

## РОЛЬ ВИТАМИНА D В ПРОФИЛАКТИКЕ НАРУШЕНИЙ КОСТНОГО МЕТАБОЛИЗМА У СПОРТСМЕНОВ



© К.И. Никитина<sup>1\*</sup>, И.Т. Выходец<sup>2</sup>, Т.Ф. Абрамова<sup>3</sup>, Т.М. Никитина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Филиал ГБУЗ Московский клинический научный центр им. А.С. Логинова ДЗМ «Маммологический центр», Москва, Россия

<sup>2</sup>Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Москва, Россия

Высокие соревновательные и тренировочные нагрузки в спорте являются фактором риска стрессовых переломов у спортсменов. Витамин D, регулирующий фосфорно-кальциевый обмен, оказывает влияние на состояние костно-мышечной системы. Учитывая высокую встречаемость недостаточной обеспеченности витамином D спортсменов, ее коррекция может положительно повлиять на частоту травматизма в спорте. Цель обзора — оценка влияния витамина D на костный метаболизм в спорте по результатам анализа современных научных публикаций. Обзор основан на публикациях из баз данных PubMed, Google Scholar, Cyberleninka, eLIBRARY. Предпочтение отдавалось статьям в реферируемых источниках, опубликованным за последние 10 лет. Обзор подчеркивает актуальность проблемы дефицита витамина D в спорте с выделением факторов риска по развитию его недостаточной обеспеченности среди спортсменов и ее влияния на функционирование опорно-двигательного аппарата. У спортсменов риск остеопении дополнительно ассоциирован с наличием неблагоприятных вариантов аллельных комбинаций генов рецептора витамина D и коллагена I типа, развитием синдрома относительного дефицита энергии в спорте. Спортсменам рекомендовано поддержание целевых уровней 25-гидроксивитамина D (25(OH)D), влияющих положительно на ремоделирование кости, однако специализированных рекомендаций по данному вопросу в настоящий момент не разработано. Оценка концентрации 25(OH)D в сыворотке крови может быть рекомендована всем представителям спортивной субпопуляции, особенно в группах риска по дефициту витамина и снижению минеральной плотности кости. В лечении дефицита/недостаточности витамина D необходимо руководствоваться клиническими рекомендациями Российской ассоциации эндокринологов. Целесообразны дальнейшие исследования в спорте о влиянии витамина D на костный метаболизм с разработкой единых стратегий по целевым уровням 25(OH)D и дотации колекальциферола спортсменам.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** витамин D; колекальциферол; спортивная медицина; спортсмены; минеральная плотность кости; спорт; остеопороз.

## THE ROLE OF VITAMIN D IN THE PREVENTION OF BONE METABOLISM DISORDERS IN ATHLETES

© Ksenia I. Nikitina<sup>1\*</sup>, Igor T. Vykhodets<sup>2</sup>, Tamara F. Abramova<sup>3</sup>, Tatiana M. Nikitina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Branch of GBUZ Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginova DZM “Mammological Center”, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>FSBI Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russian Federation

High competitive and training loads in sports are a risk factor for stress fractures in athletes. Vitamin D, which regulates phosphorus-calcium metabolism, affects the condition of the musculoskeletal system. Given the high incidence of vitamin D deficiency in athletes, its correction may have a positive effect on the incidence of injuries in sports. The aim of the review is to assess the effect of vitamin D on bone metabolism in sports based on the results of an analysis of modern scientific publications. The review is based on publications from the PubMed, Google Scholar, Cyberleninka, and eLIBRARY databases. Preference was given to articles in peer-reviewed sources published over the past 10 years. The review emphasizes the relevance of the problem of vitamin D deficiency in sports, highlighting risk factors for the development of its insufficient supply among athletes and its impact on the functioning of the musculoskeletal system. In athletes, the risk of osteopenia is additionally associated with the presence of unfavorable variants of allelic combinations of the genes of the vitamin D receptor and type I collagen, the development of the syndrome of relative energy deficiency in sports. Athletes are recommended to maintain target levels of 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D), which have a positive effect on bone remodeling, but specialized recommendations on this issue have not yet been developed. Evaluation of the concentration of 25(OH)D in the blood serum can be recommended for all representatives of the sports subpopulation, especially in risk groups for vitamin deficiency and decreased bone mineral density. In the treatment of vitamin D deficiency/insufficiency, it is necessary to be guided by

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

the clinical recommendations of the Russian Association of Endocrinologists. Further research in sports on the effects of vitamin D on bone metabolism with the development of unified strategies for target levels of 25(OH)D and cholecalciferol supplementation in athletes is advisable.

**KEYWORDS:** vitamin D; cholecalciferol; sports medicine; athletes; bone mineral density; sport; osteoporosis.

Витамин D является жирорастворимым витамином, синтезирующимся в коже при инсоляции и поступающим с пищей [1]. Он участвует в фосфорно-кальциевом обмене, способствуя поступлению в организм кальция, росту и минерализации скелета, влияя на функции опорно-двигательного аппарата (ОДА), риск переломов и период восстановления после травм. Витамин D дополнительно задействован в функционировании скелетной мускулатуры, сердечно-сосудистой и иммунной систем. Он обеспечивает дифференцировку, сократимость и пластичность мышечных волокон, участвует в митохондриальном обмене, влияет на нервно-мышечные синапсы и быстрые мышечные волокна [1, 2]. Таким образом, витамин D имеет существенное значение в обеспечении жизнедеятельности различных систем организма, в том числе в поддержании здоровья скелета, что указывает на необходимость оценки его роли в спорте высших достижений, где максимальная мобилизация функциональных систем организма спортсмена направлена на достижение наивысших спортивных результатов. Цель данной работы — оценить влияние витамина D на костный метаболизм спортсменов по результатам анализа современных научных публикаций. Обзор сделан на основе публикаций баз данных PubMed, Google Scholar, Cyberleninka, eLIBRARY. Предпочтение отдавалось статьям, опубликованным в реферируемых источниках за последние 10 лет.

