

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.10>

УДК 612

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



Особенности гормонального, макро- и микроэлементного статуса у борцов

Д.С. Королев, М.В. Ивкина*, А.Н. Архангельская, К.Г. Гуревич

ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: определить содержание гормонов, а также некоторых макро- и микроэлементов у спортсменов-борцов вне периода соревнований и активных тренировок.

Материалы и методы: в исследовании приняли участие 66 спортсменов-борцов и 107 студентов, не занимающихся спортом профессионально. Уровень гормонов и витамина D определяли ИФА-методом. Для анализа содержания макро- и микроэлементов обследуемым состригали прядь волос из затылочной части головы в количестве не менее 0,1 г. Исследования проводились на масс-спектрометре ICP-MS Agilent 7900.

Результаты: уровни кортизола, ТТГ и Т4 выше, а тестостерона, Т3 и витамина D ниже у спортсменов по сравнению с группой контроля. Выявлено повышение содержания натрия, кальция, калия, магния, кобальта и меди и снижение йода у борцов по сравнению с лицами, не занимающимися спортом профессионально.

Заключение: полученные данные свидетельствуют о дисбалансе работы основных эндокринных систем организма и нарушении адаптации к нагрузкам. Известно, что для оценки приспособления спортсмена к нагрузкам используется определение гормонального статуса, однако выявленные нами изменения содержания витамина D, макро- и микроэлементов, позволяют рекомендовать исследование этих показателей с целью предотвращения синдрома перетренированности спортсменов, сохранения и улучшения спортивной результативности.

Ключевые слова: спортсмены, перетренированность, витамин D, кортизол, тестостерон, микроэлементы

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Королев Д.С., Ивкина М.В., Архангельская А.Н., Гуревич К.Г. Особенности гормонального, макро- и микроэлементного статуса у борцов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(1):11–18. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.10>

Поступила в редакцию: 20.03.2021

Принята к публикации: 25.05.2021

Online first: 17.06.2021

Опубликована: 21.06.2021

* Автор, ответственный за переписку

Peculiarities of hormonal, macro- and microelemental status in wrestlers

Dmitry S. Korolev, Maria V. Ivkina*, Anna N. Arkhangelskaya, Konstantin G. Gurevich

A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Objective: to determine the content of hormones, as well as some macro- and microelements in athletes-wrestlers outside the period of competition and active training.

Materials and methods: the study involved 66 athletes-wrestlers and 107 students involved in sports professionally. The level of hormones and vitamin D was determined by the ELISA method. To analyze the content of macro- and microelements, the subjects were cut off a lock of hair from the back of the head in an amount of at least 0.1 g. The studies were carried out on an ICP-MS Agilent 7900 mass spectrometer.

Results: levels of cortisol, TSH and T4 are higher, and levels of testosterone, T3 and vitamin D are lower in athletes compared to the control group. An increase in the content of sodium, calcium, potassium, magnesium, cobalt and a decrease in iodine were revealed in fighters from those who were not involved in sports professionally.

Conclusion: the data obtained indicate an imbalance in the work of the body's endocrine systems and impaired adaptation to stress. It is known that the determination of the hormonal status is used to assess the adaptation, the revealed changes in the indicators of vitamin D, macro- and microelements, allow the study of these indicators in order to prevent the syndrome of overtraining of athletes, to maintain and improve sports performance.

Keywords: athletes, overtraining, vitamin D, cortisol, testosterone, trace elements

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

For citation: Korolev D.S., Ivkina M.V., Arkhangelskaya A.N., Gurevich K.G. Peculiarities of hormonal, macro- and microelemental status in wrestlers. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(1): 11–18 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.10>

Received: 20 March 2021

Accepted: 25 May 2021

Online first: 17 June 2021

Published: 21 June 2021

* Corresponding author

1. Введение

Поддержание здоровья спортсменов, их физического развития, а также сохранение и улучшение спортивной результативности являются приоритетными задачами спортивной медицины. В настоящее время особое внимание уделяется не только медицинскому обеспечению спортсменов в период тренировок и соревнований, но и восстановлению спортивной работоспособности после [1]. Для спорта высших достижений характерны значительные физические и эмоциональные нагрузки, которые могут привести к утомлению и перетренированности [2], а также развитию различных заболеваний [3].

Основными показателями, по которым можно оценить адаптацию спортсменов к интенсивной физической нагрузке, являются уровни кортизола и тестостерона в крови. В ответ на физическую нагрузку возрастает уровень кортизола и преобладают катаболические процессы в организме; повышение содержания кортизола отмечается также и в начале восстановительного периода и, из-за реципрокных отношений кортизола и тестостерона происходит выраженное снижение тестостерона в крови, сохраняющееся до нескольких суток [4]. В дальнейшем функционирование эндокринной системы стабилизируется и происходит восстановление, характеризующееся анаболической направленностью обменных процессов [5]. Однако при чрезмерном уровне нагрузок, а также наличии дополнительных стрессовых факторов у спортсмена может развиваться синдром перетренированности, сопровождающийся изменениями в работе гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной и гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси. Следует отметить, что обнаруженные изменения, выявляемые разными авторами, противоречивы и иногда носят противоположный характер. По-видимому, это можно объяснить наличием других факторов, от которых зависит функционирование эндокринных систем, в том числе содержание других гормонов [6].

