

ГОРМОНАЛЬНЫЙ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СТАТУС СПОРТСМЕНОВ-ПЛОВЦОВ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ИНТЕНСИВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

В.В. Корнякова¹, bbk_2007@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4820-039X>
В.А. Бадтиева^{2,3}, maratik2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X>
И.П. Степанова¹, stepanova_ip@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7506-949X>
И.Ф. Патракова¹, garina.iryana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9425-9034>

¹ Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия

² Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

³ Первый Московский государственный медицинский университет, им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

Аннотация. **Цель:** изучить влияние интенсивных физических нагрузок на гормональный и метаболический статус пловцов с целью выявления маркеров физического перенапряжения. **Материалы и методы.** В исследовании принял участие 21 спортсмен-пловец в возрасте 18–19 лет. В первую группу вошли семь спортсменов, не имеющих жалоб на физическое перенапряжение. Вторую группу испытуемых составили столько же пловцов, предъявляющих жалобы на перенапряжение. Спортсмены обеих групп обследованы на этапе контрольно-подготовительного мезоцикла. Контрольную группу составили семь пловцов, не испытывающих интенсивные нагрузки. В сыворотке крови спортсменов определяли концентрацию молочной и мочевой кислот, мочевины, глюкозы унифицированными методами; содержание кортизола, свободного трийодтиронина (fT₃), свободного тироксина (fT₄) и тиреоглобулина – при помощи набора реагентов «Вектор-Бест». **Результаты.** У спортсменов второй группы отмечено достоверное повышение в сыворотке крови содержания молочной и мочевой кислот и снижение концентрации глюкозы относительно контроля и первой группы пловцов. В группе спортсменов с признаками физического перенапряжения концентрация кортизола выше в 1,32 раза по сравнению с контролем (P = 0,002) и в 1,11 – по сравнению с пловцами первой группы (P < 0,015). Концентрация тиреоглобулина у спортсменов второй группы в 2,42 раза ниже по сравнению с данным показателем у пловцов первой группы (P = 0,015), а содержание fT₄ в 1,17 раза меньше, чем в контроле (P = 0,02). **Заключение.** У пловцов с жалобами на физическое перенапряжение выявлено повышение концентрации лактата, мочевой кислоты, кортизола и снижение содержания глюкозы, тиреоглобулина и fT₄. Данные параметры можно использовать в качестве предикторов физического перенапряжения.

Ключевые слова: физическое перенапряжение, пловцы, кортизол, трийодтиронин, тироксин, тиреоглобулин

Для цитирования: Гормональный и метаболический статус спортсменов-пловцов, испытывающих интенсивные физические нагрузки / В.В. Корнякова, В.А. Бадтиева, И.П. Степанова, И.Ф. Патракова // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S2. С. 31–39. DOI: 10.14529/hsm24s205

HORMONAL AND METABOLIC STATUS IN ATHLETES UNDERGOING INTENSE TRAINING

V.V. Korniyakova¹, bbk_2007@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4820-039X>
V.A. Badtieva^{2,3}, maratik2@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4291-679X>
I.P. Stepanova¹, stepanova_ip@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7506-949X>
I.F. Patrakova¹, garina.iryina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9425-9034>

¹ Omsk State Medical University, Omsk, Russia

² Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

³ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. This paper aims at evaluating the effect of intense training on the hormonal and metabolic profiles of competitive swimmers, with particular emphasis on biomarkers of overtraining. **Materials and methods.** The study involved 3 groups of subjects (n = 21; 18-19 years of age), namely: group 1 (n = 7) – swimmers experiencing no overtraining symptoms during the preparatory mesocycle; group 2 (n = 7) – swimmers experiencing overtraining symptoms during the preparatory mesocycle; and the control group – swimmers without intense exercise. Serum concentrations of lactic acid, uric acid, urea, glucose, cortisol, free triiodothyronine (FT3), free thyroxine (FT4), and thyroglobulin were measured using standardized methods. **Results.** Lactic acid and uric acid levels were elevated in Group 2 compared to both other groups. Glucose concentrations were decreased in Group 2 compared to both other groups. Cortisol levels were 1.32 and 1.11 times higher in Group 2 compared to the control group (P = 0.002) and Group 1 (P < 0.015), respectively. Thyroglobulin concentrations were 2.42 times lower in Group 2 compared to Group 1 (P = 0.015). FT4 levels were 1.17 times lower in Group 2 compared to the control group (P = 0.02). **Conclusion.** The findings suggest that swimmers experiencing overtraining exhibit increased lactic acid, uric acid, and cortisol levels, decreased glucose and thyroglobulin concentrations, and reduced FT4 content. These biochemical changes may serve as potential biomarkers of overtraining.