Недостаточная обеспеченность витамином D (уровень 25-гидроксивитамина D (25(OH)D) в крови <30 нг/мл) регистрируется у более 70% взрослого населения Российской Федерации (РФ) [3], что соотносится с международными данными [2, 3], и больше затрагивает лиц моложе 20 и старше 80 лет (75% и 81%, соответственно) [3]. У взрослых спортсменов недостаточность витамина D (25(OH)D  $\geq 20$  и <30 нг/мл или  $\geq 50$  и <75 нмоль/л) может составлять до 73% среди различных спортивных групп [4], а в некоторых спортивных специализациях достигать 100%, например, тхэквондо [5]. Распространенность дефицита витамина D (25(OH)D  $\leq 20$  нг/мл или  $\leq 50$  нмоль/л) по данным метаанализа среди взрослых спортсменов — 30% (95% ДИ 22–39%) и выше среди подростков — 39% (95% ДИ 25–55%) [2]. Риску недостаточной обеспеченности витамином D больше подвержены спортсмены с высокой массой тела и/или высоким содержанием жировой массы тела, например, хоккеисты [6]. Исследование, проведенное в летнее время года, среди российских элитных спортсменов, занимающихся легкой атлетикой, показало, что распространенность дефицита витамина D составила 5,9%, недостаточности — 27,9%. Различий между спортсменами мужского и женского пола, возраст которых составлял  $18,2 \pm 1,9$  года и  $17,3 \pm 2,6$  года соответственно ( $p=0,15$ ), в обеспеченности витамином D не отмечено. У 66,2% всех спортсменов, занимающихся легкой атлетикой не менее трех лет с проживанием на территории РФ и отсутствием травм

при пропуске не более трех тренировок за последний месяц перед исследованием, уровень витамина D в сыворотке крови составлял более 30 нг/мл [7]. Концентрация 25(OH)D в спортивной субпопуляции может быть обусловлена полиморфизмом гена рецептора витамина D (VDR) с.1056T>C (rs731236) при наименьшей концентрации 25(OH)D у спортсменов с генотипом TC по сравнению с генотипом TT ( $21,27 \pm 7,04$  нг/мл и  $26,5 \pm 8,72$  нг/мл, соответственно). Анализ генотипов полиморфизма гена с.1056T>C (rs731236) VDR выявил их различную встречаемость у спортсменов, тренирующихся на открытом воздухе и в помещении: в группе «улица» более характерен генотип TT (53,13%), в группе «зал» — TC (57,53%) ( $\chi^2=5,13$ ,  $p<0,05$ ) [8]. Данные метаанализа по оценке обеспеченности витамином D в условиях различной естественной освещенности показали значимые различия в уровне 25(OH)D только у азиатских спортсменов (средняя разница 9,85 нг/мл,  $p<0,01$ ) [10], что обосновывает дополнительный контроль витамина D в спорте с учетом этнической принадлежности атлета. У юных футболистов в возрасте  $17,2 \pm 1,16$  года концентрация 25(OH)D варьировалась в зависимости от сезона года при наиболее значительном снижении в период недостаточного солнечного освещения в осенние и зимние месяцы [11]. Анализ российской популяции атлетов в возрасте 16–20 лет показал отсутствие различий в концентрациях 25(OH)D у спортсменов, тренирующихся в зале и ежедневно на открытом воздухе более 2-х часов:  $21,9 \pm 1,2$  и  $21,1 \pm 0,9$  нг/мл соответственно ( $p>0,05$ ) [12], что может быть объяснено особенностями географического положения и условиями самой тренировки. Таким образом, обеспеченность витамином D у спортсменов различна с учетом времени года и места тренировки, массы тела, пола и цвета кожи атлета. Риск снижения уровня 25(OH)D выше у спортсменов, занимающихся в зале; в зимний период тренировок; у спортсменов-женщин и атлетов с темным цветом кожи, высокой массой тела и/или процентом жировой массы тела [2, 5, 6, 9, 13]. Дефицит витамина D также связан со временем тренировок (раннее или позднее утро), географическим положением и использованием солнцезащитного крема [13], а также с полиморфизмом гена VDR [8].

Риски стрессовых переломов у спортсменов взаимосвязаны с концентрацией 25(OH)D в сыворотке крови и составляют до 20% с большей встречаемостью среди представителей баскетбола, бейсбола, легкой атлетики, гребли, футбола, аэробики и классического балета [6]. По данным Международного олимпийского комитета (МОК) уровни 25(OH)D <30 нг/мл ассоциированы с повышенной частотой стрессовых переломов [14]. Следует обратить внимание, что в видах спорта, где чаще всего регистрируется синдром относительного дефицита энергии в спорте (Relative Energy Deficiency in Sport, RED-S) значительно возрастает риск стрессовых переломов. Эта проблема особенно актуальна для эстетических

(гимнастика, танцы, фигурное катание) и циклических (бег на длинные дистанции, плавание, велоспорт, гребля, триатлон) специализаций, а также для боевых видов спорта с весовыми категориями (борьба, бокс), жокеев и артистов балета. Дефицит энергии нарушает нормальные процессы ремоделирования кости и может привести к снижению ее плотности, что делает кости более уязвимыми к повторяющимся нагрузкам [14, 15].

Концентрации 25(OH)D в крови ниже 12–20 нг/мл (30–50 нмоль/л) у спортсменов соотносятся с повышением риска травм [16]. Так, выявлено, что среди американских футболистов у спортсменов без травм в течение сезона уровни 25(OH)D выше, чем у игроков, получивших травмы: 24,7 нг/мл и 19,9 нг/мл соответственно ( $p < 0,04$ ) [17]. Следует отметить, что концентрации витамина D в крови менее 10–20 нг/мл (25–50 нмоль/л) стимулируют секрецию паратиреоидного гормона (ПТГ), повышение показателей которого у спортсменов взаимосвязано с уровнем минеральной плотности кости (МПК) и риском стрессовых переломов [9] при наличии статистически значимой отрицательной корреляции между уровнями ПТГ и кальция крови ( $r = -0,31$ ,  $p = 0,008$ ) [11]. По данным рандомизированного исследования, дотация колекальциферола (2000 МЕ/сут) физически активным мужчинам в течение 12 мес влияет на активность парацитовидных желез: более низкие концентрации ПТГ отмечены в группе, получавшей препарат, по сравнению с контролем ( $p = 0,004$ ) [18]. При обследовании 527 юных спортсменов в возрасте 12–18 лет риск развития вторичного гиперпаратиреоза (ВГПТ) на фоне дефицита витамина D (15,6 [12,3; 19,3] нг/мл) составил 3% и регистрировался в два раза чаще у девочек, чем у мальчиков ( $p = 0,034$ ). Статистически значимые различия в фосфорно-кальциевом обмене (кальций общий, фосфор, магний) у спортсменов с ВГПТ по сравнению с контролем отсутствовали, при этом отмечались достоверно более высокие показатели маркеров костного ремоделирования в группе с ВГПТ: карбокситерминальный тепепептид коллагена 1 типа крови ( $\beta$ -Cross Laps) и общая щелочная фосфатаза ( $p = 0,042$  и  $p = 0,037$  соответственно) [19].

