

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.1>

УДК 615.272

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



Биохимические индикаторы спортивных достижений у борцов высокой квалификации

С.П. Алпатов^{1,*}, И.В. Коновалов¹, Г.О. Дибирова¹, Е.В. Калинина¹, С.Е. Милешина¹,
М.Д. Цицуашвили¹, И.А. Жирова³, А.Г. Кочетов^{2,3}, С.А. Парастаев¹

¹ ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

² АНО ДПО «Институт лабораторной медицины», Москва, Россия

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: сравнительный анализ биохимических параметров крови (мочевина, АЛТ, АСТ, КФК, кортизола, тестостерона и отношения тестостерон/кортизол) в группах спортсменов-борцов высокого класса с разным уровнем спортивных достижений.

Материалы и методы: в исследование были включены спортсмены мужского пола ($n = 78$), члены сборной команды России по одному из видов спортивной борьбы; средний возраст — 25,2 (21,5–28,9) года, средний вес — 76,9 (68,4–83,4) кг. Тестируемые спортсмены были стратифицированы на две группы по уровню спортивных достижений. В группу СВД (сверхвысокие достижения) были включены спортсмены ($n = 19$), имеющие в своем активе победы и призовые места на крупнейших международных соревнованиях (чемпионаты Европы, мира, Олимпийские игры), а в группу ВСС (входящие в состав сборной) — не имеющие подобных достижений ($n = 59$). Исследовались биохимические показатели: мочевины, КФК, АЛТ, АСТ, тестостерон, кортизол, индекс анаболизма (ИА).

Результаты: абсолютные значения всех метаболитов у обследованных спортсменов находились в пределах референтных интервалов. Между группами сравнения по уровню спортивных достижений выявлены статистически значимые различия большинства биохимических показателей. В группе СВД отмечался статистически значимый сдвиг относительно группы ВСС в сторону увеличения уровня метаболитов, которые характеризуют преобладание анаболических процессов: АЛТ, тестостерон, ИА. Уровни метаболитов, повышение которых отражает активность процессов катаболизма и неадекватность или недостаточность адаптационных процессов, в группе СВД были статистически значимо ниже, чем в группе ВСС. Вышеуказанные сдвиги абсолютных значений биохимических показателей подтвердились при корреляционном анализе.

Заключение: полученные результаты позволяют отметить оптимальную адаптацию к данному виду спорта, а также адекватность обменных процессов у спортсменов группы со сверхвысокими спортивными результатами.

Ключевые слова: биохимические параметры крови, спортсмены высокой квалификации, физическая нагрузка, адаптация

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Алпатов С.П., Коновалов И.В., Дибирова Г.О., Калинина Е.В., Милешина С.Е., Цицуашвили М.Д., Жирова И.А., Кочетов А.Г., Парастаев С.А. Биохимические индикаторы спортивных достижений у борцов высокой квалификации. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):5–11. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.1>

Поступила в редакцию: 08.03.2021

Принята к публикации: 25.06.2021

Online first: 21.07.2021

Опубликована: 10.08.2021

* Автор, ответственный за переписку

Biochemical indicators of sports achievements in highly qualified wrestlers

Sergey P. Alpatov^{1,*}, Ivan V. Kononov¹, Gyulnara O. Dibirova¹, Elena V. Kalinina¹, Svetlana E. Mileshina¹, Maya D. Tsitsuashvili¹, Irina A. Zhironova³, Anatoliy G. Kochetov^{2,3}, Sergey A. Parastayev¹

¹ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

² Institute of Laboratory Medicine, Moscow, Russia

³ RUDN University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to conduct comparative analysis of blood biochemical parameters (urea, ALT, AST, creatinase, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio) in groups of high-class wrestlers with different levels of sports achievements.

Materials and methods: male athletes ($n = 78$), members of the Russian national team in one of the types of wrestling (the average age is 25.2 (21.5–28.9) years, the average weight is 76.9 (68.4–83.4) kg) were recruited to this study. The examined athletes were divided into two groups according to their sporting achievements. The first one — SHA group (super-high achievements) which included athletes ($n = 19$) who had victories and prizes at the largest international competitions (European, World, Olympic Games), and the second group — MNT group (members of the national team) which included athletes that did not have similar achievements ($n = 59$). The following biochemical parameters were studied: urea, creatine kinase, ALT, AST, testosterone, cortisol, anabolic index (AI).