Ряд авторов высказывают предположение, что содержание ТТГ зависит от спортивной квалификации [7], и предлагают использовать анализ уровня ТТГ и кортизола для определения степени тренированности спортсменов, что также позволит лучше подбирать и контролировать объем физических нагрузок во время тренировок [8].

Помимо физических нагрузок [2], на работу щитовидной железы влияет йод, являющийся важным компонентом тиреоидных гормонов [9]; его дефицит

вызывает различные расстройства, в том числе зоб, гипотиреоз [10], снижение фертильности и нарушение роста, физического и неврологического развития [11]. Кроме йода для нормального функционирования щитовидной железы необходимы и другие микро- и макроэлементы: селен [12–15], железо [16], цинк [17], медь и кальций [18].

За последние годы появилось значительное количество работ, посвященных влиянию витамина D на силу мышц, их восстановление после интенсивных нагрузок, физическую работоспособность и, как следствие, результативность спортсменов [19].

Исходя из вышеизложенного, **целью** нашей работы было определить содержание гормонов, а также некоторых макро- и микроэлементов у спортсменов-борцов вне периода соревнований и активных тренировок.

2. Материалы и методы

Исследование одобрено решением межвузовского комитета по этике (протокол № 01-19 от 31.01.2019). Все лица, принявшие участие в исследовании, высказали письменное добровольное информированное согласие.

В исследовании приняли участие 173 человека в возрасте 18–20 лет, из них 66 спортсменов-борцов, имеющих не менее 3 лет стажа профессиональных занятий борьбой (опытная группа), и 107 студентов, не занимающихся спортом профессионально (контрольная группа). В зависимости от специализации спортсмены были разделены на три подгруппы: самбо занимался 21 человек (подгруппа 1), вольной борьбой — 25 человек (подгруппа 2), греко-римской борьбой — 20 человек (подгруппа 3).

Тренировки проходили на территории г. Москвы. Обследование спортсменов проводилось до начала интенсивного тренировочного процесса, в зимний период.

Забор крови производился утром натощак из локтевой вены в объеме 5 мл в пробирки типа Vacuette с активатором образования сгустка. Уровни кортизола, тироксина (Т4), трийодтиронина (Т3), тиреотропного гормона (ТТГ), тестостерона и витамина D (25(OH)D) определяли ИФА-методом с использованием реактивов Human (Германия) для определения гормонов и реактива Euroimmun (Германия) для анализа содержания витамина D. Исследования проводили на ИФА-анализаторе Elisis (Human, Германия).

Для изучения количественного содержания макро- и микроэлементов обследуемым состригали прядь

волос из затылочной части головы в количестве не менее 0,1 г. Для удаления поверхностного загрязнения, а также обезжиривания волос использовался способ подготовки проб волос, рекомендованный МАГАТЭ: волосы в течение 10–15 мин обрабатывали ацетоном, после чего промывали деионизованной водой три раза. Сушка волос производилась при комнатной температуре в течение 10–15 мин.

Навеску пробы 0,1 г помещали во фторопластовый вкладыш и добавляли 5 мл азотной кислоты.

Автоклав с пробой во вкладыше помещали в микроволновую печь и разлагали пробу, используя специальную программу разложения. Растворенную пробу количественно переносили в пробирку, разбавляя пробу в 1000 раз.

Рабочие стандартные растворы готовили разбавлением стандартных опорных растворов. Пропорции и концентрации элементов в стандартных растворах подбирали таким образом, чтобы после разбавления в 20–50 раз получались концентрации одного порядка с верхними границами диапазона содержаний элементов в волосах, разложенных по стандартной методике. Исследования проводились на масс-спектрометре ICP-MS Agilent 7900 [20].

Результаты представлены в виде диаграмм. Параметры сравнивали на основании критериев Краскела — Уоллиса и Манна — Уитни. Значимыми считали различия с $p < 0,05$.

