечной микробиоты и физической активностью, предполагая, что изменения в составе микробиоты кишечника могут способствовать или ухудшать физическую работоспособность спортсмена [5]. Состав и метаболическая

активность кишечной микробиоты могут помогать в переваривании пищи, улучшать скорость и мощность двигательных действий во время тренировок, обеспечивая метаболические преимущества во время высокоинтенсивных упражнений и восстановления спортсмена [6]. Понимание механизмов, которыми микробиота кишечника может влиять на спортивные результаты, представляет значительный интерес для спортсменов и спортивных диетологов, которые работают над улучшением результатов соревнований, а также сокращают время восстановления во время тренировок [7, 8].

Бартон и соавт. предположили, что микробиом кишечника спортсмена может способствовать восстановлению тканей и использовать энергию нутриентов для оптимизации преимущественно углеводного обмена и биосинтеза нуклеотидов. Это утверждение отражает значительную потребность в энергии и адаптацию тканей, которая происходит во время интенсивных упражнений у элитных спортсменов [9]. К тому же ряд ученых предполагают, что *Akkermansia muciniphila* может чаще присутствовать у спортсменов, чем у неспортсменов. Эта бактерия обитает в богатом питательными веществами слое слизи кишечника и разрушает муцин,

что, по-видимому, и обуславливает ее положительное влияние на метаболическую функцию [8, 10]. В исследовании Fritz и соавт. было показано, что состав микробиоты кишечника может влиять на усвоение белка и, следовательно, на физическое состояние и спортивные результаты спортсменов [11].

Следует отметить, что элитные спортсмены сталкиваются с высоким уровнем стресса, вызванным определенными требованиями и ожиданиями соревнований в течение сезона [12]. Во время физических упражнений существует взаимная связь между автономной нервной системой и желудочно-кишечным трактом, которая участвует в реакции на стресс и, как предполагается, частично опосредована высвобождением гормонов кишечника и молекул, полученных из кишечной микробиоты [13, 14].

В связи этим целью исследования явилось изучение микробиоты кишечника и функционально-метаболического состояния спортсменов циклических видов спорта с высоким и низким уровнем работоспособности.

2. Материалы и методы

Исследование проходило на базе Института спорта, туризма и сервиса Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск, Россия) в начале подготовительного периода (май 2023 года), в течение которого формируется основа для формирования специальной подготовленности спортсменов в течение соревновательного сезона. Протокол эксперимента был одобрен Комитетом по этике Южно-Уральского государственного университета в соответствии с Хельсинкской декларацией (№ 17 от 20.02.2023 г.). Каждый испытуемый был проинформирован о потенциальных рисках и преимуществах исследования и имел право отказаться от участия в нем в любое время. Информированное согласие было подписано в индивидуальном порядке перед участием в исследовании.

Критериями включения в исследование были отсутствие значительных перерывов в совершенствовании спортивного мастерства, регулярные занятия циклическим видом спорта, а также обеспечение скорости перемещений спортсмена за счет метаболических процессов, освобождающих энергию для механической работы мышц.

Критериями исключения являлись длительные перерывы в тренировочном процессе (более трех месяцев), а также обеспечение скорости перемещений спортсмена за счет внешних источников механической энергии (например, за счет тяги мотора).

В исследование были включены 20 мужчин — кандидатов в мастера спорта в возрасте 18–22 года — квалифицированные спортсмены циклических видов спорта (лыжные гонки $n = 5$, легкая атлетика $n = 5$, плавание $n = 5$, спортивное ориентирование $n = 5$).

На момент участия в исследовании ни один спортсмен не имел сопутствующей хронической патологии и не предъявлял жалоб на состояние здоровья.

Методика оценки эргометрических показателей в нагрузочном тесте

Для оценки эффективности адаптационных изменений в физиологических системах организма был проведен нагрузочный тест, сопровождающийся оценкой переносимости нагрузки по шкале Борга (RPE 1–10) [15, 16].

Тестирование проходило на беговой инерционной дорожке Assault Fitness Runner (США). Оно включало пять ступеней возрастающей нагрузки в соответствии с зонами интенсивности Норвежской классификации [17]. Целью нагрузочного тестирования являлось достижение максимальной скорости на пятой ступени. Фиксировали следующие показатели: мощность (W , Вт), скорость (V , км/ч), число сердечных сокращений (ЧСС уд./мин), ударный объем (УО мл).

В начале выполнения пятой ступени измеряли коэффициент экономичности кровообращения (КЭК) [18], который характеризует затраты организма на передвижение крови в сосудистом русле, рассчитываемый по формуле:

$$\text{КЭК} = (\text{САД} - \text{ДАД}) \times \text{ЧСС},$$
 где САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление и ЧСС — частота сердечных сокращений.

Анализируемые показатели регистрировали с использованием аппаратуры, работающей в синхронизации с аналитической программой PerfPRO по системе ANT+: датчика пульса Polar (Финляндия), датчика мощности «Stryd» (США), тонометра Omron (Япония), измерителя концентрации лактата «Lactate Plus» (США).

На основании шкалы Борга, учитывающей воспринимаемое спортсменом напряжение на пятой ступени, как индикатора соматического стресса (жалобы спортсменов на состояние дискомфорта) [19], а также по значениям абсолютной скорости, регистрируемой в это время, популяция спортсменов была разделена на две группы.