Results: the absolute values of all metabolites in the examined athletes were within the reference intervals. Statistically significant differences in most of the biochemical parameters were revealed between the compared groups in terms of the level of sports achievements. The SHA group showed a statistically significant shift in relation to MNT group, in direction of increasing the level of metabolites that characterize the predominance of anabolic processes — ALT, testosterone, AI. Metabolite levels, increase which reflects catabolic processes activity and inadequate or insufficient adaptation processes, in the SHA group were significantly lower than in the MNT group. The above changes of the absolute values of biochemical parameters were confirmed by correlation analysis.

Conclusions: the obtained results allow us to state the optimal adaptation of this sport, the adequacy of metabolic processes in the group of highly qualified athletes.

Keywords: blood biochemical parameters, highly qualified athletes, physical activity, adaptation

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

For citation: Alpatov S.P., Konovalov, I.V., Dibirova G.O., Kalinina E.V., Milesheva S.E., Tsitsuashvili M.D., Zhironova I.A., Kochetov A.G., Parastayev S.A. Biochemical indicators of sports achievements in highly qualified wrestlers. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):5–11 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.1>

Received: 8 March 2021

Accepted: 25 June 2021

Online first: 21 July 2021

Published: 10 August 2021

* Corresponding author

1. Введение

Физические и психологические нагрузки современного спорта высших достижений предполагают высокий уровень развития генетически детерминированной способности к их преодолению, т.е. стабильности функционирования систем жизнеобеспечения в условиях экстремальных стрессорных воздействий. Спортсмен, вышедший на уровень включения в состав национальной сборной команды, вне всяких сомнений, обладает не только высочайшим уровнем технико-тактической подготовленности и достаточными функциональными резервами, но и устойчивой готовностью к максимальному проявлению своих лучших качеств в планируемые периоды времени. Однако даже индивидуализированные программы спортивной подготовки и ее медико-биологического сопровождения не позволяют большинству атлетов становиться победителями и призерами крупнейших международных соревнований.

Спортивная результативность зависит от множества факторов, решающим из которых является способность набирать, сохранять и восстанавливать оптимальную спортивную форму. Одним из доступных методов, помогающих объективизировать данное состояние, оценить эффективность адаптационных механизмов, индуцированных нагрузками различной направленности и интенсивности, является рутинное биохимическое исследование крови, которое может выполняться в любой клинико-диагностической лаборатории. Уровни биохимических маркеров крови отражают эффективность приспособительных реакций (включая срочные и отсроченные изменения состава крови) на тренировочные стимулы, что позволяет полноценно оценивать влияние предъявляемых нагрузок и динамику восстановления,

актуальный уровень подготовленности. При этом модифицируемые параметры нагрузок (продолжительность, интенсивность, кратность) составляют сущность так называемых «внешних» нагрузок, а переносимость последних отражает «внутренние» нагрузки [1]. Именно индикаторный (маркерный) подход, отражающий взаимосвязь «внешних» и «внутренних» нагрузок, позволяет подойти к решению и эффективному выполнению задачи по контролю и предотвращению негативного влияния спортивных нагрузок на показатели здоровья и травматизма.

По данным литературы, наиболее чувствительными показателями, реагирующими на разовые и систематически физические нагрузки, являются:

- концентрация мочевины как конечного продукта катаболизма белков;
- активность трансаминаз (аланин- и аспартатами-нотрансферазы, АЛТ и АСТ соответственно) как интегральных маркеров цитолитического синдрома и/или критериев стабильности функционирования органных систем;
- активность креатинфосфокиназы (КФК) как индикатора энергетических процессов в мышцах;
- концентрация гормонов тестостерона и кортизола, а также отношение между указанными гормонами как индикаторами процессов анаболизма и адаптации [2, 3].

И здесь надо отметить, что планомерный анализ накопленного на сегодняшний день информационного массива может помочь в решении одной из основополагающих задач современной спортивной медицины — прогнозирования вероятного спортивного результата по характеру взаимосвязей лабораторных параметров.

Целью настоящего исследования являлся сравнительный анализ вышеперечисленных параметров крови в группах спортсменов-борцов высокого класса с разным уровнем спортивных достижений.

2. Материалы и методы

К исследованию были привлечены спортсмены мужского пола ($n = 78$), члены сборной команды России по одному из видов спортивной борьбы; средний возраст — 25,2 (21,5–28,9) года, средний вес — 76,9 (68,4–83,4) кг. Включенным в выборку спортсменам в рамках углубленных медицинских и этапных комплексных обследований (УМО и ЭКО соответственно) проводилось исследование биохимических параметров крови.