Keywords: overtraining, swimmers, cortisol, triiodothyronine, thyroxine, thyroglobulin

For citation: Korniyakova V.V., Badtieva V.A., Stepanova I.P., Patrakova I.F. Hormonal and metabolic status in athletes undergoing intense training. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(S2):31–39. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s205

Введение. Интенсивная физическая активность, присущая современным спортивным нагрузкам, нередко приводит к истощению компенсаторных возможностей и возникновению неблагоприятных сдвигов в метаболических процессах, следствием которых является не только снижение работоспособности, но и развитие физического перенапряжения и/или перетренированности [11]. С целью своевременного выявления нарушений проводят мониторинг метаболических показателей спортсменов. Интенсивный тренировочный процесс может явиться причиной изменения гормонального профиля гипоталамо-гипофизарно-адренортикаральной системы в связи с напряжением адаптивных метаболических процессов. Традиционным является определение уровня одного из стресс-

гормонов – кортизола, обладающего широким спектром эффектов [7]. Чрезмерное повышение уровня кортизола увеличивает продолжительность восстановления и негативно влияет на спортивные результаты [9, 14]. С точки зрения других авторов, нет никаких доказательств негативного влияния глюкокортикоидов на организм спортсменов с диагнозом «перетренированность» при достижении чрезмерных уровней этих гормонов [16].

Интенсивные физические нагрузки могут вызывать сдвиги в содержании тиреоидных гормонов и их соотношении [17, 18]. Негативные изменения в функционировании щитовидной железы, возникающие при интенсивных физических нагрузках, могут нанести вред здоровью спортсмена [10]. Прогнозирование физического перенапряжения, в том

числе и перетренированности на основании данных тиреоидного статуса, на сегодняшний день до конца не изучено [4].

Научные исследования подтверждают, что деятельность щитовидной железы зависит от вида физических нагрузок, развивающегося при них дефицита энергетического обеспечения и изменений в гипоталамо-гипофизарно-щитовидной оси [2]. Дисфункции щитовидной железы у спортсменов приводят к возникновению нарушений в работе сердечно-сосудистой системы и некоторых других жизненно-важных систем [12, 13].

Доказано, что на уровень свободно циркулирующего T_3 определенное влияние оказывает селен, содержание которого может снижаться при интенсивных физических нагрузках [15]. Недостаточный уровень селена ассоциируется со снижением синтеза селеноцистеинзависимых йодтирониндейодиназ, катализирующих восстановительное высвобождение йода из гормонов тиронина для повторного использования. Дейодиназы способствуют активации и инактивации первоначально высвобождаемого гормона-предшественника T_4 (тироксина) в T_3 (трийодтиронин) или rT_3 (обратный трийодтиронин) в клетках-мишенях. Имеются данные о прямо пропорциональной линейной связи между дефицитом селена и снижением выработки T_3 в организме человека, однако такие сведения ограничены в связи со сложностью оценки потребления и статуса селена [1]. Установлено, что дефицит селена может привести к снижению не только уровня T_3 , но и соотношения T_3/T_4 [18].

Сдвиги в гормональном фоне спортсменов, испытывающих нагрузки на выносливость, формируются в течение достаточно длительного времени. Кроме того, при оценке гормонального статуса женщин, занимающихся спортом, нужно учитывать, что изменение уровня гормонов щитовидной железы может быть связано с аменореей и энергодефицитом [19]. Углубленное изучение изменения гормонального фона при физических нагрузках будет способствовать выявлению биохимических предикторов физического перенапряжения и будет лежать в основе научного обоснования изменения объема учебно-тренировочных нагрузок, а также позволит разработать пути профилактики возможных гормональных нарушений у интенсивно тренирующихся спортсменов.

Цель исследования: изучить влияние интенсивных физических нагрузок на гормональный и метаболический статус пловцов с целью выявления маркеров физического перенапряжения.