Абсолютная скорость рассчитывалась по формуле: $V_{\text{абс.}} = (V_{\text{нагрузки}} - V_{\text{нагр. ср.}}) / V_{\text{нагр. ср.}}$, где отклонение скорости выполнения нагрузки ($V_{\text{нагрузки}}$) было получено относительно среднего значения в группе ($V_{\text{нагр. ср.}}$) [20].

В первую группу ($n = 10$) вошли спортсмены с высокой работоспособностью (СВР), во вторую группу ($n = 10$) — спортсмены с низкой работоспособностью (СНР) (табл. 1) [21].

Биохимические методы

Взятие крови осуществляли утром, натощак из кубитальной (локтевой) вены в вакуумные пробирки стандартным способом венепункции в сертифицированной лаборатории. В сыворотке крови определяли уровни щелочной фосфатазы (ЩФ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), глюкозы, креатинина, мочевины,

общего белка, билирубина. Рассчитывали коэффициент де Ритиса (АСТ/АЛТ). Кроме того, используя иммуноферментный анализ (ИФА), производили определение кортизола и тестостерона с помощью наборов «АлкорБио» (Россия) согласно инструкции фирмы-производителя.

Микробиологический метод

Для определения наличия дисбиоза кишечника применяли микробиологическое исследование кала методом культивирования микроорганизмов на плотных питательных средах, применяемым для культуральной диагностики. Как известно, индикаторные среды позволяют отличить один вид микроорганизмов от других. В основе идентификации микроорганизмов лежат культуральные свойства, являющиеся характерными признаками для каждого рода и вида [22, 23].

Статистический анализ

Для обработки результатов исследования использовали пакет прикладных программ Statistica 10.0. Проверку нормальности распределения числовых значений данных производили, используя тест Шапиро — Уилкса. В связи с тем, что распределение отличалось от нормального, использовали критерии Краскела — Уоллиса и Манна — Уитни. Показатели представляли в виде медианы (Me) и интерквартильных размахов

в виде 25 и 75 перцентилей [Q1; Q3]. Сравнение между долями совокупности проводили при помощи критерия χ^2 Пирсона. Для изучения характера взаимосвязей между исследуемыми показателями использовали корреляционный анализ с вычислением коэффициента Спирмена (r_s). Все различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

3. Результаты

Параметры эргометрического тестирования спортсменов с высокой (СВР) и низкой работоспособностью (СНР)

Анализ результатов эргометрического тестирования позволил выявить несколько параметров со статистически значимыми различиями между группами СВР и СНР (табл. 2), в то время как антропометрические показатели были идентичными (табл. 1). Так, например, скорость, на основании которой испытуемые были разделены на 2 группы, оказалась выше у СВР, чем у СНР на 11,5 % (табл. 1). Практически такое же различие отмечено по данным относительной мощности (табл. 2). Высокие физические показатели СВР поддерживались высокими физиологическими значениями комплексного показателя сердечно-сосудистой системы (ССС), характеризующего затраты организма на передвижение крови по сосудистому руслу — коэффициента экономичности кровообращения (КЭК, табл. 2).

Таблица 2

Показатели эргометрического и гемодинамического тестирования у спортсменов с высокой (СВР) и низкой работоспособностью (СНР) Me [Q1; Q3]

Table 2

Ergometric and hemodynamic testing indicators in athletes with high (HWP) and low performance capacity (LPC) Me [Q1; Q3]

Показатели	1-я группа — СВР (n = 10)	2-я группа — СНР (n = 10)
Скорость абс. (км/ч)	19,65 [19,36; 20,03]	17,71* [16,61; 18,30]
Мощность абс. (Вт)	377,02 [355,94; 381,7]	345,71 [323,73; 354,89]
Мощность относит. (Вт/кг)	5,28 [4,16; 6,12]	4,76* [3,98; 5,14]
КЭК (усл. ед.)	1,94 [1,92; 2,02]	1,75* [1,68; 1,84]
ЧСС (уд/мин)	190 [188,10; 199,21]	193 [191,52; 197,54]
УО (мл)	123,4 [110,91; 126,33]	116,3 [114,92; 136,84]

Примечание: КЭК — коэффициент экономичности кровообращения, ЧСС — число сердечных сокращений, УО — ударный объем.

* — статистически значимые отличия СВР от СНР ($p < 0,05$).

Note: CEC — coefficient of circulatory efficiency, HR — heart rate, SV — stroke volume.

* — statistically significant differences between SVR and SVR ($p < 0.05$).

Результаты биохимического анализа крови в покое после пятой зоны нагрузочного тестирования

Результаты свидетельствуют о том, что ни один показатель биохимического анализа крови не выходил за рамки нормы реакции в покое, несмотря на жалобы участников из группы СНР после пятого уровня тестирования

на дискомфорт (табл. 3). К тому же, за исключением значений АСТ, показатели участников из группы СНР были сходны с таковыми у участников из группы СВР ($p > 0,05$). Но при этом у участников обеих групп они находились в зоне референтного интервала.