Тестируемые спортсмены были стратифицированы на две группы по уровню спортивных достижений. В группу СВД (сверхвысокие достижения) были включены спортсмены ($n = 19$), имеющие в своем активе победы и призовые места на крупнейших международных соревнованиях (чемпионаты Европы, мира, Олимпийские игры), а в группу ВСС (входящие в состав сборной) — не имеющие подобных достижений ($n = 59$).

Исследование биохимических показателей сыворотки крови осуществлялось на анализаторе Konelab 20 (Финляндия). Референсные значения в соответствии с инструкцией к наборам реагентов составили для мочевины 2,5–7,5 ммоль/л, КФК 25–200 Е/л, АЛТ менее 40 Е/л, АСТ менее 40 Е/л, тестостерона 9,0–42,0 нмоль/л, кортизола 150–770 нмоль/л. С целью интегральной оценки состояния организма спортсменов рассчитывался индекс анаболизма (ИА) по формуле: $IA (\%) = (\text{тестостерон} / \text{кортизол}) \times 100 \%$.

Статистическая обработка данных исследования проведена с использованием пакета прикладных программ SPSS, Microsoft Excel. Измеренные параметры имели нормальное распределение при проверке методом Колмогорова — Смирнова, а также по значениям асимметрии и эксцесса, а сравнение результатов исследования между группами проводилось с использованием доверительных интервалов и t -критерия для независимых

выборок. Различие считалось статистически значимым при расхождении доверительных интервалов и/или при величине t -критерия на уровне значимости $p < 0,05$. Ассоциации между показателями изучались с использованием корреляционного анализа по Пирсону.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Абсолютные значения всех метаболитов у обследованных спортсменов находились в пределах референтных интервалов. Между группами сравнения по уровню спортивных достижений выявлены статистически значимые различия большинства биохимических показателей (табл. 1).

Как следует из представленной таблицы, в группе СВД отмечается статистически значимый сдвиг относительно группы ВСС в сторону некоторого (в пределах референтных значений) увеличения содержания метаболитов, которые в большей степени характеризуют преобладание анаболических процессов: АЛТ, тестостерон, ИА. Метаболиты, повышение уровней которых преимущественно отражает активность процессов катаболизма и неадекватность или недостаточность адаптационных процессов, в группе СВД были статистически значимо ниже, чем в группе ВСС.

Вышеуказанные сдвиги абсолютных значений биохимических показателей подтвердились при корреляционном анализе (табл. 2).

Выявлены прямые сильные ассоциации между сверхвысокими достижениями и абсолютными значениями АЛТ, тестостерона, ИА. Соответственно, наблюдалась обратная сильная ассоциация сверхвысоких достижений с концентрацией мочевины и обратная средней силы с концентрацией кортизола.

В первую очередь, в группе СВД обращает на себя внимание более низкий уровень мочевины. Концентрация мочевины в практике биохимического контроля в спорте используется как один из наиболее информативных показателей оценки переносимости изнуряющих физических нагрузок и эффективности (качества) процессов восстановления после них.

Таблица 1

Уровни биохимических показателей у борцов высокой квалификации с различными спортивными достижениями

Table 1

The levels of biochemical indicators in highly qualified wrestlers with various sports achievements

Показатель / Indicator	ВСС, $n = 59$ / SHA, $n = 59$	СВД, $n = 19$ / MNT, $n = 19$	Различие (СВД-ВСС) / Difference (MNT-SHA)	p
Мочевина, ммоль/л / Urea, mMol/l	6,65(6,46–6,84)	5,81 (5,58–6,05)	-0,84 (-1,11/-0,56)	<0,001
КФК, Е/л / Creatinkinase, E/l	329,2(280,5–378,0)	376,3 (308,7–444,0)	47,1 (-28,0/+122,4)	0,195
АЛТ, Е/л / ALT, E/l	27,3(25,6–29,0)	31,0 (29,3–32,7)	+3,71 (1,60–5,83)	0,002
АСТ, Е/л / AST, E/l	36,6(34,3–38,9)	40,0 (36,5–43,5)	3,43 (-0,34/+7,20)	0,070
Тестостерон, нмоль/л / Testosterone, nMol/l	22,9(21,7–24,0)	25,0 (23,3–26,7)	+2,14 (0,31–3,98)	0,026
Кортизол, нмоль/л / Cortisol, nMol/l	584,6(549,5–619,8)	514,3 (452,3–576,3)	-70,3 (-135,7/-4,97)	0,038
ИА, % / AI, %	4,62(4,21–5,03)	5,92 (4,96–6,89)	+1,3 (0,32–2,29)	0,016

