

Е.В. Крюков¹, О.М. Лесняк², Д.С. Аганов¹,
М.М. Топорков¹, Д.В. Овчинников¹, А.А. Семенов¹,
Д.Ю. Анохин¹, Н.Н. Комаров¹



¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Обеспеченность витамином D и ее связь с показателями физического развития и состоянием костной ткани у курсантов военного высшего учебного заведения

Обоснование. В условиях пониженной инсоляции, характерной для северных регионов Российской Федерации, проявления низкой обеспеченности витамином D зачастую протекают скрыто и длительно не распознаются. Особенно актуальна данная проблема у лиц молодого возраста в связи с недостижением пиковой костной массы, определяющей в дальнейшем минеральную плотность костной ткани (МПКТ). **Цели исследования** — определить распространенность дефицита и недостаточной обеспеченности 25(ОН)D в сыворотке крови в весенний период, их влияние на показатели физического развития и МПКТ у курсантов военных высших учебных заведений г. Санкт-Петербурга. Проведено исследование 25(ОН)D в сыворотке крови, дополнительно определены МПКТ, мышечная сила, антропометрические данные, а также компонентный состав тела. Исследование проведено в марте–мае 2023 г. **Результаты.** Оптимальное содержание 25(ОН)D выявлено только у 22 (11,1%) курсантов, при этом наиболее выраженный дефицит зарегистрирован у юношей четвертого года обучения. Установлено, что уровень 25(ОН)D у курсантов I курса, прибывших из южных регионов России (Me 21,6 (18,1; 26,3) нг/мл), достоверно отличался от содержания 25(ОН)D у курсантов, прибывших из средней полосы (Me 18,7 (16,4; 21,4) нг/мл) ($p = 0,017$) и северных регионов (Me 15,2 (13,6; 19,3) нг/мл) ($p = 0,022$). Снижение показателя Z-критерия $\leq -2,0$ стандартного отклонения отмечено преимущественно у курсантов I курса. Выявлено, что мышечная и жировая массы были выше у юношей VI курса, однако мышечная сила у них статистически значимо не отличалась от показателя первокурсников и показатели мышечной силы не зависели от обеспеченности 25(ОН)D. Повышение индекса массы тела (ИМТ) ассоциировалось с более высокими мышечной ($p = 0,0004$) и жировой ($p = 0,0006$) массами, при этом показатели мышечной силы ($p = 0,026$) и успеваемость по физической подготовке ($p = 0,012$) у курсантов с повышением ИМТ были достоверно лучше по сравнению с курсантами, имевшими оптимальный ИМТ. **Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о том, что курсанты военных высших учебных заведений г. Санкт-Петербурга испытывают дефицит и недостаточность 25(ОН)D на фоне длительного пребывания в условиях пониженной инсоляции. Данный факт указывает на необходимость коррекции гиповитаминоза витамина D с целью профилактики остеопенического синдрома и повышения физической работоспособности.

Ключевые слова: 25(ОН)D, минеральная плотность костной ткани, компонентный состав тела, курсанты

Для цитирования: Крюков Е.В., Лесняк О.М., Аганов Д.С., Топорков М.М., Овчинников Д.В., Семенов А.А., Анохин Д.Ю., Комаров Н.Н. Обеспеченность витамином D и ее связь с показателями физического развития и состоянием костной ткани у курсантов военного высшего учебного заведения. Вестник РАМН. 2024;79(3):271–280. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn14857>

Обоснование

Проблема гиповитаминоза D остается актуальной во всех регионах мира. Так, распространенность дефицита 25(ОН)D в США составляет 24%, в Канаде — 37%, в Европе — 40%, при этом частота выраженного дефицита в тех же странах составляет 5,9; 7,4 и 13% соответственно [1]. Несмотря на общепринятое мнение о ключевой роли солнечной инсоляции в профилактике дефицита витамина D, систематические обзоры и метаанализы свидетельствуют о высокой распространенности гиповитаминоза и на территории южных стран, таких как Пакистан (73%), Бразилия (73%), Бангладеш (67%), Индия (67%), Непал (57%) и Шри-Ланка (48%) [2, 3].