Также было продемонстрировано отсутствие статистически значимых различий между группами

Таблица 3

Показатели биохимического анализа крови спортсменов циклических видов спорта в покое после пятой зоны нагрузочного тестирования Me [Q1; Q3]

Table 3

Blood biochemical analysis parameters of athletes engaged in cyclic sports at rest after the fifth zone of load testing Me [Q1; Q3]

Параметр	1-я группа СВР [n = 10]	2-я группа СНР [n = 10]
АЛТ (Ед/л)	18,56 [17,55; 23,74]	17,16 [12,99; 20,93]
АСТ (Ед/л)	29,5 [24,35; 41,38]	22,23* [19,76; 23]
Коэффициент де Ритиса (АСТ/АЛТ)	1,31 [1,09; 1,72]	1,2 [0,76; 1,59]
ЩФ (Ед/л)	65,84 [52,11; 74,73]	72,11 [49,43; 84,95]
ЛДГ (Ед/л)	171,48 [149,81; 179,68]	161,36 [147,36; 183,11]
Лактат (ммоль/л)	11,92 [5,11; 12,85]	10,57 [8,12; 11,30]
Креатинин (мкмоль/л)	91,85 [87,32; 93,34]	102,50 [99,42; 104,51]
Мочевина (мкмоль/л)	5,31 [4,69; 5,93]	5,47 [4,93; 5,79]
Общий белок (г/л)	72,08 [68,42; 73,22]	74,49* [73,24; 78,34]
Билирубин общий (мкмоль/л)	14,98 [8,47; 19,31]	15,69 [14,08; 20,32]
Билирубин прямой (мкмоль/л)	3,11 [1,55; 4,72]	2,97 [2,86; 3,34]
Билирубин непрямой (мкмоль/л)	12,11 [6,92; 15,90]	12,57 [11,11; 16,98]
Глюкоза (ммоль/л)	4,73 [4,59; 4,97]	4,88 [4,67; 5,14]
Кортизол (К, нмоль/л)	334,26 [258,76; 389,98]	379,17 [248,31; 390,79]
Тестостерон (Т, нмоль/л)	19,18 [18,06; 19,95]	17,42* [17,05; 18,11]
Индекс Т/К	0,064 [0,05; 0,07]	0,049* [0,04; 0,06]

Примечание: АЛТ — аланинаминотрансфераза, АСТ — аспартатаминотрансфераза, ЩФ — щелочная фосфатаза, ЛДГ — лактатдегидрогеназа.

* — статистически значимые отличия группы СВР от СНР ($p < 0,05$).

Note: ALT — alanine aminotransferase, AST — aspartate aminotransferase, ALP — alkaline phosphatase, LDH — lactate dehydrogenase.

* — statistically significant differences between the SVR group and the SNR group ($p < 0.05$).

по уровню кортизола (табл. 3). При этом следует отметить, что среди участников из группы СВР уровень тестостерона оказался на 14,4% выше по сравнению с участниками из группы СНР. Тем не менее в обеих группах содержание в крови обоих гормонов находилось в зоне референтного интервала. Обращает на себя внимание и более высокое значение показателя индекса Т/К среди участников из группы СВР по сравнению с участниками из группы СНР ($p < 0,05$).

Состояние микробиома кишечника у спортсменов с различными скоростными показателями в нагрузочном тесте

Результаты бактериологического исследования свидетельствуют о том, что у участников из группы СВР чаще чем у участников из группы СНР в достаточном количестве определялись основные представители нормального микробиома, и значительно реже они являлись хозяевами условно патогенных микроорганизмов (энтерококки, $p < 0,05$). Необходимо отметить, что у 40%

спортсменов из группы СНР выявлялись золотистый стафилококк и дрожжеподобные грибы рода *Candida* и *Klebsiella* spp. (рис. Б). В то же время практически ни у одного спортсмена группы СВР таких микроорганизмов не было выявлено (рис. Б).

При проведении анализа данных было обнаружено полное отсутствие сходства корреляционных взаимосвязей у испытуемых из групп СВР и СНР (табл. 4). Это указывает на правомерность разделения популяции на две группы и на различие функционального состояния биологических и физиологических систем участников из групп СВР и СНР. Так, если у участников из группы СВР увеличение мощности двигательных действий связано корреляционными взаимоотношениями с количественными характеристиками микроорганизмов семейства *Bifidobacteriaceae* рода *Bifidobacterium*, то у участников из группы СНР наблюдается связь с «патогенными» микроорганизмами семейства *Enterobacteriaceae* рода *Escherichia* — *E. coli* гемолитического штамма (штамм серотипа O157: H7). Также