Таблица 2

Коэффициенты корреляции спортивных достижений и биохимических показателей у борцов высокой квалификации

Table 2

The correlation coefficients of sporting achievements and biochemical parameters in highly qualified wrestlers

Показатель / Indicator	Спортивные достижения (ВСС/СВД) / Sports achievements (SHA/MNT)	АЛТ / ALT	Тестостерон / Testosterone	ИА / AI	Мочевина / Urea	Кортизол / Cortisol	КФК / Creatin kinase	АСТ / AST
Спортивные достижения (ВСС/СВД) / Sports achievements (SHA/MNT)	1	0,817**	0,624*	0,656*	-0,872**	-0,549*	0,337	0,308
АЛТ / ALT	0,817**	1	0,583*	0,485	-0,628*	-0,336	0,095	0,16
Тестостерон / Testosterone	0,624*	0,583*	1	0,449	-0,478	-0,17	0,292	0,149
ИА / AI	0,656*	0,485	0,449	1	-0,704**	-0,931**	0,33	0,374
Мочевина / Urea	-0,872**	-0,628*	-0,478	-0,704**	1	0,724**	-0,311	-0,345
Кортизол / Cortisol	-0,549*	-0,336	-0,17	-0,931**	0,724**	1	-0,24	-0,342
КФК / Creatin kinase	0,337	0,095	0,292	0,33	-0,311	-0,24	1	0,869**
АСТ / AST	0,308	0,16	0,149	0,374	-0,345	-0,342	0,869**	1

Примечание / Note. * <0,05; ** <0,01.

Как известно, данное соединение $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ является конечным продуктом обмена белков и образуется в печени в процессе детоксикации аммиака (NH_3), элиминируется почками. Главным фактором изменения концентрации мочевины в крови является физическая нагрузка.

Изменение концентрации мочевины позволяет оценить степень использования белка в качестве энергетического субстрата (в процессе глюконеогенеза) [4]. Поэтому факт выявления сниженного его содержания в группе СВД (в сравнении с ВСС), с нашей точки зрения, свидетельствует о более высокой энергообеспеченности мышц у спортсменов СВД и преобладании анаболических процессов.

Об этом же свидетельствует более высокая активность КФК в группе СВД.

КФК (или КК — креатинкиназа) — фермент, катализирующий реакцию переноса фосфорильного остатка (фосфатной группы PO_3^-) с аденозинтрифосфата (АТФ) на креатин (с образованием высокоэнергетического соединения креатинфосфата — КФ, а также аденозиндифосфата — АДФ) и обратно. КФ-целнок задействован в обеспечении сократительной активности при нагрузках любой интенсивности — от минимальной до предельной, а уровень активности данного механизма определяется потребностью мышечной ткани в энергии [5]. В связи с очень небольшим содержанием АТФ в мышечной ткани в сравнении с потребностью в нем клетки для поддержания жизнеспособности и сократимости должны постоянно восполнять запасы данного

субстрата, и уровень КФК отражает активность этого процесса [6, 7].

Литературные данные о динамике ферментативной активности сывороточной КФК у спортсменов противоречивы, и отличия, главным образом, обусловлены типом преобладающей физической нагрузки — аэробная или анаэробная: у представителей скоростно-силовых видов, единоборств, сущность которых определяют анаэробные механизмы энергообеспечения, уровень КФК, как правило, выше, чем у представителей циклических видов спорта, в которых преобладает аэробное обеспечение [8, 9].

В нашем исследовании выявлена статистически незначимая, но явная тенденция более высокой активности КФК в группе СВД — средней силы прямая корреляционная связь и более высокие абсолютные значения. Это подтверждает важность именно анаэробных механизмов энергообеспечения в данном виде спорта для достижения сверхвысоких спортивных результатов.