3. Результаты исследования и их обсуждение

3.1. Результаты исследования

В результате проведенного нами исследования установлено, что у лиц контрольной группы уровни всех анализируемых показателей находились в пределах

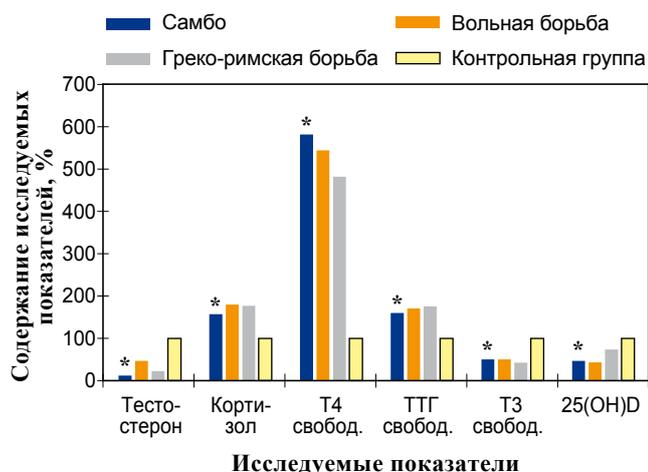


Рис. 1. Содержание гормонов и витамина D в сыворотке крови обследуемых групп (в процентах по сравнению с контрольной группой). * — $p < 0,05$ — различия между группами

Fig. 1. The content of hormones and vitamin D in the blood serum of the examined groups (in percentages in comparison with the control group). * — $p < 0.05$ — differences between groups

референсных значений. У профессиональных спортсменов были выявлены некоторые особенности гормонального и микроэлементного статуса. Так, у борцов обнаружено значимое снижение содержания тестостерона по сравнению с контрольной группой. При этом уровень кортизола у борцов выше, чем у лиц, не занимающихся спортом профессионально.

У спортсменов выявлены изменения и в гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси: повышенное содержание ТТГ и Т4, а также сниженный уровень Т3 по сравнению с лицами контрольной группы.

У всех борцов установлено значимое снижение уровня 25(OH)D. При этом у спортсменов, занимающихся греко-римской борьбой, обнаружена недостаточность, а у остальных борцов — дефицит витамина D (рис. 1).

При анализе содержания макроэлементов (рис. 2) у спортсменов обнаружены более высокие уровни натрия, кальция, калия и магния по сравнению с лицами, не занимающимися спортом профессионально.

При анализе микроэлементного статуса (рис. 3) установлено, что содержание таких эссенциальных элементов, как кобальт и медь, повышено, а йода — снижено у борцов по сравнению с группой контроля.

3.2. Обсуждение

Известно, что интенсивные физические нагрузки влияют на баланс гормонов в организме. Выраженность изменения уровней гормонов в крови у спортсменов зависит от различных факторов и наблюдается не только во время тренировок, но и в восстановительном периоде [5]. Наибольшее влияние постоянные физические нагрузки, например стресс-фактор, оказывают на содержание кортизола и тестостерона. При чрезмерных нагрузках и недостаточном восстановлении снижается синтез тестостерона и повышается содержание

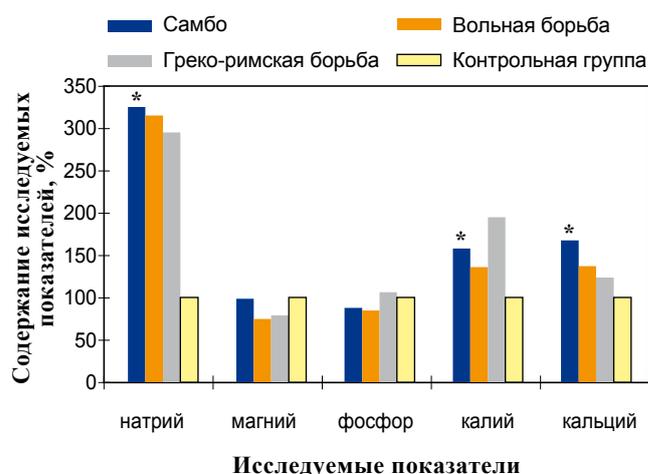


Рис. 2. Содержание макроэлементов в волосах обследуемых групп (в процентах по сравнению с контрольной группой). * — $p < 0,05$ — различия между группами

Fig. 2. The content of macroelements in the hair of the examined groups (in percentages compared to the control group). * — $p < 0.05$ — differences between groups