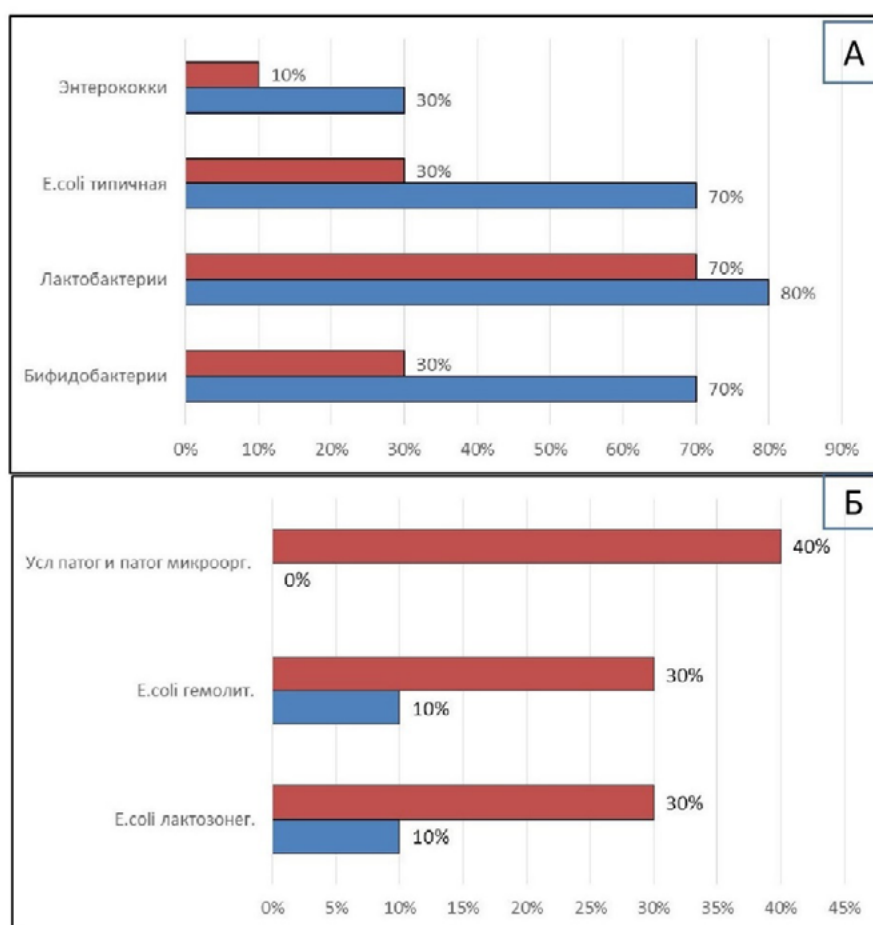


Рис. Соотношение числа спортсменов с высокой и низкой работоспособностью, являющихся хозяевами основных представителей нормофлоры (А) и условно патогенных и патогенных микроорганизмов (Б) в %. Столбцы коричневого цвета — спортсмены с низкой работоспособностью; столбцы синего цвета — спортсмены с высокой работоспособностью

Fig. The ratio of the number of athletes with high and low performance, who are hosts of the main representatives of normal flora (A) and opportunistic and pathogenic microorganisms (B) in %. Brown columns represent athletes with low performance; blue columns represent athletes with high performance

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа спортсменов с высокой и низкой работоспособностью

Table 4

Results of correlation analysis of athletes with high and low performance

Параметр	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена r_s	
	1-я группа СВР ($n = 10$)	2-я группа СНР ($n = 10$)
Мощность абс. — бифидобактерии	0,79 $p = 0,033$	
АСТ — бифидобактерии	0,79 $p = 0,031$	
АСТ — <i>E. coli</i> типичная	0,75 $p = 0,04$	
Мощность абс. — <i>E. coli</i> гемолитич.		0,75, $p = 0,041$
Скорость абс. — <i>E. coli</i> гемолитич.		0,75, $p = 0,041$

у участников из группы СВР прослеживается взаимосвязь активности АСТ и бифидобактериями.

4. Обсуждение

Общий уровень функциональной подготовленности и степень ее развития у спортсменов циклических видов спорта определяют по результатам выполнения тестирующих нагрузок различной мощности и продолжительности [24].

Согласно полученным данным, у спортсменов первой группы (СВР) показатели скорости, абсолютной и относительной мощности в нагрузочном тесте были статистически значимо выше, чем у спортсменов второй группы (СНР). Высокая значимость параметра скорости согласуется с данными других исследований, в которых показано, что скорость является важнейшей качественной характеристикой рабочей эффективности спортивных локомоций [25].

Параметры, характеризующие физиологическое и биохимическое состояние организма спортсменов обеих групп, имели мало различий. Наиболее информативным признаком благополучного состояния гомеостаза организма СВР оказался более высокий, чем у СНР, показатель индекса отношения тестостерон/кортикостерон (Т/К). Как известно, кроме регуляции репродуктивных процессов тестостерон участвует практически во всех биологических и физиологических процессах [26]. Особенно важно его участие в стимуляции анаболических механизмов, предотвращающих истощение ресурсов организма [27]. Начальный этап адаптационного периода может сопровождаться усилением деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС), что было продемонстрировано по возрастанию значений КЭК у спортсменов из группы СВР [28], которые в отличие от спортсменов из группы СНР при этом не испытывали дискомфорта.

Можно предположить, что отсутствие дискомфорта обеспечивалось, кроме указанных выше механизмов,

доминированием нормофлоры в кишечнике испытуемых из группы СВР. Это предположение подтверждается литературными данными, сообщающими о влиянии микробиома на анаболические процессы организма в целом и конкретно на адаптацию скелетных мышц к повышенной работоспособности и нагрузочным тренировкам [29]. Несомненно, осуществляется двусторонняя взаимосвязь, когда интенсивные упражнения на выносливость вызывают физиологические и биохимические изменения, обуславливающие трансформацию состава и численности микроорганизмов кишечника [30]. Одним из подтверждений этого у спортсменов из группы СВР является корреляционная связь мощности двигательных действий с количественными характеристиками микроорганизмов семейства *Bifidobacteriaceae* рода *Bifidobacterium*. Кроме того, у испытуемых из группы СВР прослеживается взаимосвязь активности АСТ, продуцируемой в основном клетками печени, с бифидобактериями. Ранее уже была описана важная роль ферментов и желчи, секретируемых печенью, в поддержании оптимального баланса микробиоты [31]. Как известно, бифидобактерии обеспечивают защиту хозяина от кишечных и других инфекций, синтезируя специфические ингибины, подавляющие рост патогенных микроорганизмов, а также вырабатывая защитные иммуноглобулины, тормозящие рост гнилостных микроорганизмов [32]. Кроме того, они участвуют в расщеплении питательных веществ, синтезе необходимых для организма хозяина витаминов, препятствуют развитию пищевой аллергии, при которой в кровь могут попадать токсины, провоспалительные интерлейкины и другие биологически активные провоспалительные вещества [33].