АЛТ, АСТ — внутриклеточные ферменты, катализируют реакции трансаминирования, являются ключевыми ферментами обмена и взаимного синтеза аминокислот и кетокислот. АСТ и АЛТ способствуют синтезу аминокислот из кетокислот, которые образуются в реакциях гликолиза и цикла Кребса, или, наоборот, превращению аминокислот в кетокислоты, которые могут впоследствии использоваться на энергетические нужды. В ситуациях, не связанных с цитолизом, активация АЛТ чаще всего обусловлена необходимостью увеличения

количества пирувата, участвующего в синтезе глюкозы по реакциям глюконеогенеза, а активация АСТ — необходимостью синтеза альфа-кетоглутарата, центрального метаболита в синтезе аминокислот и, соответственно, белков [10–12].

Средней силы прямая ассоциация активности АСТ с группой СВД и более высокая активность данного фермента в группе СВД свидетельствуют о более активных в данной группе анаболических белковых процессах. Отсутствие статистической значимости пока не позволяет утверждать это как доказанный факт, но налицо выраженная тенденция к повышению АСТ при наличии сверхвысоких спортивных достижений.

Статистически значимое повышение активности АЛТ в группе СВД указывает на более высокую энергообеспеченность спортсменов данной группы, основанную на дополнительной адекватной поддержке уровня глюкозы, потребление которой резко вырастает при предельных нагрузках, характерных для спорта высоких достижений.

Представители группы СВД отличаются более высоким значением индекса анаболизма (выраженным в процентах отношением концентрации тестостерона к содержанию кортизола) — ИА. Данный индекс рассматривается как один из методов экспресс-оценки адекватности тренировочных нагрузок: снижение величины ИА ниже 3 % трактуется как относительный признак состояния перетренированности [13].

Вклад авторов:

Алпатов Сергей Петрович — написание текста статьи, редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Коновалов Иван Вячеславович — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

Дибирова Гюльнара Омарбековна — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

Калинина Елена Владимировна — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

Милешина Светлана Евгеньевна — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

Цицуашвили Майя Давидовна — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

Жирова Ирина Алексеевна — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

Кочетов Анатолий Глебович — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Парастаев Сергей Андреевич — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Список литературы

1. Schwellnus M., Soligard T., Alonso J-M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. Br. J. Sports Med. 2016;50(17):1043–1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>

Тестостерон — стероидный гормон из группы андрогенов, определяющий возможность увеличения мышечной массы, силы и контролируемой агрессивности спортсменов, что особенно важно для единоборцев. Кортизол (гидрокортизон) — глюкокортикоидный гормон, также стероидной природы, является основным маркером повышения процессов катаболизма. Стрессорная гиперпродукция кортизола может ингибировать синтез тестостерона [14]. Более высокие концентрации тестостерона и более низкие кортизола в группе СВД и, соответственно, более высокий ИА подтверждают важность сохранности анаболических процессов и необходимость стрессоустойчивости для достижения сверхвысоких спортивных результатов.

4. Выводы

Совокупность рассмотренных в исследовании биохимических параметров позволяет констатировать оптимальную адаптированность к данному виду спорта, адекватность обменных процессов у спортсменов группы с более высокими результатами. Полученные результаты коррелируют с полученными нами ранее данными о состоянии системы иммунитета в этих же группах спортсменов с разным уровнем спортивных достижений [15, 16]. Эти особенности отражают способность спортсменов легче переносить тренировочные нагрузки и более качественно восстанавливаться после них, что, в итоге, создает предпосылки для достижения побед на международных соревнованиях высшего уровня.

Authors' contributions:

Sergey P. Alpatov — article text writing, editing, approval of the article final version.

Ivan V. Konovalov — article text writing, collection and statistical processing of data.

Gulnara O. Dibirova — article text writing, collection and statistical processing of data.

Elena V. Kalinina — article text writing, collection and statistical processing of data.

Svetlana E. Mileshina — article text writing, collection and statistical processing of data.

Maya D. Tsitsuashvili — article text writing, collection and statistical processing of data.

Irina A. Zhirona — article text writing, collection and statistical processing of data.

Anatoly G. Kochetov — editing, approval of the article final version.

Sergey A. Parastaev — editing, approval of the article final version.

References

1. Schwellnus M., Soligard T., Alonso J-M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. Br. J. Sports Med. 2016;50(17):1043–1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>

2. **Лопатина А.Б.** Теоретические аспекты изменения биохимических показателей крови организма спортсмена как показатель адаптационных процессов. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2014;9(2):115–120.