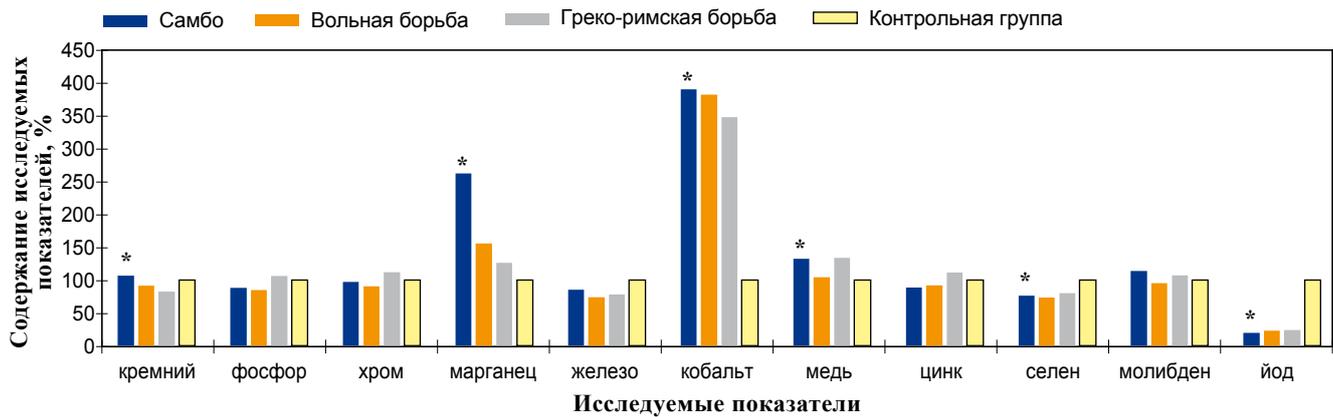


Рис. 3. Содержание эссенциальных микроэлементов в волосах обследуемых групп (в процентах по сравнению с контрольной группой). * — $p < 0,05$ — различия между группами

Fig. 3. The content of essential microelements in the hair of the examined groups (in percentages in comparison with the control group). * — $p < 0.05$ — differences between groups

кортизола в крови [21], что свидетельствует о преобладании катаболических процессов в организме спортсменов. Полученные нами результаты изменений содержания кортизола и тестостерона согласуются с литературными данными и свидетельствуют о нарушении адаптации к нагрузкам и наличии у спортсменов синдрома перетренированности [22].

Более высокие уровни кальция и магния, выявленные нами у борцов по сравнению с лицами, не занимающимися спортом профессионально, также могут свидетельствовать о развитии хронического физического перенапряжения [23], когда сила стрессора не соответствует функциональным возможностям организма [24].

Определение нарушения минерального баланса в латентной стадии вызывает трудности, так как количественная оценка макро- и микроэлементного состава биосубстратов хорошо зарекомендовала себя при выраженных микроэлементозах, сопровождающихся значимыми изменениями минерального обмена в организме и чаще всего наличием клинической симптоматики [25]. Выявленные нами изменения уровней макро- и микроэлементов в основном находятся в диапазоне референсных значений, однако более половины анализируемых минеральных веществ у спортсменов достоверно отличались от таковых у лиц, не занимающихся спортом профессионально, что также может быть связано с состоянием перетренированности.

По результатам обследования нами было выявлено повышение содержания ТТГ у спортсменов, что согласуется с данными, полученными другими авторами [2, 23].

Существует гипотеза о том, что активный тренировочный процесс влияет на концентрацию гормонов щитовидной железы: так, зарубежные авторы высказывают предположение, что повышение содержания кортизола при интенсивных физических нагрузках ингибирует фермент 5'-дейодиназу, участвующую в периферической конверсии Т4 в Т3 [2]. Этим можно объяснить полученные нами данные о некотором увеличении уровня

Т4 при одновременном снижении Т3, что сопровождается повышением содержания кортизола.

Результаты исследований, посвященных влиянию физической нагрузки на показатели ТТГ и гормонов щитовидной железы, противоречивы: отмечается снижение, повышение и отсутствие изменений в функционировании гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси. По-видимому, это связано со множеством других факторов, способных влиять на состояние нейроэндокринной системы, например период, в который проводилось исследование (активных тренировок или восстановления), возраст, уровень спортивного мастерства, длительность занятий спортом, содержание других гормонов, микро- и макроэлементов, витаминов и т.д.

Следует отметить, что у всех спортсменов обнаружено снижение содержания витамина D, в то время как у лиц, не занимающихся спортом профессионально, этот показатель был в пределах физиологической нормы. В клинических рекомендациях отмечено, что оптимальным уровнем 25(OH)D считается 30–100 нг/мл [26]. При этом в некоторых исследованиях высказывается предположение, что для адекватной обеспеченности витамином D нужна более высокая концентрация кальцидиола; так, для поддержания баланса кальция и фосфора в организме уровень 25(OH)D должен быть больше 40 нг/мл, а для осуществления неклассических эффектов, в том числе влияния на физическую работоспособность, — не менее 50 нг/мл [27]. Таким образом, спортсменам с учетом выраженных физических нагрузок необходимо больше витамина D, чем лицам, не занимающимся спортом профессионально. Вышеизложенная гипотеза позволяет объяснить разницу в содержании 25(OH)D у борцов и лиц, не занимающихся спортом профессионально, обнаруженную в нашем исследовании.

Важной особенностью витамина D является его способность влиять практически на все органы и ткани организма за счет взаимодействия его активной формы со специфическими рецепторами витамина D [28].

В исследованиях, проведенных различными авторами, показано, что применение витамина D способно стимулировать синтез тестостерона, а низкий уровень 25(OH)D ассоциирован со снижением тестостерона в крови [29]. Кроме того, дефицит витамина D, по данным литературы, может быть одним из факторов, приводящих к нарушению нормального функционирования щитовидной железы [30].