Вероятно, что низкая работоспособность и жалобы испытуемых из группы СНР на дискомфорт при повышенных нагрузках являются следствием наличия в их кишечнике условно патогенных и патогенных микроорганизмов [34]. Было установлено, что у спортсменов

из этой группы наблюдается корреляционная связь с микроорганизмами семейства *Enterobacteriaceae* рода *Escherichia* — *E. coli* гемолитического штамма (штамм серотипа O157: H7). В противоположность бифидобактериям, штаммы этого серотипа способны продуцировать шигатоксины и индуцировать колибактериозный геморрагический колит с развитием гемолитико-уремического синдрома [35]. Важными причинами, обуславливающими появление опасных микроорганизмов, являются особенности питания, несоблюдение спортивного режима (тренировок, отдыха, принятия пищи и сна) и перетренированность [31].

5. Заключение

По результатам эргометрического тестирования установлено, что среди 20 мужчин — спортсменов циклических видов спорта, участвующих в настоящем исследовании, было выявлено две группы испытуемых: с высокой и низкой работоспособностью, установленной

Вклад авторов:

Корюкалов Юрий Игоревич — анализ литературы, анализ данных, подготовка и написание статьи.

Лапшин Максим Сергеевич — сбор материала, обработка материала, анализ литературы, написание статьи.

Кондашевская Марина Владиславовна — анализ литературы и написание статьи.

Бахарева Анастасия Сергеевна — подготовка и написание статьи.

Савиных Елена Юрьевна — обработка материала, анализ ли-

по показателям скорости двигательных действий. У спортсменов с высоким уровнем физической работоспособности функциональное состояние характеризовалось повышением показателя индекса тестостерон/кортизол, свидетельствующего об активации анаболических процессов, что подкреплялось участием в этих процессах микроорганизмов оптимального микробиома кишечника. В то же время у спортсменов с низким уровнем физической работоспособности выявлена корреляционная связь скорости и мощности двигательных действий с количественными характеристиками *E. coli* гемолитического штамма, способного продуцировать шигатоксины, что сопровождалось жалобами на дискомфорт при повышенных нагрузках. Поскольку спортсмены не всегда могут адекватно оценить свою работоспособность и состояние здоровья, можно сделать вывод о том, что спортсменам следует регулярно проходить эргометрическое тестирование с проведением исследования микробиома кишечника с целью предупреждения развития дисбиоза.

Authors contribution:

тературы.

Yuri I. Koryukalov — literature analysis, data analysis, article preparation and writing.

Maxim S. Lapshin — material collection, material processing, literature analysis, article writing.

Marina V. Kondashevskaya — literature analysis and article writing.

Anastasiya S. Bakhareva — article preparation and writing.

Elena Yu. Savinih — material processing, literature analysis.

Список литературы

1. Clark A., Mach N. Mucin, Gut, and Microbiota Interactions. Review Article Front. Physiology. 2023;14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1284423>
2. Mohr A., Yeager R., Carpenter K., Kerksick C., Purpura M., Townsend J., et al. The Sports Gut Microbiota. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2020;17(1):24. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00353-w>
3. Шестопалов А.В., Фатхуллин Р.Ф., Григорьева Т.В., Мартыканова Д.С., Давлетова Н.Х., Колесникова И.М., Иванова А.А., Румянцев С.А. Особенности микробиома кишечника у спортсменов, занимающихся единоборствами. Спортивная медицина: наука и практика. 2024;14(1):14–24. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.1.3>
4. Yonglin C., Kir Y., Mingxin X., Yishuo Z., Xiquan W., Jijai L., Yanshuo L., Yu-Heng M. Diet, Gut Microbiota, and Sports Performance in Athletes: A Narrative Review. 2024;16(11):1634. [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00024-7)
5. McEwen B., Wingfield S. The concept of allostasis in biology and biomedicine. Hormones and Behavior. 2003;43(1):2–15. [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00024-7)
6. Курашова Н.А., Юрьева А.А., Гутник И.Н., Гребенкина Л.А., Лабыгина А.В., Колесникова Л.И. Изменение оксидантно-антиоксидантного статуса крови у борцов вольного стиля под влиянием физических нагрузок. Спортив-

References

1. Clark A., Mach N. The gut mucin-microbiota interactions: a missing key to optimizing endurance performance. Front. Physiol. 2023;14:1284423. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1284423>
2. Mohr A., Yeager R., Carpenter K., Kerksick C., Purpura M., Townsend J., et al. The Sports Gut Microbiota. J. Int. Soc. Sports Nutr. 2020;17(1):24. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00353-w>
3. Shestopalov A.V., Fatkhullin R.F., Grigorieva T.V., Martynkanova D.S., Davletova N.Kh., Kolesnikova I.M., Ivanova A.A., Rumyantsev S.A. Features of the intestinal microbiome in athletes involved in martial arts. Sports Medicine: Research and Practice. 2024;14(1):14–24. (In Russian). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.1.3>
4. Yonglin C., Kir Y., Mingxin X., Yishuo Z., Xiquan W., Jijai L., Yanshuo L., Yu-Heng M. Diet, Gut Microbiota, and Sports Performance in Athletes: A Narrative Review. 2024;16(11):1634. [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00024-7)
5. McEwen B., Wingfield S. The concept of allostasis in biology and biomedicine. Hormones and Behavior. 2003;43(1):2–15. [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00024-7)
6. Kurashova N.A., Yuryeva A.A., Gutnik I.N., Grebenkina L.A., Labigina A.V., Kolesnikova L.I. Changes in the oxidant-antioxidant status of the blood in freestyle wrestlers under the influence of physical activity. Sports Medicine: Research and Practice.

