



Гендерные особенности содержания кортизола, тестостерона и витамина D в крови спортсменов

Ю. И. Брель¹, Г. А. Медведева¹, Е. С. Хаустова²

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Гомельский областной диспансер спортивной медицины, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Провести оценку гендерных особенностей содержания кортизола, тестостерона и витамина D в сыворотке крови у спортсменов, а также анализ взаимосвязи между уровнем витамина D и гормональным статусом спортсменов.

Материалы и методы. Обследовано 52 спортсмена (мужчин — 32, женщин — 20) в возрасте 17–23 года. Спортивная специализация — циклические (гребля на байдарках) и ациклические (гимнастика, единоборства) виды спорта, квалификация — кандидаты в мастера спорта, мастера спорта. Проводился забор венозной крови утром натощак до тренировочных нагрузок. Определение концентрации общего тестостерона, кортизола и оценка уровня витамина D путем определения его метаболита 25(OH)D (25-гидроксивитамин D) в сыворотке крови выполнялось иммунохемилюминесцентным методом.

Результаты. У спортсменов мужского пола с недостаточностью витамина D показатели концентрации тестостерона в сыворотке крови и индекса анаболизма были значимо ниже ($p = 0,0093$ и $p = 0,0015$ соответственно) в сравнении с аналогичными показателями в группе спортсменов с нормальным содержанием витамина D. При проведении корреляционного анализа у спортсменов-мужчин выявлялась положительная корреляция между содержанием в сыворотке крови 25(OH)D (25-гидроксивитамин D) и концентрацией тестостерона ($r = 0,36$; $p < 0,05$), а также между содержанием 25(OH)D и индексом анаболизма ($r = 0,42$; $p < 0,05$). В группе женщин-спортсменок с недостаточностью витамина D выявлялась значимо более низкая концентрация тестостерона в сыворотке крови в сравнении со спортсменками с нормальным уровнем витамина D ($p = 0,0112$). Значимых взаимосвязей между уровнем витамина D и концентрацией кортизола в группах спортсменов как мужского, так и женского пола выявлено не было. Обследовано 52 спортсмена (мужчин — 32, женщин — 20) в возрасте 17–23 года. Спортивная специализация — циклические (гребля на байдарках) и ациклические (гимнастика, единоборства) виды спорта, квалификация — кандидаты в мастера спорта, мастера спорта. Проводился забор венозной крови утром натощак до тренировочных нагрузок. Определение концентрации общего тестостерона, кортизола и оценка уровня витамина D путем определения его метаболита 25(OH)D (25-гидроксивитамин D) в сыворотке крови выполнялось иммунохемилюминесцентным методом.

Заключение. Полученные данные могут свидетельствовать о наличии модулирующего влияния витамина D на уровень тестостерона у спортсменов-мужчин, что указывает на важность контроля и своевременной коррекции у них содержания витамина D в динамике тренировочного процесса.

Ключевые слова: спортсмены, кортизол, тестостерон, витамин D, циклические виды спорта, ациклические виды спорта

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Брель ЮИ, Медведева ГА, Хаустова ЕС. Гендерные особенности содержания кортизола, тестостерона и витамина D в крови спортсменов. Проблемы здоровья и экологии. 2024;21(1):116–122. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-14>

Gender peculiarities of cortisol, testosterone and vitamin D blood levels in athletes

Yulia I. Brel¹, Galina A. Medvedeva¹, Alena S. Khaustava²

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Gomel Regional Clinic of Sports Medicine, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To assess the gender characteristics of the concentration of cortisol, testosterone and vitamin D in blood serum in athletes, and to analyze the correlations between vitamin D levels and the hormonal status of athletes.

Materials and methods. 52 athletes (32 men and 20 women) were examined, their age was 17-23, their sports specialization was cyclic sports (kayaking) and acyclic sports (gymnastics, martial arts), and qualification – candidates for master of sports, masters of sports. Venous blood was taken in the morning on an empty stomach before training loads. Determination of total testosterone and cortisol concentration and assessment of vitamin D level by determination of its metabolite 25(OH)D (25-hydroxyvitamin D) in blood serum was performed by immunochemiluminescent method.