Таким образом, низкий уровень тестостерона, а также изменение содержания ТТГ и йодсодержащих гормонов у борцов в сравнении с контрольной группой, выявленные в нашем исследовании, также могут быть связаны с дефицитом и недостаточностью витамина D.

4. Выводы

Таким образом, выявленный нами повышенный уровень кортизола у спортсменов по сравнению с группой контроля, хотя и не выходит за пределы референсных значений, все же в комплексе с другими изменениями гормонального статуса у борцов может свидетельствовать о дисбалансе работы основных эндокринных систем организма и нарушении адаптации к физической нагрузке. Сниженный уровень тестостерона, согласно

Вклад авторов:

Королев Дмитрий Сергеевич — выполнение экспериментальной части исследования, сбор материала, статистический анализ полученных данных, подготовка текста статьи.

Ивкина Мария Валентиновна — статистический анализ полученных данных, редактирование текста статьи.

Архангельская Анна Николаевна — статистический анализ полученных данных, подготовка иллюстративного материала.

Гуревич Константин Георгиевич — организация обследования спортсменов, разработка дизайна исследования, редактирование текста статьи.

Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Список литературы

1. Алебастров В.И., Половодов И.В. Проблемы и перспективы спортивной медицины в России. Наука-2020. 2019;11(36):127–135.
2. Корнякова В.В., Сауткин Я.А., Заболотных М.В., Конвай В.Д., Степанова И.П., Ашвиц И.В., Муратов В.А. Тиреоидный статус при физических нагрузках. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018;5(1):175–179.
3. Иорданская Ф.А., Цепкова Н.К. Метаболизм костной ткани у высококвалифицированных спортсменов на предсоревновательном этапе подготовки. Вестник спортивной науки. 2016;(6):5–40.
4. Грязных А.В. Индекс тестостерон/кортизол как эндокринный маркер процессов восстановления висцеральных систем после мышечного напряжения. Человек. Спорт. Медицина. 2011;(20(237)):107–111.
5. Рахманов Р.С., Блинова Т.В., Разгулин С.А., Страхова Л.А., Чумаков Н.В., Бахмудов Н.Г., Сапожникова М.А., Тарасов А.В. Оценка адекватности восстановительного периода

литературным данным, можно интерпретировать как показатель недостаточного восстановления спортсменов [22]. Следует отметить, что в процессе приспособления к физической нагрузке может происходить повышение содержания ТТГ [2], однако разнонаправленность изменений в гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси в сочетании со сниженным уровнем йода свидетельствует о нарушении функционирования щитовидной железы и требует дальнейшего обследования спортсменов. Не менее значимыми для организма спортсменов являются обнаруженные нами недостаточность и дефицит витамина D, которые также могут влиять как на работу эндокринной системы, так и на восстановление после физических нагрузок [31].

Известно, что для оценки приспособления спортсмена к нагрузкам используется определение гормонального статуса [6], однако выявленные нами изменения содержания витамина D, макро- и микроэлементов позволяют рекомендовать исследование этих показателей с целью предотвращения синдрома перетренированности спортсменов, сохранения и улучшения спортивной результативности.

Authors' contributions:

Dmitry S. Korolev — implementation of the experimental part of the study, collection of material, statistical analysis of the data obtained, writing the article text.

Maria V. Ivkina — statistical analysis of the data obtained, editing of the article text.

Anna N. Arkhangelskaya — statistical analysis of the data obtained, preparation of illustrative material.

Konstantin G. Gurevich — organization of examination of athletes, development of research design, editing of the article text.

All authors have read and agreed with the published version of the manuscript.

References

1. Alabastrov V.I., Polovodov I.V. Problems and prospects of sports medicine in Russia. Nauka-2020 = Science-2020. 2019;(11(36)):127–135 (In Russ.).
2. Korniyakova V.V., Sautkin Ya.A., Zabolotnykh M.V., Konvay V.D., Stepanova I.P., Ashvits I.V., Muratov V.A. Thyroid status during physical exertion. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Fundamental Research. 2018;(5(1)):175–179 (In Russ.).
3. Iordanskaya F.A., Tsepkova N.K. Bone tissue metabolism in highly qualified athletes at the pre-competition stage of training. Vestnik sportivnoy nauki = Sports Science Bulletin. 2016;(6):5–40 (In Russ.).
4. Gryaznykh A.B. Testosterone/cortisol index as an endocrine marker of the processes of restoration of the visceral systems after muscle tension. Chelovek. Sport. Meditsina = Human. Sport. Medicine. 2011;(20(237)):107–111 (In Russ.).
5. Rakhmanov R.S., Blinova T.V., Razgulín S.A., Strakhova L.A., Chumakov N.V., Bakhmudov N.G., Sapozhnikova M.A., Tarasov A.V. Assessment of the adequacy of the recovery period

в профессиональной деятельности при физических и психо-эмоциональных нагрузках по гормональному статусу организма. Медицинский альманах. 2017;(2(47)):146–150.