У спортсменов с более значимым снижением уровня 25(OH)D в сыворотке крови отмечались более высокие показатели костной щелочной фосфатазы (КЩФ) и N-концевого тепепептида (NTx), однако данные маркеры костного ремоделирования значимо не коррелировали с уровнем МПК. Напротив, в другом исследовании обнаружено, что МПК проксимального отдела бедренной кости и мышечная масса спортсменов достоверно соотносились с уровнями 25(OH)D в сыворотке крови ( $p = 0,02$  и  $p < 0,05$ , соответственно) [16]. У юных российских спортсменов в возрасте  $17,7 \pm 1,4$  года наименьшие показатели 25(OH)D отмечены в баскетболе, волейболе, гандболе по сравнению другими видами спорта (16,8 $\pm$ 1,1 и 21,7 $\pm$ 1,6 нг/мл соответственно,  $p < 0,05$ ), однако снижения МПК для игровых специализаций по сравнению с велоспортом, плаванием и гимнастикой (3916,76 $\pm$ 146,39 г и 3235,24 $\pm$ 88,27 г, соответственно,  $p < 0,01$ ), по данным двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA), не выявлено. Авторы не установили связи дефицита 25(OH)D с количеством жировой, соединительно-мышечной и костной тканей в изученных группах [12]. Установленные различия в МПК могут соот-

носиться именно с низкой гравитационной нагрузкой у велосипедистов и пловцов и большим риском развития синдрома относительного дефицита энергии в спорте, как факторов риска снижения МПК, а не показателями самого витамина D, в специализациях, для которых в исследовании выявлены более низкие значения МПК [20].

Изучение костного обмена у спортсменов показало значимо большие значения ряда его показателей у футболистов по сравнению группой с преимущественно сидящим образом жизни: 25(OH)D (36,23 $\pm$ 15,88 нг/мл и 23,78 $\pm$ 7,78 нг/мл соответственно,  $p < 0,05$ ), иризина (218 $\pm$ 80 нг/мл и 115 $\pm$ 35 нг/мл соответственно,  $p < 0,001$ ), лиганда рецептора ядерного фактора каппа-бета (RANKL,  $p < 0,05$ ) и МПК (96,3 $\pm$ 4,1% и 93,0 $\pm$ 3,5% соответственно,  $p < 0,05$ ), оцененной с помощью количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД) в области пяточной кости, при отсутствии значимых различий в показателях кальция, фосфора, ПТГ, КЩФ,  $\beta$ -Cross Laps, остеопротегерина, склеростина или белков Диккофа (Dkk-1). Большие показатели МПК авторы связывают с уровнем иризина и с динамикой ряда показателей через 3 месяца тренировок у футболистов: снижение склеростина ( $p < 0,05$ ) и повышение КЩФ ( $p < 0,05$ ) [21].

В ряде исследований отмечена взаимосвязь полиморфизма *VDR* и других генов, кодирующих костные белки, с риском снижения МПК у спортсменов. По результатам генотипирования полиморфизма rs2228570 гена *VDR* в экзоне 2 (12q12q14) 69,5% спортсменов относятся к группе носителей аллеля, который ассоциирован со снижением МПК до значений остеопении или остеопороза, что увеличивает риск травм в ходе профессиональной деятельности [22].

С целью оценки индивидуальных рисков костных переломов у спортсменов некоторые авторы наибольшую роль отводят выявлению неблагоприятных вариантов аллельных комбинаций rs7975232 гена *VDR* (генотип AA), rs1544410 гена *VDR* (генотип TT,  $p = 0,049$ ) и rs42517 гена коллагена альфа-2 типа 1 (*Col1a2*) [23–25]. Среди носителей генотипа AA rs7975232 гена *VDR* риск переломов выше, чем у носителей генотипа CC ( $p = 0,03$ ). Наличие аллеля G полиморфизма rs42517 гена *Col1a2* повышает риск переломов: OR=2,0, 95% ДИ: 1,0–4,0 ( $p = 0,06$ ) при отсутствии генотипа GG среди спортсменов без переломов. Следует отметить, что у спортсменов со стресс-переломами выше частота генотипа TT полиморфизма rs1800012 гена коллагена альфа-1 типа 1 (*Col1a1*), чем в группе контроля [23]. Молекулярно-генетические тесты у представительниц художественной гимнастики выявили большую встречаемость аллеля G полиморфизма rs2228570 гена *VDR*, как фактора риска снижения МПК, который выше при гомозиготном носительстве [24]. Для формирования групп риска по развитию остеопороза у спортсменов может быть полезен анализ полиморфизма гена *VDR* с использованием общего генетического балла (ОГБ) и оценка МПК по Z-критерию: значение ОГБ от 7,0 до 8,0 у.е. и более; значение Z-критерия МПК от -2,5 до -1,99 у.е. [25].

У спортсменов-любителей в возрасте  $22,7 \pm 4,1$  года через 8 месяцев после завершения 9-недельного тренировочного цикла зафиксирована остеопения по данным DXA только в группе с генетическим полиморфизмом генов, кодирующих костные белки. Это касалось

Таблица 1. Генетические полиморфизмы, связанные с риском остеопороза у спортсменов

| Ген, международное название                    | Международный код полиморфизма | Генотип, ассоциированный с риском переломов и снижения МПК в спорте |
|--|--------------------------------|---|
| Ген рецептора витамина D ( <i>VDR</i> )        | rs7975232                      | AA  |
|  | rs1544410                      | TT  |
|  | rs2228570                      | AG, GG**  |
|  | rs731236                       | TC  |
| Ген коллагена альфа-1 типа 1 ( <i>Col1a1</i> ) | rs1800012*                     | TT  |
| Ген коллагена альфа-2 типа 1 ( <i>Col1a2</i> ) | rs42517                        | AG, GG**  |

## Примечание:

\* риск выше при наличии аллеля s (*Ss*, *ss*)

\*\* риск выше при гомозиготном носительстве.