Results. In male athletes with vitamin D deficiency, serum testosterone concentration and anabolic index were significantly lower ($p = 0.0093$ and $p = 0.0015$, respectively) compared to the same indices in the group of athletes with normal vitamin D content. Correlation analysis in male athletes revealed a positive correlation between serum 25(OH)D (25-hydroxyvitamin D) content and testosterone concentration ($r = 0.36$; $p < 0.05$), as well as between 25(OH)D content and anabolic index ($r = 0.42$; $p < 0.05$). The group of female athletes with vitamin D deficiency showed significantly lower serum testosterone concentration compared to athletes with normal vitamin D levels ($p = 0.0112$). No significant relationships were found between vitamin D levels and cortisol concentrations in both male and female athlete groups. 52 athletes (men - 32, women - 20) aged 17-23 years old were examined. Sport specialization - cyclic (rowing on canoes) and acyclic (gymnastics, martial arts) sports, qualification - candidates for master of sports, master of sports. Venous blood was collected in the morning on an empty stomach before training loads. Determination of the concentration of total testosterone, cortisol and assessment of vitamin D level by determination of its metabolite 25(OH)D (25-hydroxyvitamin D) in serum was performed by immunochemiluminescent method.

Conclusion. The study results can be the evidence of modulation effect of vitamin D on testosterone levels in male athletes, indicating the importance of controlling and correcting vitamin D content in the dynamics of the training process.

Keywords: athletes, cortisol, testosterone, vitamin D, cyclic sports, acyclic sports

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

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Brel Yul, Medvedeva GA, Khaustava AS. Gender peculiarities of cortisol, testosterone and vitamin D blood levels in athletes. *Health and Ecology Issues*. 2024;21(1):116–122. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-14>

Введение

Адаптационные процессы в организме спортсменов в процессе тренировочной и соревновательной деятельности в значительной степени обусловлены изменением характера и интенсивности метаболизма. В последние годы растет интерес к изучению роли витамина D в регуляции метаболических процессов при интенсивных физических нагрузках и механизмов его влияния на физическую работоспособность. Рецепторы к активным метаболитам витамина D выявлены в большинстве клеток и тканей организма, что обуславливает его влияние на функции различных органов и систем [1]. Воздействие витамина D на организм спортсменов в первую очередь обусловлено его ролью в процессах увеличения размера и количества мышечных

волокон II типа, а также участием в регуляции фосфорно-кальциевого обмена [2]. Однако в настоящее время растет число публикаций, связанных с изучением регуляторного влияния витамина D на интенсивность метаболических процессов, обеспечивающих восстановление после физических нагрузок. Так, согласно литературным данным, роль витамина D в повышении физической работоспособности у спортсменов может быть ассоциирована с его влиянием на концентрации тестостерона и кортизола [3, 4].

Как известно, измерение уровней тестостерона и кортизола у спортсменов широко используется для оценки метаболических изменений при адаптации к физическим нагрузкам и степени тренировочного стресса [5]. Тестостерон рассматривается как анаболический гормон, ко-

торый играет важную роль в росте и развитии скелетно-мышечной и костной ткани, способствует увеличению физической работоспособности, а также улучшает восстановление после физических нагрузок [5, 6]. Низкий уровень тестостерона у мужчин, а также чрезмерные изменения его уровня у женщин (как высокие, так и низкие их концентрации) оказывают негативное влияние на состояние здоровья [5]. Кортизол рассматривается как катаболический гормон, воздействующий на скелетные мышцы и жировую ткань, увеличивая мобилизацию аминокислот и липидов, а также стимулируя глюконеогенез [5]. Уровень кортизола отражает степень тренировочного стресса у спортсменов. Снижение уровня кортизола в крови у спортсменов, как правило, связано с развитием утомления [7]. Соотношение «тестостерон/кортизол» (индекс анаболизма) в спортивной физиологии используется для оценки баланса между анаболическими и катаболическими процессами и рассматривается как маркер восстановления организма спортсменов после интенсивных физических нагрузок [5, 7].