Популяционные исследования, проведенные на территории Российской Федерации (РФ), указывают на высокую распространенность гиповитаминоза D. Так, данные систематического обзора на выборке из 8085 человек, проживающих в различных регионах России, свидетельствуют о том, что большая часть населения в возрасте

18–60 лет испытывает гиповитаминоз D. Причем значения транспортной формы витамина D (25(ОН)D) в крови в южных регионах в некоторых случаях сопоставимы со значениями у обследованных из северных регионов [4]. В исследовании Л.А. Суплотовой и соавт. (2021), проведенном в 10 крупных городах РФ, показатели дефицита и недостаточности регистрировались у 27,9 и 56,4% обследуемых, тогда как оптимальное содержание 25(ОН)D выявлено лишь у 15,7% [5].

Анализ отечественных исследований позволяет сделать вывод, что, в отличие от взрослых и пожилых, дети и подростки имеют меньшее содержание 25(ОН)D в сыворотке крови, а дефицитные состояния определяются в основном среди юношей [6, 7]. В крупном скрининговом исследовании Е.А. Пигаровой и соавт. (2020) витаминного статуса среди лиц молодого возраста было показано, что наиболее выраженный гиповитаминоз D (89,8%) регистрировался в возрасте 18–25 лет [8]. Данные, полученные в результате исследования 104 тыс. образцов сыворотки крови в период с 2014 по 2018 г., демонстри-

руют, что наибольший уровень 25(OH)D наблюдался у детей до 12 мес, тогда как наименьший — в возрасте 15–20 лет [9].

Классическая функция витамина D — его участие в кальций-фосфорном обмене [10]. Критическими периодами для адекватной минерализации скелета считаются детский и юношеский возраст [11]. С момента рождения костная масса увеличивается в 40 раз, достигая пика к 18 годам у девушек и к 20 годам у юношей [12]. В свою очередь, субклинический дефицит витамина D у лиц молодого возраста может приводить к снижению минеральной плотности костной ткани (МПКТ) и, как следствие, обуславливать развитие низкоэнергетических переломов [13].

Одним из факторов риска снижения МПКТ является недостаточная масса тела, однако гиповитаминоз D наблюдается и при повышенных значениях индекса массы тела (ИМТ). Избыточная масса тела обуславливает снижение уровня 25(OH)D в сыворотке крови по ряду причин, основная из них — малоподвижный образ жизни, который приводит к уменьшению продолжительности пребывания на открытом воздухе и, как следствие, отрицательно сказывается на синтезе 25(OH)D. Однако, по данным ряда исследований [14, 15], считается также, что негативное влияние ожирения связано с депонированием витамина D в жировой ткани и образованием его неактивных форм, а также увеличением концентрации лептина, который снижает активность фермента 1 α -гидроксилазы, участвующего в образовании конечно-го активного метаболита — кальцитриола.

Взросший научный интерес к изучению обеспеченности витамином D лиц молодого возраста объясняется не только частым выявлением гиповитаминоза, но и тем, что рецепторы витамина D (vitamin D receptor, VDR) были обнаружены во многих тканях, что обуславливает развитие «неклассических» эффектов [10, 16]. Так, обнаружение VDR в поперечнополосатых мышечных волокнах выявило влияние этого гормона на регуляцию процессов дифференцировки и пролиферации клеток скелетной мускулатуры [17].

В большинстве исследований рассматриваются вопросы взаимосвязей между концентрацией 25(OH)D в сыворотке крови, мышечной силой и риском падений у пожилых людей [18]. Вместе с тем есть основания предполагать, что неполноценное развитие скелетной мускулатуры в детском и подростковом периодах увеличивает риск субоптимальной мышечной массы и силы в более позднем возрасте [19]. Вследствие интенсивных тренировок могут развиваться микротравмы мышц [20], при этом увеличивается экспрессия VDR и 1 α -гидроксилазы, что свидетельствует о повышенной чувствительности поврежденных мышц к витамину D [21].

Частота дефицита/недостаточности 25(OH)D в сыворотке крови у лиц, активно занимающихся спортом, составляет 60–90% [22]. При изучении влияния витамина D на скелетные мышцы выяснено, что у молодых спортсменов с дефицитом или недостаточностью 25(OH)D наблюдается более низкая мышечная сила [23]. Примечательно, что в большинстве исследований, где изучалась связь между уровнем 25(OH)D в сыворотке крови и мышечной

272

E.V. Kryukov¹, O.M. Lesnyak², D.S. Aganov¹, M.M. Toporkov¹, D.V. Ovchinnikov¹, A.A. Semenov¹, D.Yu. Anokhin¹, N.N. Komarov¹

¹Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russian Federation

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russian Federation

Vitamin D Sufficiency and Its Relationship with Indicators of Physical Development and the State of Bone Tissue in Cadets of a Military Higher Educational Institution