ная медицина: наука и практика. 2023;13(3):30–36. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.3.9>

7. Morita H., Kano K., Ishii K., Kagata N., Ishikawa T., Hirayama A., et al. Bacteroides uniformis and its preferred substrate, α -cyclodextrin, enhance endurance performance in mice and male mice. *Science Advances*. 2023;9(4):eadd2120. <https://doi.org/10.1126/sciadv.add2120>

8. Petersen L., Bautista E., Nguyen H., Hanson B.M., Chen L., Lek S.H., et al. Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists. *Microbiome*. 2017;5(1):98. <https://doi.org/10.1186/s40168-017-0320-4>

9. Barton W., Penney N., Cronin O., Garcia-Perez I., Molloy G., Holmes E., Shanahan F., Cotter P., O'Sullivan O. The microbiome of professional athletes differs from that of more sedentary subjects in composition and particularly at the functional metabolic level. *Gut*. 2018;67(4):625–633. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2016-313627>

10. Clarke S., Murphy E., O'Sullivan O., Lucey A., Humphreys M., Hogan A., et al. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*. 2014;63(12):1913–1920. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2013-306541>

11. Fritz P., Fritz R., Bóday P., Bóday A., Bató E., Kesserű P., Oláh C. Gut microbiome composition: link between sports performance and protein absorption? *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2024;21(1):2297992. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2297992>

12. Hanton S., Fletcher D. Stress in elite athletes: a comparative study of competitive and organizational stressors. *J. Sport Science* 2005; 1129–1141. <https://doi.org/10.1080/02640410500131480>

13. Nutzel B. Coping strategies for managing stress and promoting mental health in elite athletes: a systematic review. *Front. Sports Act. Living*. 2023;5:1265783. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1265783>

14. Clark A., Mach N. Role of Vitamin D in the hygiene hypothesis: the interplay between vitamin D, vitamin D receptors, gut microbiota, and immune response. *Front. Immunol.* 2016;7. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2016.00627>

15. Borg G. Psychophysical Bases of Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1982;(14):377–381. <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>

16. Morishita S., Wakasugi T., Kaida K., Itani Y., Ikegame K., Ogawa H., Domen K. Fatigue, muscle oxygen consumption, and blood flow to skeletal muscle after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2018;(1072):293–298. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91287-5_47

17. Seiler K.S., Kjerland G. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2006;16(1):49–56. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>

18. Федотова Е.В., Сиделёв П.А. Оптимальные модели распределения нагрузки и использование целевых тренировочных зон в циклических видах спорта на выносливость (анализ зарубежных исследований). *Вестник спортивной науки*. 2021;(6):17–22.

19. Персиянова-Дуброва А.Л., Матвеева И.Ф., Бубнова М.Г. Шкала Борга в кардиореабилитации: методология и перспективы использования. *Профилактическая медицина*. 2022;25(9): 90–96.

20. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J. Rehabil. Med.* 1970;2(2):92–98. <https://doi.org/10.2340/1650197719702239298>

21. Бахарева А.С., Шибкова Д.З., Эрлих В.В. Особенности функционального ответа организма лыжников гонщиков

2023;13(3):30–36. (In Russian). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.3.9>

7. Morita H., Kano K., Ishii K., Kagata N., Ishikawa T., Hirayama A., et al. Bacteroides uniformis and its preferred substrate, α -cyclodextrin, enhance endurance performance in mice and male mice. *Science Advances*. 2023;9(4):eadd2120. <https://doi.org/10.1126/sciadv.add2120>

8. Petersen L., Bautista E., Nguyen H., Hanson B.M., Chen L., Lek S.H., et al. Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists. *Microbiome*. 2017;5(1):98. <https://doi.org/10.1186/s40168-017-0320-4>

9. Barton W., Penney N., Cronin O., Garcia-Perez I., Molloy G., Holmes E., Shanahan F., Cotter P., O'Sullivan O. The microbiome of professional athletes differs from that of more sedentary subjects in composition and particularly at the functional metabolic level. *Gut*. 2018;67(4):625–633. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2016-313627>

10. Clarke S., Murphy E., O'Sullivan O., Lucey A., Humphreys M., Hogan A., et al. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*. 2014;63(12):1913–1920. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2013-306541>

11. Fritz P., Fritz R., Bóday P., Bóday A., Bató E., Kesserű P., Oláh C. Gut microbiome composition: link between sports performance and protein absorption? *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2024;21(1):2297992. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2297992>

12. Hanton S., Fletcher D. Stress in elite athletes: a comparative study of competitive and organizational stressors. *J. Sport Science* 2005; 1129–1141. <https://doi.org/10.1080/02640410500131480>