Согласно литературным данным, рецепторы витамина D выявлены в тканях, связанных с выработкой тестостерона и кортизола, в частности, в клетках репродуктивной системы мужчин, включая клетки Лейдига [3, 8, 9]. Корреляции между уровнями витамина D и концентрацией данных гормонов наблюдались как в общей популяции, так и при обследовании спортсменов. Так, в исследовании Chen с соавт. при анализе данных более 4 тыс. мужчин было выявлено, что нехватка витамина D в организме ассоциирована с низкими концентрациями общего тестостерона [10]. Nimptsch и соавт. также регистрировали положительные взаимосвязи между уровнем витамина D и тестостерона у мужчин [8]. По данным Lombardi с соавт., более высокие уровни метаболита витамина D 25(OH)D (25-гидроксивитамина D) у футболистов были ассоциированы с более высоким уровнем тестостерона и более низким уровнем кортизола [11]. Abate и соавт. (2021) выявили положительные корреляции между уровнями витамина D и тестостерона у футболистов в летнее время года [12]. Однако по результатам исследования Fitzgerald с соавт. у хоккеистов не было выявлено статистически значимых взаимосвязей между концентрацией 25(OH)D и концентрациями тестостерона и кортизола [13]. Положительные корреляции между уровнем в крови 25(OH)D и тестостероном у мужчин также наблюдались при применении препаратов витамина D [4, 14], однако ряд других исследований не подтверждают эти результаты [15, 16].

Таким образом, учитывая противоречивые данные о влиянии уровня витамина D на концен-

трацию тестостерона и кортизола у спортсменов, приведенные в литературных источниках, а также тот факт, что оценка корреляций между данными параметрами проводилась преимущественно у спортсменов мужского пола, занимающихся игровыми видами спорта, актуальным представляется изучение гендерных особенностей гормонального статуса спортсменов и анализ корреляционных взаимоотношений между уровнем витамина D и концентрацией кортизола и тестостерона.

Цель исследования

Оценить гендерные особенности концентрации кортизола, тестостерона и витамина D у спортсменов, а также провести анализ взаимосвязи между уровнем витамина D и гормональным статусом спортсменов.

Материалы и методы

Обследование проведено на базе Научно-практического центра спортивной медицины учреждения здравоохранения «Гомельский областной диспансер спортивной медицины» в 2020 г., в осенне-зимний период (ноябрь, декабрь), характеризующийся низким уровнем солнечной инсоляции. В обследовании приняли участие 52 спортсмена (мужчин — 32, женщин — 20) в возрасте 17–23 года. Спортивная специализация — циклические (гребля на байдарках) и ациклические (гимнастика, единоборства) виды спорта, квалификация — кандидаты в мастера спорта, мастера спорта.

Обследуемым спортсменам проводился забор венозной крови утром натощак до тренировочных нагрузок. Определение концентрации кортизола, тестостерона и оценка уровня витамина D путем определения его промежуточного метаболита 25-гидроксивитамина D (25(OH)D) в сыворотке крови выполнялось иммунохемилюминесцентным методом с помощью иммунохимического анализатора Immunoassay Analyzer Access 2 (Beckman Coulter, USA) с использованием реагентов Beckman Coulter (USA). Оценка полученных результатов концентраций кортизола и тестостерона проводилась в соответствии с диапазоном нормальных значений определяемых параметров, указанных фирмой-производителем реагентов.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета прикладных программ «Statistica», 6.0. В связи с асимметричным распределением показателей результаты представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25-й и 75-й перцентили). Достоверность различий между группами спортсменов оценивалась с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Оценка взаимосвязи между уровнем витамина D и показателями гормонального статуса проводилась при

помощи корреляционного коэффициента Спирмена. Результаты анализа считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В связи с наличием гендерных особенностей концентрации тестостерона [5, 6] оценка корреляционных взаимосвязей между уровнем витамина D и количеством тестостерона и кортизола, а также особенностей изменения данных параметров у спортсменов в данном исследовании проводилась отдельно в группах спортсменов мужского и женского пола.

Общее количество обследованных спортсменов мужского пола составило 32 человека (из них 16 спортсменов циклических видов спорта и 16 спортсменов ациклических видов спорта).