спортсменов с генотипом TT гена рецептора витамина D (TaqI полиморфизм для гена *VDR*) и с функционально ослабленным аллелем s гена коллагена I типа (Sp1 полиморфизм для гена *Col1a1*) [26]. На данный момент МОК у спортсменов приняты нормальные уровни МПК  $\geq -1$  (Z-критерий), в отличии от общей популяции (Z-критерий  $\geq -2$ ). При значениях Z-критерия  $< -1$  спортсменам рекомендовано динамическое наблюдение с уточнением наличия вторичных факторов риска патологии скелета [27]. Таким образом, выявление неблагоприятных вариантов аллельных комбинаций генов рецептора витамина D и коллагена I типа (табл. 1) можно рекомендовать для оценки индивидуальных рисков снижения МПК в спорте.

У спортсменов установлено, что именно уровни биодоступного витамина D, то есть фракции 25(OH)D, не связанной с витамин D-связывающим белком, а не концентрации 25(OH)D, ассоциированы с показателями МПК в позвоночнике, шейке и проксимальном отделе бедренной кости по данным DXA. Это подчеркивает важность оценки именно несвязанной фракции витамина D, рассчитанной с учетом концентрации общего 25(OH)D и витамин D-связывающего белка, для понимания его влияния на костную ткань [28].

Согласно обновленным положениям рекомендаций Эндокринологического общества (Endocrine Society, 2024 год), рутинный скрининг на уровень 25(OH)D у здоровых взрослых людей без показаний не считается необходимым, равно как и использование у данной категории лиц конкретных пороговых уровней 25(OH)D для определения его достаточности. Взрослому населению рекомендуется ежедневно принимать витамин D в дозе 600 МЕ (15 мкг) лицам до 70 лет и 800 МЕ (20 мкг) лицам старше 70 лет [29]. В РФ, учитывая преобладание территорий, расположенных в северных широтах (выше 35-й параллели), профилактическая доза витамина D для взрослого населения несколько выше и составляет 800–1000 МЕ (20–25 мкг) в сутки [30]. Ряд источников и консенсусное заявление МОК указывают на то, что потребность спортсменов в витамине D не отличается от потребности населения в целом, а специализированные рекомендации по приему витамина D для них отсутствуют. При подтвержденном дефиците витамина D спортсменам рекомендуется принимать колекальциферол в течение 8–16 недель в дозе 50 000 МЕ в неделю или ежедневно по 10 000 МЕ под контролем уровня 25(OH)D в крови [9, 31], что согласуется с кли-

ническими рекомендациями Российской ассоциации эндокринологов (РАЭ) [30]. При этом подчеркивается, что более обоснованным является ежедневный прием более низких доз витамина D по сравнению периодическим поступлением высоких доз [29]. Для преодоления низкой приверженности к ежедневной дотации колекальциферола могут быть использованы схемы с интервалами до 4 недель [32].

Однако в литературе имеются отдельные рекомендации для спортсменов. При недостаточности витамина D (25(OH)D между 20–30 нг/мл) и отсутствии возможности разумного пребывания на солнце (например, из-за погодных условий или тренировок в закрытых помещениях), атлетам рекомендуется ежедневный прием колекальциферола в дозе 1500–2000 МЕ. Необходимо отметить, что дотация витамина D в зимний период времени является обязательной для всех спортсменов, проживающих и/или тренирующихся на территориях, расположенных выше 35° северной или южной широты [9]. По мнению МОК, дотация витамина D в дозе 1000 МЕ/сут в период осень-весна положительно влияет на состояние иммунной системы и направлена на достижение целевого уровня 25(OH)D, составляющего более 30 нг/мл (75 нмоль/л) [31, 33]. Некоторыми авторами высказывается предположение, что спортсменам следует стремиться к концентрации 25(OH)D в сыворотке крови более 40 нг/мл, что превышает значения для общей популяции (30 нг/мл) [4].

В ряде исследований отмечены особенности питания спортсменов с учетом полиморфизма генов *VDR*. Так, у представителей триатлона, носителей аллеля G (генотипы AG+GG) полиморфизма rs2228570 гена *VDR* отмечено снижение фактического потребления кальция и фосфора, что может выступать фактором риска развития патологии МПК [34], учитывая тот факт, что адекватное поступление кальция, как и оптимальная обеспеченность витамином D, являются значимой составляющей в профилактике патологии скелета согласно федеральным клиническим рекомендациям по диагностике, лечению и профилактике остеопороза [35]. Потребление кальция для взрослых спортсменов обоих полов в возрасте 19–50 лет по данным МОК должно составлять 1000 мг/сут [31], что соответствует физиологической потребности в данном макроэлементе у взрослого населения РФ в возрасте до 65 лет [36]. Однако

в некоторых спортивных специализациях потребность в кальции может достигать 2700 мг/сут [15, 37]. Отмечено, что потребление кальция перед тренировкой в виде продуктов, богатых данным макроэлементом, или в виде пероральных препаратов кальция, снижает прирост остеорезорбции, вызванный физической нагрузкой [15, 38], как и дотация витамина D спортсменам с его исходным дефицитом [39]. Рандомизированное исследование показало, что прием 4000 МЕ/сут колекальциферола в течение 6 недель снижал остеорезорбцию ( $\beta$ -Cross laps) и маркеры повреждения мышц (лактатдегидрогеназа и креатинкиназа) у баскетболисток с исходным дефицитом витамина D вне зависимости от возраста спортсменок [39].

Прием умеренных доз колекальциферола (4000 МЕ в неделю), что примерно соответствует 400–600 МЕ/сут, в течение 12 недель не показал статистически значимого повышения МПК по данным DXA ( $73,1 \pm 62,5$  г и  $84,1 \pm 46,5$  г соответственно,  $p=0,68$ ), однако спортсмены с исходно самым низким уровнем 25(OH)D ( $14,7$  нг/мл) наиболее положительно отреагировали на умеренное потребление витамина D при повышении уровня 25(OH)D на  $16,5$  нг/мл [40]. Предыдущие исследования показали положительный эффект на уровень МПК дотации профилактических доз витамина D (400 МЕ/сут) именно в сочетании с препаратами кальция (2000 мг/сут) [41]. В спорте совместный прием препаратов кальция и колекальциферола (2000 мг/сут и 800 МЕ/сут соответственно) положительно влияет на частоту стрессовых переломов, снижая их количество, где дозы витамина D могут достигать 2000 МЕ/сут [6]. У спортсменов с низкой энергетической доступностью или менструальной дисфункцией, по данным МОК, ежедневное потребление кальция и витамина D в дозе 1500 мг и 1500–2000 МЕ, соответственно, положительно влияет на костный метаболизм [31]. Таким образом, спортсменам с целью профилактики развития патологии ОДА необходима дотация витамина D, при этом оценка клинической эффективности должна учитывать его индивидуальную потребность с оценкой исходного уровня 25(OH)D. Следует обратить внимание, что более положительное влияние на МПК оказывает сочетание колекальциферола с препаратами кальция.