13. Nutzel B. Coping strategies for managing stress and promoting mental health in elite athletes: a systematic review. *Front. Sports Act. Living*. 2023;5:1265783. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1265783>

14. Clark A., Mach N. Role of Vitamin D in the hygiene hypothesis: the interplay between vitamin D, vitamin D receptors, gut microbiota, and immune response. *Front. Immunol.* 2016;7. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2016.00627>

15. Borg G. Psychophysical Bases of Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1982;(14):377–381. <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>

16. Morishita S., Wakasugi T., Kaida K., Itani Y., Ikegame K., Ogawa H., Domen K. Fatigue, muscle oxygen consumption, and blood flow to skeletal muscle after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2018;(1072):293–298. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91287-5_47

17. Seiler K.S., Kjerland G. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2006;16(1):49–56. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>

18. Fedotova E.V., Sidelev P.A. Optimal models of load distribution and the use of target training zones in cyclic endurance sports (analysis of foreign studies). *Sports science bulletin*. 2021;(6):17–22. (In Russian).

19. Persiyanova-Dubrova A.L., Matveeva I.F., Bubnova M.G. Borg scale in cardiac rehabilitation: methodology and prospects for use. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022; 25(9):90–96. (In Russian). <https://doi.org/10.17116/profmed2022509190>

20. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J. Rehabil. Med.* 1970;2(2):92–98. <https://doi.org/10.2340/1650197719702239298>

21. Bakhareva A.S., Shibkova D.Z., Erlich V.V. Features of the functional response of the body of cross-country skiers with different speed indicators in the load test. *Modern issues of Bio-*

с различными скоростными показателями в нагрузочном тесте. Современные вопросы биомедицины. 2022;6(2). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_02_3

22. **Лабинская А.С., Костюкова Н.Н., Иванова С.М.**, ред. Руководство по медицинской микробиологии. Москва: БИНОМ; 2012.

23. **Мусина Л.Т.** Физиология бактерий. Методические рекомендации. Казань: КГМУ; 2001.

24. **Мельников А.А., Викулов А.Д.** Функциональная подготовленность спортсменов: учебное пособие. — Ярославль: Изд-во ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, 2011. — 83 с.

25. **Балберова О.В., Быков Е.В., Чипышев А.В., Сидоркина Е.Г.** Параметры функциональной подготовленности, сопряженные с высокой физической работоспособностью у спортсменов циклических видов спорта. Современные вопросы биомедицины. 2020; 4(3):7–16.

26. **Мищенко В.С.** Функциональные возможности спортсмена. Киев: Здоровья; 1990.

27. **Celek P., Ostatnikov D., Hodosy J.** On the Effect of Testosterone on Behavioral Functions of the Brain. *Front. Neurosci.* 2015;9. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00012>

28. **Грязных А.В.** Индекс тестостерон/кортизол как эндокринный маркер процессов восстановления висцеральных систем после мышечного напряжения. Вестник ЮУрГУ. Сер. «Образование, здравоохранение, физическая культура». 2011;(20):107–111.

29. **Гуминский А.А., Леонтьева Н.Н., Маринова К.В.** Руководство к практическим занятиям по общей и возрастной физиологии. Москва: Просвещение; 1990.

30. **Donati Zeppa S., Agostini D., Gervasi M., Annibalini G., Amatori S., Ferrini F., et al.** Mutual Interactions among Exercise, Sport Supplements and Microbiota. *Nutrients.* 2019;12(1):17. <https://doi.org/10.3390/nu12010017>

31. **Scheiman J., Luber J., Chavkin T., MacDonald T., Tung A., Pham L., et al.** Meta-omics analysis of elite athletes identifies a performance-enhancing microbe that functions via lactate metabolism. *Nat. Med.* 2019;25(7):1104–1109. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0485-4>

32. **Кондашевская М.В., Михалева Л.М.** Новые концепции этиологии, диагностики и терапии посттравматического стрессового расстройства. Москва: Группа МДВ; 2024.

33. **Bottacini F., Ventura M., Sinderen D., Motherway M.** Diversity, ecology and intestinal function of bifidobacteria. *Microbial. Cell Fact.* 2014;13(Suppl 1):S4. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-s1-s4>

34. **Захарова Ю.В., Леванова Л.А.** Современные представления о таксономии, морфологических и функциональных свойствах бифидобактерий. Фундаментальная и клиническая медицина. 2015;3(1):90–101. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2018-3-1-90-101>

35. **Karl J.P., Margolis L.M., Madslie E.H., Murphy N.E., Castellani J.W., Gundersen Y.** Changes in intestinal microbiota composition and metabolism coincide with increased intestinal permeability in young adults under prolonged physiological stress. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2017;312(6):559–571. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00066.2017>

36. **Шуляк Б.Ф.** Энтерогеоморфические штаммы *E. coli*. Обзор. Альманах клинической медицины. 2011;(25):72–76.

medicine. 2022;6(2). (In Russian). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_02_3

22. **Labinskaya A.S., Kostyukova N.N., Ivanova S.M.**, eds. Handbook of Medical Microbiology. Moscow: BINOM Publ.; 2012. (In Russian).

23. **Musina L.T.** Physiology of bacteria. Methodical recommendations Kazan: KSMU; 2001. (In Russian).