При анализе концентрации кортизола было выявлено, что у большинства спортсменов-мужчин (84 % обследованных данной группы, 27 человек) концентрация кортизола находилась в границах нормальных значений (83–580 нмоль/л). У 16 % обследованных спортсменов (5 человек) уровень кортизола превышал норму, значений количества кортизола ниже нормы в данной группе обследованных выявлено не было. Количество тестостерона превышало норму у 6 % спортсменов-мужчин (2 человека), у остальных спортсменов уровень тестостерона находился в пределах границ нормальных значений (5,76–28,14 нмоль/л).

Показатель соотношения «тестостерон/кортизол» (индекс анаболизма) отражает соотношение процессов анаболизма и катаболизма и рассчитывался по формуле: индекс анаболизма (в %) = тестостерон / кортизол \times 100 [7]. Считается, что уменьшение величины индекса анаболизма у мужчин ниже 3 % может свидетельствовать о состоянии перенапряжения (перетренированности). В данном исследовании величина индекса анаболизма ниже нормы была выявлена у 9 % спортсменов мужского пола (3 человека), у остальных обследованных спортсменов данный показатель был в норме.

В настоящее время в литературных источниках приводятся несколько классификаций дефицита, недостаточного и нормального содержания витамина D [17, 18]. Концентрация метаболитов витамина D в крови может оцениваться в нмоль/л либо нг/мл. В нашем исследовании оценка уровня концентрации в сыворотке крови метаболита 25(OH)D проводилась согласно рекомендациям Международного общества эндокринологов [17] (как наиболее часто используемым в исследованиях с участием спортсменов), согласно которым выделяют:

— дефицит витамина D — определяется при содержании 25(OH)D менее 50 нмоль/л (менее 20 нг/мл);

— недостаточность витамина D — выявляется при содержании D 25(OH)D 51–74 нмоль/л (21–29 нг/мл);

— нормальный уровень витамина D — 75–250 нмоль/л (30–100 нг/мл).

Согласно данным литературных источников, недостаточность витамина D у спортсменов встречается достаточно часто [4, 18], в частности, по результатам метаанализа Farrokhyar с соавт., распространенность недостаточности витамина D у спортсменов в среднем составила 56 % [18].

По результатам нашего исследования в группе спортсменов мужского пола недостаточность витамина D (содержание 25(OH)D — 51–74 нмоль/л) была выявлена у 31 % спортсменов-мужчин (10 человек). У остальных спортсменов содержание витамина D было нормальным. Спортсменов, имеющих как дефицит витамина D (содержание 25(OH)D менее 50 нмоль/л), так и содержание витамина D выше нормы, выявлено не было.

Результаты сравнительной оценки показателей уровней кортизола, тестостерона и показателя анаболизма в группах спортсменов мужского пола с различным уровнем витамина D представлены в таблице 1.

Таблица 1. Концентрация кортизола, тестостерона и индекс анаболизма у спортсменов-мужчин в зависимости от содержания в организме витамина D

Table 1. The levels of cortisol, testosterone and anabolism index in male athletes depending on the vitamin D level

Показатель	Спортсмены с недостаточностью витамина D (n = 10)	Спортсмены с нормальным уровнем витамина D (n = 22)	Уровень значимости различий, p
25(OH)D, нмоль/л	65,1 (57,7; 72,5)*	84,5 (81,2; 89,3)	< 0,01
Кортизол, нмоль/л	415,3 (346,3; 603,7)	402,2 (350,4; 498,9)	> 0,05
Тестостерон, нмоль/л	16,1 (12,9; 18,4)*	21,0 (18,9; 22,4)	< 0,01
Индекс анаболизма, %	3,3 (3,1; 3,4)*	4,9 (4,1; 6,0)	< 0,01

Примечание. Данные представлены в виде Me (25 %; 75 %).

*Различие статистически значимо в сравнении с группой спортсменов с нормальным уровнем витамина D ($p < 0,05$).

В результате исследования было выявлено, что у спортсменов-мужчин с недостаточностью витамина D показатели концентрации тестостерона и индекса анаболизма были значимо ниже ($p = 0,0093$ и $p = 0,0015$ соответственно) в сравнении с группой спортсменов с нормальным содержанием витамина D. В то же время по показателю концентрации кортизола в сыворотке крови между группами спортсменов с различным уровнем витамина D значимых различий выявлено не было.