Риски остеопоротических переломов у ветеранов спорта ниже в единоборстве и тяжелой атлетике по сравнению с циклическими и скоростно-силовыми видами спорта, что ассоциировано с большими значениями 25(OH)D, тестостерона, индекса массы тела в силовых специализациях [42].

У спортсменов, проживающих выше  $40^\circ$  северной широты, по данным метаанализа, включавшего 2313 человек без учета стран Ближнего Востока, коэффициент риска недостаточной обеспеченности витамином D ( $<80$  нмоль/л или  $<32$  нг/мл) составил  $1,85$  (95% ДИ,  $1,25$ – $2,53$ ), что указывает на необходимость дотации витамина D спортсменам в регионах с дефицитом ультрафиолетового излучения в особенности в зимнее время [16]. Дотация витамина D спортсменам, направленная на достижение показателей 25(OH)D в сыворотке крови  $>30$  нг/мл, в зимнее время года на территориях выше  $33,3^\circ$  северной широты варьируется с учетом его исходных значений: необходимо более 2857 МЕ/сут ко-

лекальциферола в течение 4–12 недель для нормализации уровня 25(OH)D. Анализ пяти рандомизированных клинических исследований (163 спортсменов) показал, что дотация 5000 МЕ/сут колекальциферола в течение 4 недель спортсменам с недостаточностью витамина D повышала концентрацию 25(OH)D до  $31,7$  нг/мл [43].

У спортсменов, проживающих и тренирующихся на территории  $48$ – $55^\circ$  северной широты, проведен анализ коррекции недостаточности ( $25(OH)D < 30$  нг/мл) с января по апрель на фоне дотации различных доз витамина D. Индивидуальная доза колекальциферола в режиме приема 4000 МЕ/сут в течение 5 недель с последующей дотацией 1000 МЕ/сут в течение 5 недель показала большую эффективность по сравнению со стандартной (2000 МЕ/сут на весь период исследования):  $41,1 \pm 10,9$  нг/мл и  $32,5 \pm 6,4$  нг/мл, соответственно ( $p < 0,001$ ). Индивидуальная доза витамина D, направленная на повышение уровня 25(OH)D до 40 нг/мл, была расчетной: общая доза витамина D = 40 нг/мл  $\times$  (100 — уровень 25(OH)D в плазме крови нг/мл)  $\times$  масса тела спортсмена кг. Данная формула предложена в 2010 году van Groningen L. et al. На фоне приема индивидуальной дозы у 50% спортсменов данной группы через 5 недель получены запланированные уровни 24(OH)D в 40 нг/мл, а у 92% — в 30 нг/мл. Однако после 10 недель приема колекальциферола только у 30% концентрация 25(OH)D составила не менее 40 нг/мл, а у 78% удалось достичь уровня 25(OH)D в 30 нг/мл или выше. В группе, получавшей стандартную дозу, у 17% спортсменов уровень 25(OH)D составил 40 нг/мл или выше через 5 недель и у 38% — через 10 недель, что указывает дополнительно на то, что дозы колекальциферола в 1000 МЕ/сут недостаточно для поддержания в зимний период целевых значений 25(OH)D на уровне 40 нг/мл у спортсменов [4].

Витамин D положительно влияет на структурное и функциональное восстановление скелетной мускулатуры. Повышение уровня 25(OH)D в сыворотке крови способствует снижению мышечной слабости после травм и времени заживления, сокращая период восстановления спортсменов, что ускоряет возвращение к профессиональной деятельности после стрессовых переломов [13, 14]. Витамин D оказывает свои эффекты на скелетные мышцы посредством взаимодействия с рецепторами VDR. При дефиците витамина снижается уровень внутриядерного VDR и экспрессии генов VDR, что может приводить к развитию атрофии мышечных волокон типа IIA и миопатии. Ряд авторов считает возможным обогащение водорастворимым витамином D специальных растворов электролитов в спорте [44]. У артистов балета отмечено снижение количества мышечных травм на фоне перорального приема колекальциферола (2000 МЕ/сут) в течение 4 месяцев в зимнее время года по сравнению с контрольной группой без дотации препарата [45]. Дотации колекальциферола положительно влияют на аэробную выносливость, анаэробную мощность и силу в спорте [16].

Таким образом, в спорте витамин D положительно влияет на костный метаболизм спортсмена, снижает риски травматизма, в том числе стрессовых переломов. Спортсменам рекомендуется проверять уровень витамина D при наличии скелетных болей, общей слабости, симптомов перетренированности; с учетом анамнеза,

отягощенного стрессовыми переломами, частыми респираторными заболеваниями, травмами ОДА [9]; в группах риска по дефициту 25(OH)D и снижению МПК в спорте.

Согласно положениям РАЭ на профилактику дефицита витамина D у взрослых направлено ежедневное поступление 800–1000 МЕ витамина D, тогда как для поддержания целевых значений 25(OH)D в сыворотке крови: 30–60 нг/мл (75–150 нмоль/л) необходим прием не менее 1500–2000 МЕ/сут [30]. При выявлении у спортсменов уровня 25(OH)D < 20 нг/мл целесообразно дополнительно оценить показатели фосфорно-кальциевого обмена: общий кальций и альбумин с расчетом кальция, скорректированного на альбумин, фосфор, магний, щелочная фосфатаза, ПТГ, креатинин (с расчетом скорости клубочковой фильтрации) в сыворотке крови [30].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя роль витамина D в поддержании костно-метаболизма у спортсменов, следует обратить внимание на контроль обеспеченности данным витамином в группах риска по его дефициту, а также в спортивных специализациях с высоким риском развития остеопенических состояний. Выявление неблагоприятных вариантов аллельных комбинаций генов рецептора витамина D и генов коллагена I типа позволит проводить оценку индивидуального риска развития костных переломов у спортсменов. Спортсменам важен прием профилактических доз колекальциферола, особенно, проживающим и тренирующимся на территориях, расположенных за пределами 35° северной или южной широты. В период осень-весна взрослым спортсменам целесообразна до-

тация колекальциферола в дозе не менее 1000 МЕ/сут. Поддержание целевого уровня витамина D в сочетании с адекватным поступлением кальция оптимально направлено на поддержание количества и качества костной массы у спортсменов.