Материалы и методы. В выборку вошли 14 пловцов мужского пола в возрасте 18–19 лет, которые имели первый спортивный разряд, разряд кандидата в мастера спорта или мастера спорта. Спортсмены обследованы в контрольно-подготовительном мезоцикле тренировок. Пловцы были поделены на две группы по семь спортсменов в каждой. Спортсмены первой группы не предъявляли жалоб на физическое перенапряжение. Спортсмены второй группы на основании субъективных ощущений предъявляли жалобы на снижение работоспособности, нежелание тренироваться, повышенную утомляемость. Была сформирована контрольная группа из семи спортсменов-пловцов, не испытывающих интенсивных физических нагрузок и допущенных по результатам углубленного медицинского обследования к занятиям спортом. Забор крови для исследования проводили утром, натощак. Кровь забирали из локтевой вены. В сыворотке крови определяли концентрации молочной и мочевой кислот, мочевины, глюкозы с использованием реактивов фирм «Hospitex Diagnostics» и «Ольвекс Диагностика»; содержание кортизола, свободного трийодтиронина (fT_3), свободного тироксина (fT_4) и тиреоглобулина анализировали при помощи набора реагентов «Вектор-Бест». Статистический анализ проводили с использованием U-критерия Манна – Уитни с использованием компьютерной программы SPSS 13.0 for Windows. Уровень значимости считали достаточным при $P < 0,05$.

При проведении исследования соблюдали принципы Хельсинской декларации «Этические принципы медицинских исследований с привлечением человека в качестве их субъекта». Все спортсмены, принявшие участие в исследовании, подписали добровольное информированное согласие. Проведение исследования одобрено локальным Этическим комитетом ФГБОУ ВО «ОмГМУ Минздрава России» (протокол № 111 от 14.06.2019 г.).

Результаты исследования и их обсуждение. В контрольной группе спортсменов содержание лактата – $2,20 \pm 0,15$ ммоль/л, мочевой кислоты – $325,0 \pm 0,10$ мкмоль/л, мочеви-

ны – $5,27$ ммоль/л, глюкозы – $5,17 \pm 11$ ммоль/л. У спортсменов второй группы, предъявляющих жалобы на снижение работоспособности, содержание лактата увеличено в $2,44$ раза по сравнению с аналогичным показателем у лиц контрольной группы ($P = 0,002$) и в $1,29$ раза – по сравнению со спортсменами первой группы ($P < 0,05$). Содержание мочевой кислоты у спортсменов с признаками физического перенапряжения увеличено по сравнению с контролем и спортсменами первой группы соответственно в $1,52$ ($P = 0,007$) и $1,47$ раза ($P = 0,04$). Содержание глюкозы у спортсменов второй группы было снижено в $1,34$ раза ($P = 0,01$) по сравнению с контролем и в $1,38$ раза ($P = 0,006$) по сравнению с пловцами первой группы. Концентрация мочевины у спортсменов второй группы достоверно не отличалась от аналогичного показателя в контрольной и первой группах испытуемых.

В контрольной группе спортсменов содержание в сыворотке крови кортизола составило 887 ($742-938$) нмоль/л, fT_3 – $2,74$ ($2,66-2,96$) пмоль/л, fT_4 – $14,5$ ($12,8-14,7$) пмоль/л и тиреоглобулина – $3,89$ ($2,71-8,78$) нг/мл. В первой группе спортсменов уровень кортизола был повышен в $1,19$ раза по сравнению с контролем ($P = 0,01$). У спортсменов с при-

знаками физического перенапряжения концентрация кортизола была еще более высокой, она в $1,32$ раза превышала аналогичный показатель в контроле ($P = 0,002$) и в $1,11$ раза превосходила значение у обследованных первой группы ($P = 0,015$) (рис. 1).

У спортсменов первой группы не отмечено статистически значимых отличий по содержанию тиреоглобулина в крови по сравнению с контрольной группой, в то время как у пловцов второй группы этот параметр был снижен в $1,98$ раза ($P = 0,004$). Кроме того, уровень тиреоглобулина у спортсменов последней из названных групп был ниже в $2,42$ раза по сравнению с аналогичным параметром у спортсменов первой группы ($P = 0,015$) (рис. 2).

У спортсменов первой группы уровень fT_4 в крови статистически значимо не отличался от данного параметра в контрольной группе, у пловцов второй группы он был снижен в $1,17$ раза ($P = 0,02$) (рис. 3). По содержанию в сыворотке крови fT_3 достоверных отличий между группами спортсменов не обнаружено.