Background. In conditions of low insolation, which is typical for the northern regions of the Russian Federation, manifestations of low vitamin D availability often occur latently and for a long time unrecognized. This problem is especially relevant in young people, due to the failure to reach peak bone mass, which later determines the bone mineral density. **Aims** — to determine the prevalence of deficiency and insufficient supply of 25(OH)D in blood serum in the spring, their impact on the indicators of physical development and bone mineral density among cadets of a military higher educational institutions. **Methods.** We examined 198 cadets, studying in the first and fourth years of military higher educational institutions in St. Petersburg at the age of 17–25 years. As part of the study, a study of 25(OH)D in blood serum was performed, bone mineral density, muscle strength, anthropometric data, and body composition were additionally determined. The study was conducted in March–May 2023. **Results.** The optimal content of 25(OH)D was found only in 22 (11.1%) cadets, while the most pronounced deficiency was registered in boys of fourth of study. It was established that the 25(OH)D level of first year cadets, who arrived from the southern regions of the Russian Federation (21.6 (18.1; 26.3) ng/ml), was significantly different from the content of 25(OH)D in cadets who arrived from the middle zone (Me 18.7 (16.4; 21.4) ng/ml) ($p = 0.017$) and northern regions of the Russian Federation (Me 15.2 (13.6; 19.3) ng/ml) ($p = 0.022$). A decrease in the Z-criterion ≤ -2.0 SD was noted among cadets, mainly in the first year. It was revealed that muscle and fat mass were higher in fourth year boys, however, their muscle strength was not statistically significantly different from that of first year and muscle strength indicators did not depend on the availability of 25(OH)D. Increasing BMI was associated with higher muscle mass ($p = 0.0004$) and fat mass ($p = 0.0006$), with muscle strength ($p = 0.026$) and physical fitness performance ($p = 0.012$) among cadets with increasing BMI were significantly better compared to cadets who had an optimal BMI. **Conclusions.** The results obtained indicate that cadets of a military higher educational institutions of St. Petersburg experience 25(OH)D deficiency and insufficiency, against the background of increased physical activity and prolonged stay in conditions of reduced insolation. This fact indicates the need to correct vitamin D hypovitaminosis in order to prevent osteopenic syndrome and improve physical performance.

Keywords: 25(OH)D, bone mineral density, body composition, cadets

For citation: Kryukov EV, Lesnyak OM, Aganov DS, Toporkov MM, Ovchinnikov DV, Semenov AA, Anokhin DY, Komarov NN. Vitamin D Sufficiency and Its Relationship with Indicators of Physical Development and the State of Bone Tissue in Cadets of a Military Higher Educational Institution. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2024;79(3):271–280. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn14857>

активностью у спортсменов, представлены противоречивые результаты. Систематический обзор С.М. Chiang et al. (2017) показал, что дополнительный прием витамина D в виде биологически активных добавок (БАД) к пище, в том числе в составе витаминно-минеральных комплексов, позволял достичь статистически значимого улучшения мышечной силы как при нормальных, так и дефицитных состояниях [24]. Однако в другом исследовании было показано, что при адекватной обеспеченности витамином D прием БАД с включением данного витамина никак не улучшал силовые показатели [25]. По данным проведенного метаанализа, дополнительный прием витамина D оказывал положительный эффект только на силу мышц нижних конечностей, в то время как влияние на верхние конечности, взрывную силу и силу хвата выявлено не было [26]. При обследовании молодых профессиональных футболистов в возрасте $15,6 \pm 2,4$ года корреляций между уровнями 25(OH)D, мышечной силой и скоростью бега не обнаружено [27].

В систематическом обзоре М. Bârsan (2023) сообщается, что место проведения тренировки (в помещении / на открытом воздухе) закономерно влияет на концентрацию 25(OH)D в сыворотке крови [28]. Однако в отечественном исследовании, проведенном в Санкт-Петербурге, продемонстрировано, что тренировки на улице не влияют на уровень 25(OH)D [29], и объясняется это прежде всего климатогеографическими особенностями города, такими как расположение в северных широтах, острый угол падения и интенсивность ультрафиолетовых лучей и погодные условия. Следовательно, одних только тренировок на открытом воздухе недостаточно для повышения уровня 25(OH)D, и необходимость дополнительного приема витамина D для коррекции его недостаточности и дефицита не должна определяться только местом проведения тренировок.