Коррекцию недостаточной обеспеченности витамином D у взрослых спортсменов необходимо проводить согласно клиническим рекомендациям Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых.

Требуется проведение дальнейших исследований для разработки специализированных рекомендаций по комплексному добавлению колекальциферола в спортивной субпопуляции: уточнение оптимальных доз колекальциферола, направленных на поддержание целевого уровня 25(OH)D в сыворотке крови спортсмена, значения которого на данный момент являются предметом дискуссии; коррекцию недостаточной обеспеченности витамином D и профилактику развития его дефицитных состояний в видах спорта с высоким риском травматизма и снижения минеральной плотности кости.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источники финансирования.** Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

**Участие авторов.** Выходец И.Т., Никитина К.И. — дизайн исследования; все авторы — сбор и обработка материала, написание и редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Książek A, Zagrodna A, Słowińska-Lisowska M. Vitamin D, Skeletal Muscle Function and Athletic Performance in Athletes—A Narrative Review. *Nutrients*. 2019;11(8):1800. doi: <https://doi.org/10.3390/nu11081800>. 019-1800
2. Harju T, Gray B, Mavroedi A, Farooq A, Reilly JJ. Prevalence and novel risk factors for vitamin D insufficiency in elite athletes: systematic review and meta-analysis. *Eur J Nutr*. 2022;61(8):3857-3871. doi: <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02967-z>
3. Мармалюк Д.А., Рунова Г.Е., Глинкина И.В., Фадеев В.В. Статус витамина D у жителей Российской Федерации, его возрастные особенности и взаимосвязь с уровнем паратиреоидного гормона // *Архивъ внутренней медицины*. — 2024. — Т. 14. — № 4. — С. 276-283. [Marmalyuk DA, Runova GE, Glinkina IV, Fadeyev IM. Vitamin D Status Among Residents of the Russian Federation and Its Relation with Age and Parathyroid Hormone. *The Russian Archives of Internal Medicine*. 2024;14(4):276-283. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.20514/2226-6704-2024-14-4-276-283>
4. Tuma C, Schick A, Pommerening N, et al. Effects of an Individualized vs. Standardized Vitamin D Supplementation on the 25(OH)D Level in Athletes. *Nutrients*. 2023;15(22):4747. doi: <https://doi.org/10.3390/nu15224747>
5. Малёваная И.А., Иванова Н.В., Цехмистро Л.Н. и др. Роль витамина D в спорте (обзор литературных источников) // *Журнал Прикладная спортивная наука*. — 2020. — Т. 1. — № 11. — С. 89-98. [Malevanaya IA, Ivanova NV, Tsekhmistro LN, et al. The role of vitamin D in sports (review of literary sources). *Journal of Applied Sports Science*. 2020;1(11):89-98. (In Russ.)]
6. Knechtle B, Jastrzębski Z, Hill L, Nikolaidis PT. Vitamin D and Stress Fractures in Sport: Preventive and Therapeutic Measures—A Narrative Review. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(3):223. doi: <https://doi.org/10.3390/medicina57030223>
7. Bezuglov E, Shoshorina M, Lazarev A, et al. Does vitamin D affect strength and speed characteristics and testosterone concentration in elite young track and field athletes in the North European summer?. *Nutr J*. 2023;22(1):16. doi: <https://doi.org/10.1186/s12937-023-00848-7>
8. Ефимович Н.В., Кручинский Н.Г., Мельнов С.Б. Влияние полиморфизма с.1056Т> С гена VDR и места проведения тренировки на статус витамина D у спортсменов // *Актуальные научные исследования в современном мире: журнал*. — 2021. — Вып. 9 (77), ч. 5. — С. 6-11. [Efimovich NV, Kruchinsky NG, Melnov SB. The influence of the с.1056T> C polymorphism of the VDR gene and the place of training on the vitamin D status in athletes. *Actual scientific research in the modern world: journal*. 2021;9(77):5:6-11. (In Russ.)]
9. Larson-Meyer DE. The Importance of Vitamin D for Athletes. *Sports Science Exchange*. 2015;28(148):1-6
10. Bărsan M., Chelaru VF, Răjnovanu AG, et al. Difference in Levels of Vitamin D between Indoor and Outdoor Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Mol Sci*. 2023;24(8):7584. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms24087584>
11. Jastrzębska J, Skalska M, Radziwiński Ł, et al. Changes of 25(OH)D Concentration, Bone Resorption Markers and Physical Performance as an Effect of Sun Exposure, Supplementation of Vitamin D and Lockdown among Young Soccer Players during a One-Year Training Season. *Nutrients*. 2022;14(3):521. doi: <https://doi.org/10.3390/nu14030521>
12. Каронова Т.Л., Глоба П.Ю., Андреева А.Т., и др. Уровень обеспеченности витамином D и композиционный состав тела у спортсменов. // *Остеопороз и остеопатии*. — 2016. — Т.19. — №2. — 43-43. [Karonova TL, Globa PYu, Andreeva AT, et al. Vitamin D status and body composition in athletes. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2016;19(2):43-43. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo2016243-43>