Согласно литературным данным, чрезмерные физические нагрузки не обязательно приводят к дисфункции щитовидной железы, они могут быть связаны с транзиторными

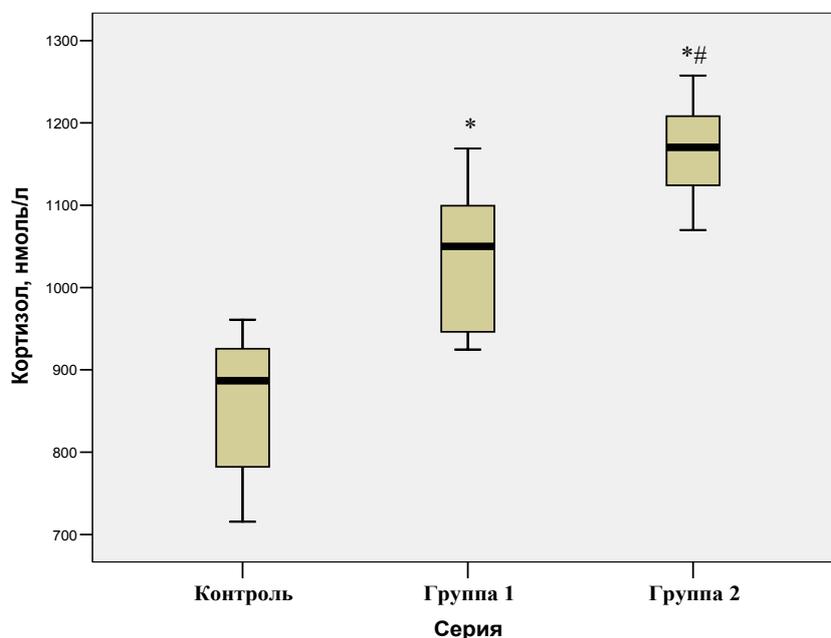


Рис. 1. Содержание кортизола в сыворотке крови спортсменов-пловцов: группа 1 – не предъявляющие жалоб, группа 2 – предъявляющие жалобы на перенапряжение; * – $P < 0,05$ по сравнению с контролем; # – $P < 0,05$ по сравнению с группой 1

Fig. 1. Serum cortisol levels in swimmers: Group 1 – swimmers experiencing no overtraining symptoms; Group 2 – swimmers experiencing overtraining symptoms; * – $P < 0.05$ compared to the control group; # – $P < 0.05$ compared to Group 1

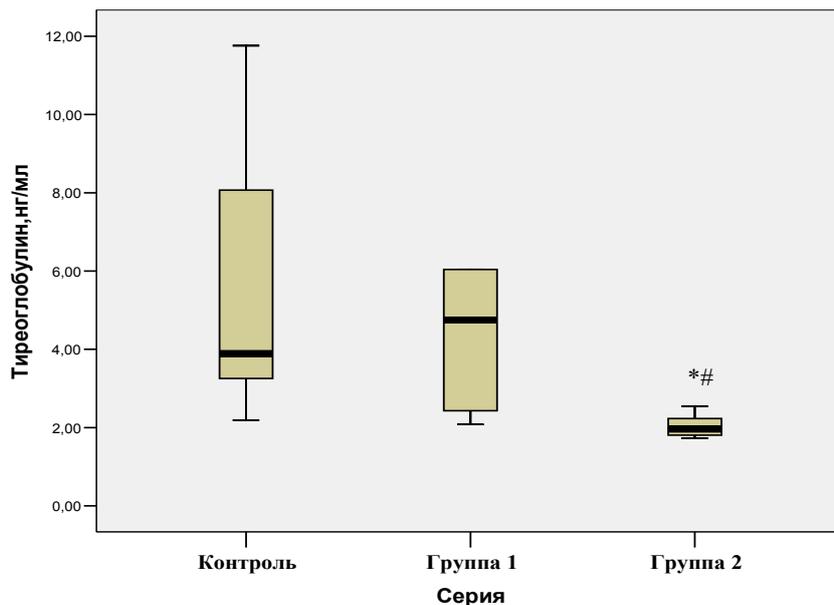


Рис. 2. Содержание тиреоглобулина в сыворотке крови спортсменов-пловцов; группа 1 – не предъявляющие жалоб, группа 2 – предъявляющие жалобы на перенапряжение; * – $P < 0,05$ по сравнению с контрольной группой; # – $P < 0,05$ по сравнению с группой 1