24. **Melnikov A.A., Vikulov A.D.** Functional physical fitness of athletes: a textbook. Yaroslavl: Publishing house of K.D. Ushinsky YAGPU, 2011. — 83 p. (In Russian).

25. **Balberova O.V., Bykov E.V., Chipyshev A.V., Sidorkina E.G.** Parameters of functional fitness associated with high physical performance in athletes of cyclic sports. *Modern issues of Biomedicine.* 2020;4(3):7–16. (In Russian).

26. **Mishchenko V.S.** Functional capabilities of an athlete. Kyiv: Zdorov'ya; 1990. (In Russian).

27. **Celek P., Ostatnikov D., Hodosy J.** On the Effect of Testosterone on Behavioral Functions of the Brain. *Front. Neurosci.* 2015;9. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00012>

28. **Gryaznykh A.V.** Index of testosterone/cortisol as an endocrine marker of restorations processes of visceral systems after a muscular pressure. *Vestnik YuUrGU. Ser. «Obrazovanie, zdravookhranenie, fizicheskaya kul'tura».* 2011;(20):107–111. (In Russian).

29. **Guminskii A.A., Leont'eva N.N., Marinova K.V.** Guide to practical classes in general and age-specific physiology. Moscow: Prosveshchenie Publ.; 1990. (In Russian).

30. **Donati Zeppa S., Agostini D., Gervasi M., Annibalini G., Amatori S., Ferrini F., et al.** Mutual Interactions among Exercise, Sport Supplements and Microbiota. *Nutrients.* 2019;12(1):17. <https://doi.org/10.3390/nu12010017>

31. **Scheiman J., Luber J., Chavkin T., MacDonald T., Tung A., Pham L., et al.** Meta-omics analysis of elite athletes identifies a performance-enhancing microbe that functions via lactate metabolism. *Nat. Med.* 2019;25(7):1104–1109. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0485-4>

32. **Kondashevskaya M.V., Mikhaleva L.M.** New concepts of etiology, diagnostics and therapy of post-traumatic stress disorder. Moscow: MDV Group; 2024. (In Russian).

33. **Bottacini F., Ventura M., Sinderen D., Motherway M.** Diversity, ecology and intestinal function of bifidobacteria. *Microbial. Cell Fact.* 2014;13(Suppl 1):S4. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-s1-s4>

34. **Zakharova Yu.V., Levanova L.A.** Current opinion on taxonomy, morphological, and functional properties of bifidobacteria. *Fundamental and Clinical Medicine.* 2015;3(1):90–101. (In Russian). <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2018-3-1-90-101>

35. **Karl J.P., Margolis L.M., Madslie E.H., Murphy N.E., Castellani J.W., Gundersen Y.** Changes in intestinal microbiota composition and metabolism coincide with increased intestinal permeability in young adults under prolonged physiological stress. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2017;312(6):559–571. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00066.2017>

36. **Shulyak B.F.** Enterohemorrhagic strains of *E. coli*. Review. *Almanac of Clinical Medicine.* 2011;(25):72–76. (In Russian).

Информация об авторах:

Корюкалов Юрий Игоревич, к.б.н., научный сотрудник, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», Россия, 454080, г. Челябинск, просп. Ленина, 76. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4897-2613> (yurycorden@yandex.ru)

Лапшин Максим Сергеевич*, к.б.н., доцент кафедры журналистики, рекламы и связи с общественностью, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», Россия, 454080, г. Челябинск, просп. Ленина, 76. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8290-1774> (lapshin1982@yandex.ru)

Кондашевская Марина Владиславовна, д.б.н., главный научный сотрудник Научно-исследовательский институт морфологии человека имени академика А.П. Авцына ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Россия, 117418, г. Москва, ул. Цюрупы, д. 3. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8096-5974> (aktual_probl@mail.ru)

Бахарева Анастасия Сергеевна, к.б.н., доцент кафедры спортивного совершенствования ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», Россия, 454080, г. Челябинск, просп. Ленина, 76. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0518-7751> (bakharevaas@susu.ru)

Савиных Елена Юрьевна, к.б.н., доцент кафедры спортивного совершенствования ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», Россия, 454080, г. Челябинск, просп. Ленина, 76. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-4861> (savinykhei@susu.ru)

Information about the authors:

Yuri I. Koryukalov, M.D., Ph.D. (Biology), researcher at the South Ural State University (NRU), 76, Lenin Ave, Chelyabinsk, 454080, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4897-2613> (yurycorden@yandex.ru)

Maxim S. Lapshin*, M.D., Ph.D. (Biology), Associate Professor, department of journalism, advertising and public relations, South Ural State University (NRU), 76, Lenin Ave, Chelyabinsk, 454080, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8290-1774> (lapshin1982@yandex.ru)

Marina V. Kondashevskaya, D.Sc. (Biology), Chief Researcher of the Cell Pathology Lab of Avtsyn Research Institute of Human Morphology of Petrovsky National Research Centre of Surgery, 3, Tsurupi street, Moscow, 117418, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8096-5974> (aktual_probl@mail.ru)

Anastasiya S. Bakhareva, M.D., Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Sports Improvement of the South Ural State University (NRU), 76, Lenin Ave, Chelyabinsk, 454080, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0518-7751> (bakharevaas@susu.ru)

Elena Yu. Savinih, M.D., Ph.D. (Biology), department of sports improvement of the South Ural State University (NRU), 76, Lenin Ave, Chelyabinsk, 454080, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-4861> (savinykhei@susu.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author