При проведении корреляционного анализа Спирмена было выявлено, что содержание в крови 25(OH)D у спортсменов мужского пола положительно коррелирует с уровнем тестостерона ($r = 0,36$; $p < 0,05$) и величиной индекса анаболизма ($r = 0,42$; $p < 0,05$).

Также был проведен анализ концентраций кортизола, тестостерона и витамина D у женщин-спортсменок. Общее количество обследованных спортсменок составило 20 человек

(11 спортсменок циклических видов спорта и 9 — ациклических видов).

При анализе концентрации кортизола было выявлено, что 80 % спортсменок-женщин (16 человек) имели нормальный уровень кортизола (134–635 нмоль/л), а у 20 % (4 человека) была выявлена концентрация кортизола, превышающая норму. Количество тестостерона у всех спортсменок находилось в пределах границ нормальных значений (0,45–3,75 нмоль/л).

По результатам обследования недостаточность витамина D (содержание 25(OH)D — 51–74 нмоль/л) была выявлена у 35 % женщин-спортсменок (7 человек), у остальных обследованных данной группы определялось нормальное содержание витамина D.

Результаты сравнительной оценки показателей уровней кортизола, тестостерона и показателя анаболизма в группах женщин-спортсменок с различным уровнем витамина D представлены в таблице 2.

Таблица 2. Концентрация кортизола, тестостерона и индекс анаболизма у женщин-спортсменок в зависимости от содержания в организме витамина D

Table 2. The levels of cortisol, testosterone and anabolism index in female athletes depending on the vitamin D level

Показатель	Спортсменки с недостаточностью витамина D (n = 7)	Спортсменки с нормальным уровнем витамина D (n = 13)	Уровень значимости различий, p
25(OH)D, нмоль/л	60,1 (56,7; 68,0)*	116,9 (104,7; 158,6)	< 0,01
Кортизол, нмоль/л	422,2 (342,6; 467,9)	452,0 (395,7; 660,5)	> 0,05
Тестостерон, нмоль/л	1,3 (0,5; 1,8)*	2,1 (1,8; 2,3)	< 0,05
Индекс анаболизма, %	0,3 (0,2; 0,4)	0,37 (0,3; 0,5)	> 0,05

Примечание. Данные представлены в виде Me (25 %; 75 %).

*Различие статистически значимо в сравнении с группой спортсменок с нормальным уровнем витамина D ($p < 0,05$).

По результатам исследования в группе женщин-спортсменок с недостаточностью витамина D выявлялась значимо более низкая концентрация тестостерона в сравнении со спортсменками с нормальным уровнем витамина D ($p = 0,0112$). По показателям уровня кортизола и соотношения «тестостерон/кортизол» значимых отличий у женщин-спортсменок выявлено не было. При проведении корреляционного анализа Спирмена у спортсменок (в отличие от спортсменов-мужчин) не наблюдалось значимых корреляций между содержанием в крови 25(OH) D и уровнем тестостерона.

В литературных источниках не приводятся данные об оптимальных величинах соотношения «тестостерон/кортизол» (индекс анаболизма) у женщин-спортсменок и рекомендуется оцени-

вать данный показатель в динамике для оценки процессов восстановления после физических нагрузок. В нашем исследовании не наблюдалось значимых отличий показателя «тестостерон/кортизол» у спортсменок с различным уровнем витамина D. Возможно, это обусловлено тем, что значимо более низкая концентрация тестостерона у спортсменок с недостаточностью витамина D сопровождалась тенденцией к более низкому уровню кортизола, что позволяло сохранять баланс анаболических и катаболических процессов.