Fig. 2. Serum thyroglobulin levels in swimmers; Group 1 – swimmers experiencing no overtraining symptoms; Group 2 – swimmers experiencing overtraining symptoms; * – $P < 0.05$ compared to the control group; # – $P < 0.05$ compared to Group 1

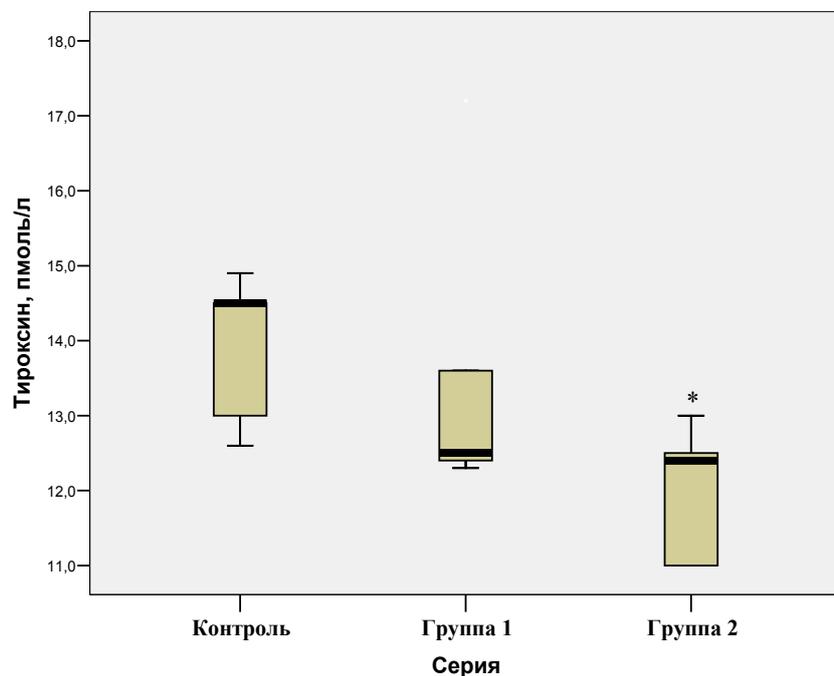


Рис. 3. Содержание тироксина в сыворотке крови спортсменов-пловцов: группа 1 – не предъявляющие жалоб, группа 2 – предъявляющие жалобы на перенапряжение; * – $P < 0,05$ по сравнению с контрольной группой

Fig. 3. Serum thyroxine levels in swimmers: Group 1 – swimmers experiencing no overtraining symptoms; Group 2 – swimmers experiencing overtraining symptoms; * – $P < 0.05$ compared to the control group

нарушениями метаболизма ее гормонов, связанными со снижением периферической конверсии тироксина в трийодтиронин и/или функциональной активности щитовидной железы из-за высвобождаемых во время физической нагрузки циркулирующих ингибирующих факторов [16]. Однако необходимо учитывать, что дефицит гормонов щитовидной железы может оказывать негативное влияние на сократительную функцию скелетных мышц [2]. По данным Е.А. Туровой и соавт. (2020), гормональный дисбаланс, возникающий вследствие чрезмерного физического перенапряжения, является фактором снижения эффективности тренировочной деятельности и восстановительных процессов у спортсменов. Отмечено, что у 32 % обследованных спортсменов диагностируются снижение содержания гормонов щитовидной железы и гипотиреоз.

В ходе проведенного исследования показано, что интенсивные физические нагрузки приводят к повышению уровня кортизола в крови, очевидно, вследствие активации стресс-реализующих систем. Более высокое содержание кортизола отмечается у спортсменов с жалобами на физическое перенапряжение (снижение работоспособности, нежелание тренироваться, повышенную утомляемость). Учитывая тот факт, что уровень кортизола повышается после физических нагрузок и не только у юных спортсменов, но и у взрослых [8, 14], этот отдельно взятый показатель не может быть рассмотрен как предиктор физического перенапряжения. Это подтверждают и другие исследования, в частности, при изучении восстановительных процессов у гребцов на каноэ через 14 и 44 часа после недельного тренировочного микроцикла показано, что оценка уровня кортизола в крови менее информативна, чем активность аспаратаминотрансферазы [6]. Нужно учитывать и тот факт, что сочетание относительно низкого значения кортизола в крови с высоким уровнем тиреотропного гормона и свободного тироксина свидетельствует о более высокой тренированности спортсменов и об адаптации гипофизарно-тиреоидной и гипофизарно-надпочечниковой систем к регулярным интенсивным физическим нагрузкам [5]. Вместе с тем необходимо понимать, что высокий уровень кортизола увеличивает риск развития

сердечно-сосудистой патологии и внезапной сердечной смерти [2, 10].