6. **Никулина Г.Ю.** Современные критерии перенапряжения и гипотезы синдрома перетренированности у спортсменов. Прикладная спортивная наука. 2020;(1(11)):98–105.

7. **Турова Е.А., Теняева Е.А., Головач А.В., Артикулова И.Н.** Особенности структуры и распространенности заболеваний щитовидной железы у спортсменов. Теория и практика физической культуры. 2020;(5):67–69.

8. **Мегерян С.Д., Масленникова О.М.** Состояние эндокринной системы у юношей, занимающихся спортом. Саратовский научно-медицинский журнал. 2014;(4):902–904.

9. **Bonfiglio D., Catalano S.** Effects of Iodine Intake and Nutraceuticals in Thyroidology: Update and Prospects. *Nutrients*. 2020;12(5):1491. <https://doi.org/10.3390/nu12051491>

10. **Chaker L., Bianco A.C., Jonklaas J., Peeters R.P.** Hypothyroidism. *Lancet*. 2017;390(10101):1550–1562. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30703-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30703-1)

11. **Guastamacchia E., Giagulli V.A., Licchelli B., Triggiani V.** Selenium and Iodine in Autoimmune Thyroiditis. *Endocr. Metab. Immune Disord. Drug Targets*. 2015;15(4):288–292. <https://doi.org/10.2174/1871530315666150619094242>

12. **Liontiris M.I., Mazokopakis E.E.** A concise review of Hashimoto thyroiditis (HT) and the importance of iodine, selenium, vitamin D and gluten on the autoimmunity and dietary management of HT patients. Points that need more investigation. *Hell. J. Nucl. Med.* 2017;20(1):51–56. <https://doi.org/10.1967/s002449910507>

13. **Santos L.R., Neves C., Melo M., Soares P.** Selenium and Selenoproteins in Immune Mediated Thyroid Disorders. *Diagnostics (Basel)*. 2018;8(4):70. <https://doi.org/10.3390/diagnostics8040070>

14. **Rayman M.P.** Multiple nutritional factors and thyroid disease, with particular reference to autoimmune thyroid disease. *Proc. Nutr. Soc.* 2019;78(1):34–44. <https://doi.org/10.1017/S0029665118001192>

15. **de Lima L.F., Watanabe L.M., Navarro A.M.** Association between selenium levels and thyroid function in patients with heart disease. *Kardiol. Pol.* 2019;77(7-8):657–658. <https://doi.org/10.33963/KP.14937>

16. **Okuroglu N., Ozturk A., Özdemir A.** Is iron deficiency a risk factor for the development of thyroid autoantibodies in euthyroid women with reproductive ages? *Acta Endocrinol. (Buchar)*. 2020;16(1):49–52. <https://doi.org/10.4183/aeb.2020.49>

17. **Ihnatowicz P., Drywień M., Wątor P., Wojsiat J.** The importance of nutritional factors and dietary management of Hashimoto's thyroiditis. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2020;27(2):184–193. <https://doi.org/10.26444/aaem/112331>

18. **Stuss M., Michalska-Kasiczak M., Sewerynek E.** The role of selenium in thyroid gland pathophysiology. *Endokrynol. Pol.* 2017;68(4):440–465. <https://doi.org/10.5603/EP.2017.0051>

19. **Kim D.K., Park G., Kuo L.T., Park W.H.** The Relationship between Vitamin D Status and Rotator Cuff Muscle Strength in Professional Volleyball Athletes. *Nutrients*. 2019;11(11):2768. <https://doi.org/10.3390/nu11112768>

20. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: Методические указания. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России; 2003. 56 с.

in professional activity during physical and psycho-emotional stress on the hormonal status of the body. *Meditsinskiy al'manakh = Medical almanac*. 2017;(2(47)):146–150 (In Russ.).

6. **Nikulina G.Yu.** Modern criteria for overvoltage and hypothesis of overtraining syndrome in athletes. *Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science]*. 2020;(1(11)):98–105 (In Russ.).

7. **Turova E.A., Tenyaeva E.A., Golovach A.V., Artikulova I.N.** Features of the structure and prevalence of thyroid diseases in athletes. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury = Theory and practice of physical culture*. 2020;(5):67–69 (In Russ.).

8. **Megerian S.D., Maslennikova O.M.** The state of the endocrine system in young men going in for sports. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal = Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2014;(4):902–904 (In Russ.).