13. Iolascon G, Moretti A, Paoletta M, et al. Muscle Regeneration and Function in Sports: A Focus on Vitamin D. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(10):1015. doi: <https://doi.org/10.3390/medicina57101015>
14. Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, et al. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *Br J Sports Med*. 2018;52(11):687-697. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>
15. Никитина К.И., Стрельникова Т.В., Выходец И.Т., Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М. Роль питания в профилактике нарушений костного метаболизма в спорте высших достижений // *Вопросы питания*. — 2025. — Т. 94. — № 1. — С. 21-36. [Nikitina KI, Strelnikova TV, Vykhodets IT, Abramova TF, Nikitina TM. The role of nutrition in the prevention of bone metabolism disturbances in high performance sports. *Voprosy Pitaniia*. 2025;94(1):21-36 (In Russ)]. doi: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2025-94-1-21-36>
16. Wyatt PB, Reiter CR, Satalich JR, et al. Effects of Vitamin D Supplementation in Elite Athletes: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med*. 2024;12(1):23259671231220371. doi: <https://doi.org/10.1177/23259671231220371>
17. Shindle M, Voos J, Gulotta L, et al. Vitamin D status in a professional american football team: 2008. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2011;45(5):511. doi: <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000401408.96267.5e>
18. Ramezani Ahmadi A, Mohammadshahi M, Alizadeh A, et al. Effects of vitamin D3 supplementation for 12 weeks on serum levels of anabolic hormones, anaerobic power, and aerobic performance in active male subjects: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Eur J Sport Sci*. 2020;20(10):1355-1367. doi: <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1713218>
19. Исаева Е.П., Окорокров П.Л., Зябкин И.В. Вторичный гиперпаратиреоз на фоне дефицита витамина D у юных высококвалифицированных спортсменов. // *Медицина экстремальных ситуаций*. — 2024. — Т.26. — №2. — С.76-82. [Isaeva EP, Okorokov PL, Zybkin IV. Secondary hyperparathyroidism associated with vitamin D deficiency in young highly trained athletes. *Extreme Medicine*. 2024;26(2):76-82. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.47183/mes.2024.033>
20. Никитина К.И., Выходец И.Т., Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М. Влияние профессиональной спортивной деятельности на минеральную плотность кости (обзор литературы). // *Российский остеопатический журнал*. — 2024. — № 1. — С. 106–117. [Nikitina KI, Vykhodets IT, Abramova TF, Nikitina TM. Influence of professional sports activities on bone mineral density (literature review). *Russian Osteopathic Journal*. 2024;1:106–117. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2024-1-106-117>
21. Gaudio A, Rapisarda R, Hourafa A, et al. Effects of competitive physical activity on serum irisin levels and bone turnover markers. *J Endocrinol Invest*. 2021;44(10):2235-2241. doi: <https://doi.org/10.1007/s40618-021-01529-0>
22. Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н., Сорокина Е.Ю. и др. Анализ фактического питания спортсменов футбольной команды. // *Спортивная медицина: наука и практика*. — 2021. — Т.11. — №1. — С.37-43. [Keshabyants EE, Denisova NN, Sorokina EYu, et al. Analysis of the football players' actual nutrition. *Sports medicine: research and practice*. 2021;11(1):37-43. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.9>
23. 23. Макей Т.В., Морозик П.М. Генетические факторы предрасположенности к костным переломам у спортсменов. Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings 2021: environmental problems of the XXI century: материалы 21-й международной научной конференции, 20–21 мая 2021 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол.: А. Н. Батын [и др.]; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С. А. Маскевича, к. т. н., доцента М. Г. Герменчук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – Ч. 1. – С. 287-290. [Makey TV, Morozik PM. Genetic factors of preposition to bone fractures in athletes. *Sakharov readings 2021: environmental problems of the XXI century: Proceedings of the 21st international scientific conference*, May 20–21, 2021, Minsk, Republic of Belarus: in 2 parts / Int. state ecol. in-t named after A. D. Sakharov, Bel. state University; ed. board: A. N. Bатын [et al.]; edited by Dr. of physical and mathematical sciences, prof. S. A. Maskevich, Ph.D. in engineering, associate professor M. G. Germenchuk. – Minsk: Information and Computer Center of the Ministry of Finance, 2021;1:287–290. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-1-287-290>
24. Выборная К.В., Сорокина Е.Ю., Пескова Е.В. Генетические полиморфизмы, ассоциированные со спортивной успешностью, у спортсменов, представляющих художественную гимнастику // *Тенденции развития науки и образования*. — 2021. — № 79-1. — С.: 78-83. [Vybornaya KV, Sorokina EYu, Peskova EV. Genetic polymorphisms associated with athletic success in athletes representing rhythmic gymnastics. *Trends in the Development of Science and Education*. 2021;79-1:78-83. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.18411/trnio-11-2021-27>
25. Жур Н.В., Лебедь Т.Л., Шепелевич Н.В. Исследование динамики состояния метаболизма костной ткани у спортсменов юниорского и молодежного возраста // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XVII международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 14 апреля 2023 г.: в 2-х ч. Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2023. – Ч. 2. – С. 208-211. [Zhur NV, Lebed TL, Shepelevich NV. Study of the dynamics of bone tissue metabolism in junior and youth athletes. *Scientific potential of youth - the future of Belarus: materials of the XVII international youth scientific and practical conference*, Pinsk, April 14, 2023: in 2 parts. Ministry of Education of the Republic of Belarus [et al.]; editorial board: V.I. Dunay [et al.]. - Pinsk: PolesSU. 2023;2:208-211. (In Russ.)]
26. Оганов В.С., Виноградова О.Л., Дудов Н.С. и др. О возможной связи развития остеопении с биохимическими и генетическими маркерами костного метаболизма у спортсменов после интенсивной физической нагрузки. Часть I. Остеопороз и остеопатии. 2008;11(1):2-5 [Oganov VS, Vinogradova OL, Dudov NS, et al. On the possible relationship between the development of osteopenia and biochemical and genetic markers of bone metabolism in athletes after intense physical activity. Part I. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2008;11(1):2-5 (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo200812-5>
27. Jonvik KL, Torstveit MK, Sundgot-Borgen J, Mathisen TF. Do we need to change the guideline values for determining low bone mineral density in athletes? *J Appl Physiol (1985)*. 2022;132(5):1320-1322. doi: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00851.2021>
28. Allison RJ, Farooq A, Cherif A, et al. Why don't serum vitamin D concentrations associate with BMD by DXA? A case of being 'bound' to the wrong assay? Implications for vitamin D screening. *Br J Sports Med*. 2018;52(8):522-526. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097130>
29. Demay MB, Pittas AG, Bikle DD, et al. Vitamin D for the Prevention of Disease: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab*. 2024;109(8):1907-1947. doi: <https://doi.org/10.1210/clinem/dgae290>
30. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Мокрышева Н.Г. и др. Проект федеральных клинических рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D // *Остеопороз и остеопатии*. — 2021. — №4. — С. 4-26. [Dedov II, Mel'nichenko GA, Mokrysheva NG, et al. Draft federal clinical practice guidelines for the diagnosis, treatment, and prevention of vitamin D deficiency. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2021;24(4):4-26. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo12937>
31. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52(7):439-455. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
32. Giustina A, Bilezikian JP, Adler RA, et al. Consensus Statement on Vitamin D Status Assessment and Supplementation: Whys, Whens, and Hows. *Endocr Rev*. 2024;45(5):625-654. doi: <https://doi.org/10.1210/edrv/bnae009>
33. Larson-Meyer DE, Woolf K, Burke L. Assessment of Nutrient Status in Athletes and the Need for Supplementation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2018;28(2):139-158. doi: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0338>
34. Сорокина Е.Ю., Денисова Н.Н., Кешабянц Э.Э., Пескова Е.В. Особенности питания спортсменов в зависимости от полиморфизма rs2228570 (ген VDR) // *Современные вопросы биомедицины*. — 2022. — Т. 6. — № 4. — С. 246-251. [Sorokina EYu, Denisova NN, Keshabyants EE, Peskova EV. Nutrition features of athletes depending on rs2228570 polymorphism (VDR gene). *Modern Issues of Biomedicine*. 2022;6(4). (In Russ.)]. doi: [https://doi.org/10.51871/2588-0500\\_2022\\_06\\_04\\_33](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_04_33)