В целом, полученные результаты исследования позволяют предположить, что обеспеченность организма спортсменов витамином D оказывает влияние на количество тестостерона, что может являться одним из механизмов воздействия витамина D на повышение физи-

ческой работоспособности и спортивной результативности. Данное влияние носит более выраженный характер у спортсменов мужского пола и ассоциировано с положительным эффектом на индекс анаболизма (соотношение процессов анаболизма и катаболизма). В то же время отсутствие корреляции между содержанием 25(OH)D и кортизолом в сыворотке крови может свидетельствовать о том, что количество кортизола в первую очередь определяется интенсивностью физических нагрузок и степенью выраженности тренировочного стресса, в то время как обеспеченность организма витамином D не оказывает значимого влияния на колебания концентрации данного гормона у спортсменов.

Заключение

Таким образом, при оценке концентрации кортизола, тестостерона и витамина D у спортсменов были выявлены следующие особенности:

1. При сравнении групп спортсменов мужского и женского пола не было выявлено значимых различий по уровню метаболита витамина D 25(OH)D и по концентрации кортизола в сыворотке крови. Недостаточность витамина D (содержание 25(OH)D — 51–74 нмоль/л) была выявлена у 31 % спортсменов-мужчин и у 35 % женщин-спортсменок. Спортсменов, имеющих как дефицит витамина D (содержание 25(OH)D

менее 50 нмоль/л), так и содержание витамина D выше нормы, при обследовании выявлено не было.

2. У спортсменов как мужского, так и женского пола с недостаточностью витамина D выявлялись значимо более низкие концентрации тестостерона в сыворотке крови в сравнении со спортсменами и спортсменками с нормальным уровнем витамина D. Значимых взаимосвязей между уровнем витамина D и концентрацией кортизола в сыворотке крови в группах спортсменов как мужского, так и женского пола выявлено не было.

3. У спортсменов мужского пола выявлялась положительная корреляция между содержанием в сыворотке крови 25(OH)D и концентрацией тестостерона ($r = 0,36$; $p < 0,05$), а также между содержанием 25(OH)D и индексом анаболизма ($r = 0,42$; $p < 0,05$).

Полученные данные могут свидетельствовать о наличии модулирующего влияния витамина D на уровень тестостерона и о более выраженном характере данного эффекта у спортсменов мужского пола, что указывает на важность контроля и своевременной коррекции содержания витамина D в организме спортсменов в динамике тренировочного процесса с целью улучшения восстановительных процессов после интенсивных физических нагрузок.

Список литературы / References

1. Wiciński M, Adamkiewicz D, Adamkiewicz M, Śniegocki M, Podhorecka M, Szychta P, et al. Impact of Vitamin D on Physical Efficiency and Exercise Performance—A Review. *Nutrients*. 2019;11(11):2826. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11112826>
2. Todd JJ, Pourshahidi LK, McSorley EM, Madigan SM, Magee PJ. Vitamin D: recent advances and implications for athletes. *Sports Med*. 2015;45(2):213-229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0266-7>
3. De Angelis C, Galdiero M, Pivonello C, Garifalos F, Menafra D, Cariati F, et al. The role of vitamin D in male fertility: A focus on the testis. *Rev Endocr Metab Disord*. 2017;18(3):285-305. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11154-017-9425-0>
4. Michalczyk MM, Gołaś A, Maszczyk A, Kaczka P, Zając A. Influence of Sunlight and Oral D3 Supplementation on Serum 25(OH)D Concentration and Exercise Performance in Elite Soccer Players. *Nutrients*. 2020;12(5):1311. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12051311>
5. De Luccia T. Use of the Testosterone/Cortisol Ratio Variable in Sports. *The Open Sports Sciences Journal*. 2016;9:104-113. DOI: <https://doi.org/10.2174/18753999X01609010104>
6. Handelsman DJ, Hirschberg AL, Berman S. Circulating Testosterone as the Hormonal Basis of Sex Differences in Athletic Performance. *Endocr Rev*. 2018;39(5):803-829. DOI: <https://doi.org/10.1210/er.2018-00020>
7. Гаврилова С.О. Особенности уровней тестостерона и кортизола гребцов-академистов для прогнозирования успешности соревновательной деятельности. В: Современные достижения химико-биологических наук в профилактической и клинической медицине: Сб. науч. ст. III междунар. конф.; 2022, 01-02 декабря; Санкт-Петербург: Северо-западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова; 2022; 241-248.
8. Gavrilova S.O. Features of testosterone and cortisol levels of rowers-academists for predicting the success of competitive activity. Modern achievements of chemical and biological sciences in preventive and clinical medicine: Sat. scientific art. III international conf.; December 01-02; St. Petersburg: North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 2022; 241-248. (In Russ.).
8. Nimptsch K, Platz EA, Willett WC, Giovannucci E. Association between plasma 25-OH vitamin D and testosterone levels in men. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2012;77(1):106-112. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.2012.04332.x>
9. Trummer C, Pilz S, Schwetz V, Obermayer-Pietsch B, Lerchbaum E. Vitamin D, PCOS and androgens in men: a systematic review. *Endocr Connect*. 2018;7(3):R95-R113. DOI: <https://doi.org/10.1530/EC-18-0009>
10. Chen C, Zhai H, Cheng J, Weng P, Chen Y, Li Q, et al. Causal Link Between Vitamin D and Total Testosterone in Men: A Mendelian Randomization Analysis. *J Clin Endocrinol Metab*. 2019;104(8):3148-3156. DOI: <https://doi.org/10.1210/je.2018-01874>
11. Lombardi G, Vitale JA, Logoluso S, Logoluso G, Cocco N, Cocco G, et al. Circannual rhythm of plasmatic vitamin D levels and the association with markers of psychophysical stress in a cohort of Italian professional soccer players. *Chronobiol Int*. 2017;34(4):471-479. DOI: <https://doi.org/10.1080/07420528.2017.1297820>
12. Abate M, Di Carlo L, Cocco G, Cocco A, Salini V. Testosterone, cortisol, vitamin D and oxidative stress and their relationships in professional soccer players. *J Sports Med Phys*