3. **Шаройко В.В., Курьянович Е.Н., Борисова О.О.** Перспективы использования биомаркеров в системе физической подготовки спортсменов. В: Медико-биологические аспекты физической подготовки и спорта в вооруженных силах Российской Федерации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 180-летию со дня рождения П.Ф. Лесгафта. СПб.: Военный институт физической культуры; 2017, с. 156–167.

4. **Михайлов С.С.** Биохимия двигательной деятельности: учебник для вузов и колледжей физической культуры. 6-е издание. М.: Спорт; 2016. 296 с.

5. **Хайтин В.Ю., Матвеев С.В., Гришин М.Ю.** Уровень креатинфосфокиназы крови как критерий восстановления у профессиональных футболистов в соревновательном периоде. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;8(4):22–27. <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.4.22>

6. **Bessman S.P., Carpenter C.L.** The creatine-creatine phosphate energy shuttle. *Annu. Rev. Biochem.* 1985;54:831–862. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.54.070185.004151>

7. **Gaddi A.V., Galuppo P., Yang J.** Creatine Phosphate Administration in Cell Energy Impairment Conditions: a Summary of Past and Present Research. *Heart Lung Circ.* 2017;26(10):1026–1035. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2016.12.020>

8. **Brancaccio P., Maffulli N., Limongelli F.M.** Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br. Med. Bull.* 2007;81-82:209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>

9. **Раджабкдиев Р.В.** Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам. Наука и спорт: современные тенденции. 2019;7(2):81–91.

10. **Плакунов В.К.** Основы энзимологии. Москва: Логос; 2002. 128 с.

11. **Chirkin A., Stepanova N., Doaoub M.N., et al.** Biochemical and anthropometric characteristics developed metabolic syndrome in athletes. In: 13 Internat. Conf. on Biology and Medical Sciences, 15 march, 2017. Vienna: East West; 2017, p. 79–85.

12. **Никулин Б.А., Родионова И.И.** Биохимический контроль в спорте. М.: Сов. Спорт; 2011. 232 с.

13. **Грязных А.В.** Индекс тестостерон/кортизол как эндокринный маркер процессов восстановления висцеральных систем после мышечного напряжения. Человек. Спорт. Медицина. 2011;(20(237)):107–111.

14. **Эргашева Н.О.** Изучение белкового обмена при воздействии химических и физических факторов. Медицинские новости. 2019;(6(297)):81–82.

15. **Алпатов С.П., Рыгалов М.А., Поляев Б.А., Кочетов А.Г., Козлов И.Г.** Сравнительный анализ состояния клеточного иммунитета борцов высокой квалификации в зависимости от уровня спортивных достижений. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2015;(4(130)):20–23.

16. **Алпатов С.П., Дибирова Г.О., Калинина Е.В., Кочетов А.Г., Коновалов И.В., Маркина Е.В., и др.** Влияние профилактической иммуноотерапии на показатели клеточного иммунитета спортсменов-единоборцев высокого класса в зависимости от уровня спортивных достижений. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;8(4):46–54. <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.4.46>

2. **Lopatina A.B.** Theoretical aspects of changes in the biochemical parameters of the blood of an athlete's body as an indicator of adaptation processes. *Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoi kul'tury i sporta* = The Russian Journal of Physical Education and Sport. 2014;9(2):115–120 (In Russ.).

3. **Sharoiko V.V., Kuryanovich E.N., Borisova O.O.** Prospects for the use of biomarkers in the system of physical training of athletes. In: Biomedical aspects of physical training and sports in the armed forces of the Russian Federation: Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 180th anniversary of the birth of P.F. Lesgaft. St. Petersburg: Military Institute of Physical Education; 2017, p. 156–167 (In Russ.).

4. **Mikhailov S.S.** Biochemistry of motor activity: a textbook for universities and colleges of physical culture. 6th edition. Moscow: Sport Publ.; 2016. 296 p. (In Russ.).