35. Белая Ж.Е., Белова К.Ю., Бирюкова Е.В. и др. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза // *Остеопороз и остеопатии*. — 2021. — № 24 (2). — С. 4-47. [Belaya ZE, Belova KYu, Biryukova EV, Dedov II, Dzeranova LK, Drapkina OM, et al. Federal clinical guidelines for diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2021;24(2):4-47. (in Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo12937>
36. Методические рекомендации 2.3.1.0253-21 Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации 2021. 72 с. [Guidelines 2.3.1.0253-21 Rational nutrition. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation 2021. 72 p. (In Russ.)]
37. Борисова О.О. Питание спортсменов: зарубежный опыт и практические рекомендации [Текст]: учеб.-метод. пособие. М.: Советский спорт, 2007. 132 с. [Borisova O.O. Athletes nutrition: foreign experience and practical recommendations [Text]: study method. allowance. M.: Soviet sport, 2007. 132 p. (In Russ.)]
38. Sale C, Elliott-Sale KJ. Nutrition and Athlete Bone Health. *Sports Med*. 2019; 49(2):139-151. doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01161-2>
39. Stojanović E, Jakovljević V, Scanlan AT, et al. Vitamin D3 supplementation reduces serum markers of bone resorption and muscle damage in female basketball players with vitamin D inadequacy. *Eur J Sport Sci*. 2022;22(10):1532-1542. doi: <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1953153>
40. Hew-Butler T, Aprik C, Byrd B, et al. Vitamin D supplementation and body composition changes in collegiate basketball players: a 12-week randomized control trial. *J Int Soc Sports Nutr*. 2022;19(1):34-48. doi: <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2046444>
41. Klesges RC, Ward KD, Shelton ML, et al. Changes in bone mineral content in male athletes. Mechanisms of action and intervention effects. *JAMA*. 1996;276(3):226-30
42. Теняева Е.А., Турова Е.А., Головач А.В. и др. Исследование факторов риска остеопоротических переломов у ветеранов спорта // *Человек. Спорт. Медицина*. — 2021. — Т. 21. — № 1. — С. 177-182. [Tenyaeva EA, Turova EA, Golovach AV, et al. Risk Factors of Osteoporotic Fractures in Master Athletes. *Human. Sport. Medicine*. 2021;21(1):177-182. (in Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14529/hsm210122>
43. Han Q, Li X, Tan Q, et al. Effects of vitamin D3 supplementation on serum 25(OH)D concentration and strength in athletes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019;16(1):55. doi: <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0323-6>
44. Саркисян Н.Г., Гайсина Е.Ф., Добринская М.Н. и др. Обзор литературы: фармакологические эффекты витамина D в организме для повышения спортивных результатов. // *Человек и его здоровье*. — 2023. — Т.26. — №1. — С.53-63. [Sarkisyan NG, Gaisina EF, Dobrinskaya MN, et al. Literature review: pharmacological effects of vitamin D in the body to enhance athletic performance. *Humans and their health*. 2023;26(1):53-63. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.21626/vestnik/2023-1/07>
45. Wyon MA, Koutedakis Y, Wolman R, et al. The influence of winter vitamin D supplementation on muscle function and injury occurrence in elite ballet dancers: a controlled study. *J Sci Med Sport*. 2014;17(1):8-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.007>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]

\***Никитина Ксения Игоревна**, к.м.н. [**Ksenia I. Nikitina**]; адрес: 111123, Россия, г. Москва, Шоссе Энтузиастов, 86, стр. 6 [address: 86/6, Shosse Entuzastov, Moscow, 111123, Russian Federation]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0769-3845>; e-mail: [nikitinaks@yandex.ru](mailto:nikitinaks@yandex.ru)

**Выходец Игорь Трифанович**, к.м.н. [Igor T. Vykhodets]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6206-2771>; e-mail: [vykhodets.igor@mail.ru](mailto:vykhodets.igor@mail.ru).

**Абрамова Тамара Федоровна**, д.б.н. [Tamara F. Abramova]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5671-3806>; e-mail: [abramova.t.f@vniifk.ru](mailto:abramova.t.f@vniifk.ru)

**Никитина Татьяна Михайловна**, к.пед.н. [Tatyana M. Nikitina]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-8052>; e-mail: [nikitina.t.m@vniifk.ru](mailto:nikitina.t.m@vniifk.ru)

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

## ИНФОРМАЦИЯ

Рукопись получена: 02.07.2025. Одобрена к публикации: 29.12.2025.

## ЦИТИРОВАТЬ:

Никитина К.И., Выходец И.Т., Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М. Роль витамина D в профилактике нарушений костного метаболизма у спортсменов // *Остеопороз и остеопатии*. — 2025. — Т. 28. — №4. — С.24-31. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo13211>

## TO CITE THIS ARTICLE:

Nikitina KI, Vykhodets IT, Abramova TF, Nikitina TM. The role of vitamin D in the prevention of bone metabolism disorders in athletes. *Osteoporosis and bone diseases*. 2025;28(4):24-31. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo13211>