Fitness. 2022;62(3):382-388.

DOI: <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12094-8>

13. Fitzgerald JS, Orysiak J, Wilson PB, Mazur-Różycka J, Obminski Z. Association between vitamin D status and testosterone and cortisol in ice hockey players. *Biol Sport*. 2018;35(3):207-213.

DOI: <https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.74631>

14. Pilz S, Frisch S, Koertke H, Kuhn J, Dreier J, Obermayer-Pietsch B, et al. Effect of vitamin D supplementation on testosterone levels in men. *Horm Metab Res*. 2011;43(3):223-225.

DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1269854>

15. Lerchbaum E, Pilz S, Trummer C, Schwetz V, Pachernegg O, Heijboer AC, et al. Vitamin D and Testosterone in Healthy Men: A Randomized Controlled Trial. *J Clin Endocrinol Metab*. 2017;102(11):4292-4302.

DOI: <https://doi.org/10.1210/jc.2017-01428>

16. Wrzosek M, Woźniak J, Włodarek D. The Combination

of a Diversified Intake of Carbohydrates and Fats and Supplementation of Vitamin D in a Diet Does Not Affect the Levels of Hormones (Testosterone, Estradiol, and Cortisol) in Men Practicing Strength Training for the Duration of 12 Weeks. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8057. Published 2020 Nov 1.

DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17218057>

17. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, Gordon CM, Hanley DA, Heaney RP, et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011;96(7):1911-1930.

DOI: <https://doi.org/10.1210/jc.2011-0385>

18. Farrokhyar F, Tabasinejad R, Dao D, Peterson D, Ayeni OR, Hadioonazadeh R, et al. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45(3):365-378.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0267-6>

Информация об авторах / Information about the authors

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3390-2508>

e-mail: brelyulia@tut.by

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

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

Хаустова Елена Станиславовна, заведующий отделением спортивной медицины, УЗ «Гомельский областной диспансер спортивной медицины», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5290-1196>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3390-2508>

e-mail: brelyulia@tut.by

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

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

Alena S. Khaustava, Head of the Department of Sports Medicine, Gomel Regional Clinic of Sports Medicine, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5290-1196>

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Брель Юлия Игоревна

e-mail: brelyulia@tut.by

Yulia I. Brel

e-mail: brelyulia@tut.by

Поступила в редакцию / Received 06.10.2023

Поступила после рецензирования / Accepted 27.10.2023

Принята к публикации / Revised 23.02.2024