5. **Khaitin V.Yu., Matveev S.V., Grishin M.Yu.** The level of serum creatine phosphokinase as a criterion of recovery in professional soccer players during the competitive period. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* = Sports medicine: research and practice. 2018;8(4):22–27 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.4.22>

6. **Bessman S.P., Carpenter C.L.** The creatine-creatine phosphate energy shuttle. *Annu. Rev. Biochem.* 1985;54:831–862. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.54.070185.004151>

7. **Gaddi A.V., Galuppo P., Yang J.** Creatine Phosphate Administration in Cell Energy Impairment Conditions: a Summary of Past and Present Research. *Heart Lung Circ.* 2017;26(10):1026–1035. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2016.12.020>

8. **Brancaccio P., Maffulli N., Limongelli F.M.** Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br. Med. Bull.* 2007;81-82:209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>

9. **Radzhabkadiyev R.V.** Biochemical markers of adaptation of highly qualified athletes to various physical loads. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii* = Science and sport: current trends. 2019;7(2):81–91 (In Russ.).

10. **Plakunov V.K.** Fundamentals of Enzymology. Moscow: Logos Publ.; 2002. 128 p. (In Russ.).

11. **Chirkin A., Stepanova N., Doaoub M.N., et al.** Biochemical and anthropometric characteristics developed metabolic syndrome in athletes. In: 13 Internat. Conf. on Biology and Medical Sciences, 15 march, 2017. Vienna: East West; 2017, p. 79–85.

12. **Nikulin B.A., Rodionova I.I.** Biochemical control in sports: scientific method. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2011. 232 p. (In Russ.).

13. **Gryaznykh A.V.** Testosterone / cortisol index as an endocrine marker of the processes of restoration of visceral systems after muscle tension. *Chelovek. Sport. Meditsina* = Human. Sport. Medicine. 2011;(20(237)):107–111 (In Russ.).

14. **Ergasheva N.O.** The study of protein metabolism under the influence of chemical and physical factors. *Meditsinskie novosti* [Medical News]. 2019;(6(297)):81–82 (In Russ.).

15. **Alpatov S.P., Rygalov M.A., Polyayev B.A., Kochetov A.G., Kozlov I.G.** Comparative analysis of the state of cellular immunity of highly qualified wrestlers depending on the level of sports achievements. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina* [Physiotherapy and sports medicine]. 2015;(4(130)):20–23 (In Russian).

16. **Alpatov S.P., Dibirova G.O., Kalinina E.V., Kochetov A.G., Kononov I.V., Markina E.V., et al.** The effect of preventive immunotherapy on indicators of cellular immunity of high-class martial art athletes depending on the level of sporting achievements. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* = Sports medicine: research and practice. 2018;8(4):46–54 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.4.46>

Информация об авторах:

Алпатов Сергей Петрович*, к.м.н., старший преподаватель кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2233-7301> (+7 (985) 767-77-26, immunosport@rambler.ru)

Коновалов Иван Вячеславович, к.м.н., доцент кафедры инфекционных болезней у детей ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4210-9226>

Дибирова Гюльнара Омарбековна, к.м.н., доцент кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1500-4974>

Калинина Елена Владимировна, к.м.н., доцент кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0369-0233>

Милешина Светлана Евгеньевна, к.м.н., доцент кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8082-9393>

Цицуашвили Майя Давидовна, к.б.н., старший преподаватель кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7761-8683>

Жирова Ирина Алексеевна, к.м.н., доцент кафедры госпитальной терапии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6621-2052>

Кочетов Анаголий Глебович, д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; ректор АНО ДПО «Институт лабораторной медицины», 117566, г. Москва, Черноборский бульвар, д. 4, к. 3. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3632-291X>

Парастаев Сергей Андреевич, д.м.н., профессор кафедры реабилитации и спортивной медицины ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

Information about the authors:

Sergey P. Alpatov*, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Lecturer of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2233-7301> (+7 (985) 767-77-26, immunosport@rambler.ru)

Ivan V. Kononov, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Infectious Diseases in Children of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4210-9226>

Gulnara O. Dibirova, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1500-4974>

Elena V. Kalinina, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0369-0233>

Svetlana E. Mileshina, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8082-9393>

Maya D. Tsitsuashvili, M.D., Ph.D. (Biology), Senior Lecturer of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7761-8683>

Irina A. Zhirova, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Hospital Therapy of the Medical Institute of the RUDN University, 8, Miklukho-Maklaya, str., Moscow, 117198, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6621-2052>

Anatoly G. Kochetov, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Hospital Therapy of the Medical Institute of the RUDN University, 8, Miklukho-Maklaya, str., Moscow, 117198, Russia; Rector of the Institute of Laboratory Medicine, 4, bld 3, Chernoborskiy blvd, Moscow, 117566, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3632-291X>

Sergey A. Parastaev, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Rehabilitation and Sports Medicine Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author