Заключение. Любые выявленные в ходе мониторинга состояния здоровья спортсмена метаболические изменения должны учитываться для корректировки тренировочного процесса и рациона питания [18]. До настоящего времени не прекращается поиск предикторов физического перенапряжения на основе биохимических показателей, отражающих метаболические процессы [3]. Во всех исследуемых группах спортсменов содержание мочевой кислоты, мочевины и глюкозы находилось в пределах референсных интервалов. Во второй группе спортсменов максимальное превышение по сравнению с контролем выявлено по лактату. Кроме того, по этому показателю зафиксированы наибольшие отличия между первой и второй группами спортсменов. У спортсменов второй группы отмечено повышение мочевой кислоты по сравнению с контролем и спортсменами первой группы, не предъявляющими жалоб на снижение работоспособности, что свидетельствует о нарушении пуринового обмена у спортсменов первой из названных групп и подчеркивает значимость этого показателя в качестве маркера физического перенапряжения.

В настоящем исследовании выявлено, что у спортсменов, не предъявляющих жалобы на физическое перенапряжение, содержание fT_3 и fT_4 не отличалось от контрольных значений. В группе пловцов с жалобами на физическое перенапряжение наблюдалась иная картина: уровень тиреоглобулина был снижен в 1,98 раза, а fT_4 – в 1,17 раза по сравнению с контролем. Данные результаты свидетельствуют о возможности рассмотрения изменения уровня гормонов щитовидной железы как диагностических тестов физического перенапряжения.

В перспективе необходим поиск путей профилактики потенциально возможных нарушений метаболизма гормонов щитовидной железы у спортсменов с интенсивными нагрузками. При зависимости уровня свободного тироксина и тиреоглобулина от содержания селена [1] одним из путей профилактики может явиться использование биологически активных селеносодержащих добавок. Маркером необходимости дополнительного введения селена может служить снижение активности селенозависимой глутатионпероксидазы.