9. **Bonfiglio D., Catalano S.** Effects of Iodine Intake and Nutraceuticals in Thyroidology: Update and Prospects. *Nutrients*. 2020;12(5):1491. <https://doi.org/10.3390/nu12051491>

10. **Chaker L., Bianco A.C., Jonklaas J., Peeters R.P.** Hypothyroidism. *Lancet*. 2017;390(10101):1550–1562. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30703-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30703-1)

11. **Guastamacchia E., Giagulli V.A., Licchelli B., Triggiani V.** Selenium and Iodine in Autoimmune Thyroiditis. *Endocr. Metab. Immune Disord. Drug Targets*. 2015;15(4):288–292. <https://doi.org/10.2174/1871530315666150619094242>

12. **Liontiris M.I., Mazokopakis E.E.** A concise review of Hashimoto thyroiditis (HT) and the importance of iodine, selenium, vitamin D and gluten on the autoimmunity and dietary management of HT patients. Points that need more investigation. *Hell. J. Nucl. Med.* 2017;20(1):51–56. <https://doi.org/10.1967/s002449910507>

13. **Santos L.R., Neves C., Melo M., Soares P.** Selenium and Selenoproteins in Immune Mediated Thyroid Disorders. *Diagnostics (Basel)*. 2018;8(4):70. <https://doi.org/10.3390/diagnostics8040070>

14. **Rayman M.P.** Multiple nutritional factors and thyroid disease, with particular reference to autoimmune thyroid disease. *Proc. Nutr. Soc.* 2019;78(1):34–44. <https://doi.org/10.1017/S0029665118001192>

15. **de Lima L.F., Watanabe L.M., Navarro A.M.** Association between selenium levels and thyroid function in patients with heart disease. *Kardiol. Pol.* 2019;77(7-8):657–658. <https://doi.org/10.33963/KP.14937>

16. **Okuroglu N., Ozturk A., Özdemir A.** Is iron deficiency a risk factor for the development of thyroid autoantibodies in euthyroid women with reproductive ages? *Acta Endocrinol. (Buchar)*. 2020;16(1):49–52. <https://doi.org/10.4183/aeb.2020.49>

17. **Ihnatowicz P., Drywień M., Wątor P., Wojsiat J.** The importance of nutritional factors and dietary management of Hashimoto's thyroiditis. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2020;27(2):184–193. <https://doi.org/10.26444/aaem/112331>

18. **Stuss M., Michalska-Kasiczak M., Sewerynek E.** The role of selenium in thyroid gland pathophysiology. *Endokrynol. Pol.* 2017;68(4):440–465. <https://doi.org/10.5603/EP.2017.0051>

19. **Kim D.K., Park G., Kuo L.T., Park W.H.** The Relationship between Vitamin D Status and Rotator Cuff Muscle Strength in Professional Volleyball Athletes. *Nutrients*. 2019;11(11):2768. <https://doi.org/10.3390/nu11112768>

20. Determination of chemical elements in biological media and preparations by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and inductively coupled plasma mass spectrometry: Methodological guidelines. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia; 2003. 56 p. (In Russ.).

21. **Кубасов Р.В.** Гормональные изменения в ответ на экстремальные факторы внешней среды. Вестник РАМН. 2014;(9-10):102–109.
22. **Бадтиева В.А., Павлов В.И., Шарыкин А.С., Хохлова М.Н., Пачина А.В., Выборнов В.Д.** Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками. Российский кардиологический журнал. 2018;(6):180–190.
23. **Мегерян С.Д.** Связь параметров гормонального статуса спортсменов с результатами кардиореспираторного нагрузочного тестирования. Клиническая практика. 2018;(3):16–21.
24. **Назарова М.В., Бабенко Л.В.** Синдром хронического перенапряжения миокарда у спортсменов. Вестник КазНМУ. 2012;(2):369.
25. **Рылова Н.В., Троегубова Н.А., Жолинский А.В., Середа А.П., Оганнисян М.Г.** Оценка минерального статуса у юных спортсменов. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017;(5):175–183.
26. **Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Белая Ж.Е., Дзеранова Л.К., Каронова Т.Л., Ильин А.В., и др.** Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых. Проблемы эндокринологии. 2016;(4):60–84.
27. **Bezuglov E., Tikhonova A., Zueva A., Khaitin V., Waškiewicz Z., Gerasimuk D., et al.** Prevalence and Treatment of Vitamin D Deficiency in Young Male Russian Soccer Players in Winter. *Nutrients*. 2019;11(10):2405. <https://doi.org/10.3390/nut11102405>
28. **Бизунок Н.А., Крючок В.Г., Агейчик О.Г.** Современные представления о дефиците витамина D, средствах его профилактики и лечения. Лечебное дело. 2017;(2(54)):14–23.
29. **Дмитриев А., Калинин А.** Витамин D: роль в спорте и спортивной медицине (обзор литературы). Наука в олимпийском спорте. 2017;(1):56–74.
30. **Larson-Meyer D.E., Gostas D.E.** Thyroid Function and Nutrient Status in the Athlete. *Curr. Sports Med. Rep.* 2020;19(2):84–94. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000689>
31. **Малёваная И.А., Иванова Н.В., Цехмистро Л.Н., Веремейчик А.П., Дворяков М.И.** Роль витамина D в спорте (обзор литературных источников). Прикладная спортивная наука. 2020;(1(11)):89–98.
21. **Kubasov R.V.** Hormonal changes in response to extreme environmental factors. *estnik Rossiiskoi akademii medetsinskikh nauk = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2014;(9-10):102–109 (In Russ.).
22. **Badtieva V.A., Pavlov V.I., Sharykin A.S., Khokhlova M.N., Pachina A.V., Vybornov V.D.** Overtraining syndrome as a functional disorder of the cardiovascular system caused by physical exertion. *Rossiyskii kardiologicheskii zhurnal = Russian Journal of Cardiology*. 2018;(6):180–190 (In Russ.).
23. **Megerian S.D.** Relationship between the parameters of the hormonal status of athletes with the results of cardiorespiratory stress testing. *Klinicheskaya praktika = Journal of Clinical Practice*. 2018;(3):16–21 (In Russ.).
24. **Nazarova M.V., Babenko L.V.** Syndrome of chronic myocardial overstrain in athletes. *Vestnik KazNMU*. 2012;(2):369 (In Russ.).
25. **Rylova N.V., Troegubova N.A., Zholinsky A.V., Sereda A.P., Ogannisyann M.G.** Assessment of the mineral status in young athletes. *Rossiyskii vestnik perinatologii i pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2017;(5):175–183 (In Russ.).
26. **Pigarova E.A., Rozhinskaya L.Ya., Belaya Zh.E., Dzeranova L.K., Karonova T.L., Ilyin A.V., et al.** Clinical guidelines of the Russian Association of Endocrinologists for the diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults. *Problemy endokrinologii = Problems of Endocrinology*. 2016;(4):60–84 (In Russ.).
27. **Bezuglov E., Tikhonova A., Zueva A., Khaitin V., Waškiewicz Z., Gerasimuk D., et al.** Prevalence and Treatment of Vitamin D Deficiency in Young Male Russian Soccer Players in Winter. *Nutrients*. 2019;11(10):2405. <https://doi.org/10.3390/nut11102405>
28. **Bizunok N.A., Hook V.G., Ageichik O.G.** Modern ideas about vitamin D deficiency, means of its prevention and treatment. *Lechebnoe delo = Medical business*. 2017;(2(54)):14–23 (In Russ.).
29. **Dmitriev A., Kalinchev A.** Vitamin D: role in sports and sports medicine (literature review). *Nauka v olimpiiskom sporte = Science in Olympic sports*. 2017;(1):56–74 (In Russ.).
30. **Larson-Meyer D.E., Gostas D.E.** Thyroid Function and Nutrient Status in the Athlete. *Curr. Sports Med. Rep.* 2020;19(2):84–94. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000689>
31. **Malyovanaya I.A., Ivanova N.V., Tsekhmistro L.N., Veremeichik A.P., Dvoryakov M.I.** The role of vitamin D in sports (review of the literature). *Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science]*. 2020;(1(11)):89–98 (In Russ.).

Информация об авторах:

Королев Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры ЮНЕСКО «Здоровый образ жизни — залог успешного развития» ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 127473, Россия, Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-3537>

Ивкина Мария Валентиновна*, к.м.н., старший преподаватель кафедры нормальной физиологии и медицинской физики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119017, Россия, Москва, Старомонетный пер., 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5261-3552> (+7 (916) 197-42-07, terekhova_m@mail.ru)

Архангельская Анна Николаевна, к.м.н., доцент кафедры ЮНЕСКО «Здоровый образ жизни — залог успешного развития» ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 127473, Россия, Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0792-6194>

Гуревич Константин Георгиевич, д.м.н., профессор РАН, заведующий кафедрой ЮНЕСКО «Здоровый образ жизни — залог успешного развития» ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 127473, Россия, Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7603-6064>

Information about the authors:

Dmitry S. Korolev, postgraduate student of the UNESCO chair “Healthy lifestyle — the key to successful development” of A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, build. 1, Delegatskaya str., Moscow, 127473, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-3537>

Maria V. Ivkina*, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Lecturer of normal physiology and medical physics Department of A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 5, Staromonetny lane, Moscow, 119017, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5261-3552> (+7 (916) 197-42-07, terekhova_m@mail.ru)

Anna N. Arkhangelskaya, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the UNESCO chair “Healthy lifestyle — the key to successful development” of A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, build. 1, Delegatskaya str., Moscow, 127473, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0792-6194>

Konstantin G. Gurevich, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Russian Academy of Sciences, head of the UNESCO chair “Healthy lifestyle — the key to successful development” of A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, build. 1, Delegatskaya str., Moscow, 127473, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7603-6064>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author