Список литературы

1. Бирюкова, Е.В. Современный взгляд на роль селена в физиологии и патологии щитовидной железы / Е.В. Бирюкова // *Эффективная фармакотерапия*. – 2017. – № 8. – С. 34–41.
2. Даутова, А.З. Взаимосвязи гормонального статуса и показателей красной крови с кардиореспираторной выносливостью у спортсменов и нетренированных юношей / А.З. Даутова, В.Г. Шамратова // *Журнал мед.-биол. исследований*. – 2022. – Т. 10, № 2. – С. 110–121. DOI: 10.37482/2687-1491-Z097
3. Корнякова, В.В. Функциональная готовность спортсменов циклических видов спорта / В.В. Корнякова, В.А. Бадтиева, В.Д. Конвай // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 128–134. DOI: 10.14529/hsm200116
4. Макарова, Г.А. Показатели биохимического состава крови в системе срочного и текущего контроля в видах спорта, направленных на развитие выносливости. (Авторское видение проблемы) / Г.А. Макарова, Ю.А. Холякко, Б.А. Поляев // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. – 2018. – № 4 (148). – С. 28–36.
5. Мегерян, С.Д. Связь параметров гормонального статуса спортсменов с результатами кардиореспираторного нагрузочного тестирования / С.Д. Мегерян // *Клинич. практика*. – 2018. – Т. 9, № 3. – С. 16–21.
6. Новый подход к анализу и оценке текущих постнагрузочных изменений состава крови у высококвалифицированных спортсменов (на примере гребли на каноэ) / Г.А. Макарова, С.М. Чернуха, А.А. Карпов, А.С. Апрыщенко // *Вестник спортивной науки*. – 2022. – № 1. – С. 42–47.
7. Оценка некоторых показателей биохимического статуса боксеров / Р.М. Раджаббадиев, И.В. Кобелькова, К.В. Выборная и др. // *Вестник спортивной науки*. – 2019. – № 5. – С. 52–56.
8. Самикулин, П.Н. Характер изменения кортизола у юношей с различным уровнем тренированности в условиях восстановления после субмаксимальной мышечной нагрузки / П.Н. Самикулин, А.В. Грязных // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 5–13. DOI: 10.14529/hsm170101
9. Субклинический гипотиреоз у спортсменов: результаты ретроспективного анализа данных углубленного медицинского обследования / Е.А. Турова, Е.А. Теняева, И.Н. Арикулова, В.А. Бадтиева // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2023. – Т. 23, № 1. – С. 132–139. DOI: 10.14529/hsm230118
10. Тиреотидный статус при физических нагрузках / В.В. Корнякова, Я.А. Сауткин, М.В. Заболотных и др. // *Международ. журнал приклад. и фундамент. исследований*. – 2018. – № 5–1. – С. 175–179.
11. Эндокринные изменения при перетренированности спортсменов / Н.А. Демидов, З.Г. Орджоникидзе, В.И. Павлов и др. // *Моск. медицина*. – 2019. – № 6 (34). – С. 42.
12. Arkader, R. Physiological changes of Exercise of Thermogenesis, Thyroid Homeostasis and Inflammations / R. Arkader, R.M. Rosa, G. Moretti // *Endocrinology & Metabolism International Journal*. – 2017. – No. 4 (5). – P. 00099. DOI: 10.15406/emij.2016.03.00055
13. Austin, K.G. Thyroid Therapy or Dysfunction in Athletes: Is it Time to Revisit the Clinical Practice Guidelines? / K.G. Austin, S.M. Petak // *Current Sports Medicine Reports*. – 2019. – No. 18 (12). – P. 474–476. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000663
14. Berdiyeva, D.T. Studying hormonal changes during training in athletes / D.T. Berdiyeva, M.M. Abdullayeva // *Academic Research in Educational Sciences*. – 2020. – No. 1 (1). – P. 166–172.
15. Emre M.H. Serum selenium response to maximal anaerobic exercise among sportsmen trained at various levels / Emre M.H., Duzova H., Sancak B. et al. // *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*. – 2004. – No. 17 (2). – P. 93–100.
16. Hackney, A.C. Hormonal Adaptation and the Stress of Exercise Training: The Role of Glucocorticoids / A.C. Hackney, E.A. Walz // *Trends Sport Sci*. – 2013. – Vol. 20 (4). – P. 165–171.
17. Klasson, C.L. Daily physical activity is negatively associated with thyroid hormone levels, inflammation, and immune system markers among men and women in the NHANES dataset / C.L. Klasson, S. Sathir, H. Pontzer // *PLoS One*. – 2022. – No. 17 (7). – e0270221. DOI: 10.1371/journal.pone.0270221
18. Larson-Meyer, D.E. Thyroid Function and Nutrient Status in the Athlete / D.E. Larson-Meyer, D.E. Gostas // *Current Sports Medicine Reports*. – 2020. – No. 19 (2). – P. 84–94. DOI: 10.1249/JSR.0000
19. Thyroid hormones and commonly cited symptoms of overtraining in collegiate female endurance runners / J.X. Nicoll, D.L. Hatfield, K.J. Melanson, C.S. Nasin // *European journal of applied physiology*. – 2018. – No. 118 (1). – P. 65–73. DOI: 10.1007/s00421-017-3723-9

References

1. Biryukova E.V. [A Contemporary View on a Role Played by Selenium in Physiology and Pathology of the Thyroid Gland]. *Effektivnaya farmakoterapiya* [Effective Pharmacotherapy], 2017, vol. 8, pp. 34–41. (in Russ.)
2. Dautova A.Z., Shamratova V.G. [Correlation of the Hormonal Status and Red Blood Cell Parameters with Cardiorespiratory endurance in Young Male Athletes and Non-athletes]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research], 2022, vol. 10, no. 2, pp. 110–121. (in Russ.) DOI: 10.37482/2687-1491-Z097
3. Korniyakova V.V., Badtieva V.A., Conway V.D. The Functional Readiness of Athletes from Cyclic Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 128–134. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200116
4. Makarova G.A., Khol'yavko Yu.A., Polyayev B.A. [Parameters of Blood Biochemistry in the Context of Operational and Permanent Control in Endurance Sports (the Authors' Position)]. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya medicina* [Exercise Therapy and Sports Medicine], 2018, vol. 4, no. 148, pp. 28–36. (in Russ.)
5. Megeryan S.D. [Association of the Hormonal Parameters with the Results of the Cardiorespiratory Exertion Test in Athletes]. *Klinicheskaya praktika* [Clinical Practice], 2018, vol. 9, no. 3, pp. 16–21. (in Russ.) DOI: 10.17816/clinpract09316-21
6. Makarova G.A., Chernukha S.M., Karpov A.A., Apryshchenko A.S. [New Approach to Analysis and Interpretation of Current Post-exercise Blood Composition Changes in Highly Trained Athletes (in the Context of Canoeing)]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Sports Science Bulletin], 2022, vol. 1, pp. 42–47. (in Russ.)
7. Radzhabkadiyev R.M., Kobelkova I.V., Vybornaya K.V. et al. [Estimation of Some Biochemical Status Parameters in Boxers]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Sports Science Bulletin], 2019, vol. 5, pp. 52–56. (in Russ.)
8. Samikul'in P.N., Gryaznykh A.V. Changes of Cortisol Values in Young Men with Different Levels of Physical Fitness During Recovery after Submaximal Muscular Load. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 5–13. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm170101
9. Turova E.A., Tenyaeva E.A., Artikulova I.N., Badtieva V.A. Subclinical Hypothyroidism in Athletes: a Retrospective Analysis of the Data from a Complete Medical Examination. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. 1, pp. 132–139. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm230118
10. Korniyakova V.V., Sautkin Ya.A., Zabolotnykh M.V. et al. [Thyroid Status at Physical Exercises]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2018, vol. 5, no. 1, pp. 175–179. (in Russ.)
11. Demidov N.A., Ordzhonikidze Z.G., Pavlov V.I. et al. [Endocrine Changes During Overtraining of Athletes]. *Moskovskaya meditsina* [Moscow Medicine], 2019, vol. 6, no. 34, p. 42. (in Russ.)
12. Arkader R., Rosa R.M., Moretti G. Physiological Changes of Exercise of Thermogenesis, Thyroid Homeostasis and Inflammations. *Endocrinology & Metabolism International Journal*, 2017, no. 4 (5), 00099. DOI: 10.15406/emij.2016.03.00055
13. Austin K.G., Petak S.M. Thyroid Therapy or Dysfunction in Athletes: Is it Time to Revisit the Clinica Practice Guidelines? *Current Sports Medicine Reports*, 2019, no. 18 (12), pp. 474–476. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000663
14. Berdiyeva D.T., Abdullayeva M.M. Studying Hormonal Changes During Training in Athletes. *Academic Research in Educational Sciences*, 2020, no. 1 (1), pp. 166–172.
15. Emre M.H., Duzova H., Sancak B. et al. Serum Selenium Response to Maximal Anaerobic Exercise Among Sportsmen Trained at Various Levels. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 2004, no. 17 (2), pp. 93–100. DOI: 10.1002/jtra.20000
16. Hackney A.C., Walz E.A. Hormonal Adaptation and the Stress of Exercise Training: The Role of Glucocorticoids. *Trends Sport Science*, 2013, vol. 20 (4), pp. 165–171.
17. Klasson C.L., Sadhir S., Pontzer H. Daily Physical Activity is Negatively Associated with Thyroid Hormone Levels, Inflammation, and Immune System Markers Among Men and Women in the NHANES Dataset. *PLoS One*, 2022, no. 17 (7), e0270221. DOI: 10.1371/journal.pone.0270221
18. Larson-Meyer D.E., Gostas D.E. Thyroid Function and Nutrient Status in the Athlete. *Current Sports Medicine Reports*, 2020, no. 19 (2), pp. 84–94. DOI: 10.1249/JSR.0000

19. Nicoll J.X., Hatfield D.L., Melanson K.J., Nasin C.S. Thyroid Hormones and Commonly Cited Symptoms of Overtraining in Collegiate Female Endurance Runners. *European Journal of Applied Physiology*, 2018, no. 118 (1), pp. 65–73. DOI: 10.1007/s00421-017-3723-9

Информация об авторах

Корнякова Вера Валерьевна, доктор биологических наук, заведующий кафедрой биохимии, Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия.

Бадтиева Виктория Асланбековна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий филиалом № 1, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия.

Степанова Ирина Петровна, доктор биологических наук, заведующий кафедрой химии, Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия.

Патракова Ирина Федоровна, преподаватель, кафедры экстремальной и доказательной медицины, Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия.

Information about the authors

Vera V. Kornyakova, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia.

Victoria A. Badtieva, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Branch No. 1, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia.

Irina P. Stepanova, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Chemistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia.

Irina F. Patrakova, Lecturer, Department of Extreme and Evidence-Based Medicine, Omsk State Medical University, Omsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.02.2024

The article was submitted 18.02.2024