К группе, требующей особого внимания при оценке витаминного статуса, в том числе адекватности обеспеченности витамином D, следует отнести курсантов высших военных учебных заведений (ВВУЗ). Современная тенденция указывает на то, что данная категория военнослужащих должна отвечать целому ряду требований — подготовкой не только по военным и специальным дисциплинам, но и высокой физической подготовленностью [30, 31]. В свою очередь, высокий уровень физической подготовленности курсантов определяет устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов военной службы.

Цель исследования — определить распространенность дефицита и недостаточной обеспеченности 25(OH) D в сыворотке крови в весенний период, их влияние на показатели физического развития и МПКТ у курсантов ВВУЗ.

Методы

Дизайн исследования

Проведено одноцентровое поперечное (кросс-секционное) исследование.

Критерии соответствия

Критерии включения:

- обучение на I и IV курсах ВВУЗ;
- наличие результатов исследования уровня 25(OH)D в сыворотке крови;
- наличие подписанного информированного добровольного согласия на прохождение обследования.

Критерии не включения:

- наличие жалоб, указывающих на течение острого заболевания / обострение хронического заболевания на момент начала обследования;
- отказ от участия в обследовании;
- дополнительный прием БАД, в том числе витаминно-минеральных комплексов, в состав которых входит витамин D, за 6 мес до начала исследования.

Условия проведения

Исследование проведено на базе ФГБВОУ МО РФ «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург.

Продолжительность исследования

С 28 по 31 марта 2023 г. — проведение забора крови и определение 25(OH)D в сыворотке крови. С 3 апреля по 31 мая 2023 г. — оценка МПКТ и измерение антропометрических показателей и компонентного состава тела.

Исходы исследования

Основной исход исследования. Определено содержание в сыворотке крови 25(OH)D у курсантов ВВУЗ в возрасте 18–25 лет.

Дополнительные исходы исследования. Проведена оценка МПКТ и компонентного состава тела.

Анализ в подгруппах

Включенные в обследование курсанты были разделены на четыре группы в зависимости от гендерной принадлежности и курса обучения в ВВУЗ. Дополнительно в зависимости от уровня солнечной инсоляции региона проживания курсантов до поступления в ВВУЗ были сформированы три группы.

Методы регистрации исходов

Каждый обследуемый проходил анкетирование, включавшее данные уровня физической подготовленности (средний балл по физической подготовке за период обучения в ВВУЗ). С целью оценки влияния проживания в Санкт-Петербурге на содержание 25(OH)D в сыворотке крови проанализированы анкетные данные по месту и длительности проживания до поступления в ВВУЗ. Согласно данным по продолжительности солнечной инсоляции территория РФ подразделяется на три зоны [32]: менее 1700 ч в год (северные регионы), 1700–2000 ч в год (средняя полоса) и более 2000 ч в год (южная полоса).

Всем обследуемым выполнялось исследование на определение обеспеченности витамином D путем определения концентрации 25(OH)D в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа на аппарате Mindray. Оценку результатов проводили в соответствии с рекомендациями Российской ассоциации эндокринологов [33]. Выраженный дефицит определялся как концентрация в сыворотке крови 25(OH)D менее 10 нг/мл, дефицит — менее 20 нг/мл, недостаточность — 20–30 нг/мл и адекватная обеспеченность витамином D — 31–100 нг/мл.

МПКТ оценивали методом двухэнергетической рентгеновской абсорбционной остеоденситометрии с помощью денситометра GE Lunar iDXA. Интерпретация МПКТ в позвонках L1–L4 осуществлялась по Z-критерию, представляющему собой количество стандартных отклонений (СО) выше или ниже среднего показателя для лиц аналогичного возраста, пола и этноса.

Норме соответствовали значения Z-критерия $> -2,0$ СО. Значения Z-критерия $\leq -2,0$ СО расценивались как снижение костной массы по сравнению с возрастной нормой. Исследование МПКТ шейки бедренной кости в данной работе не проводилось в связи с вариабельностью развития костей скелета [34].

Длина и масса тела были измерены при помощи медицинских электронных весов (с ростомером) Soehnle7831. Согласно рекомендациям ВОЗ, ИМТ менее $18,5 \text{ кг/м}^2$ соответствовал недостаточной массе тела; $18,5\text{--}24,9$ — нормальной; при $25,0\text{--}29,9 \text{ кг/м}^2$ определялась избыточная масса тела; при $30,0\text{--}34,9$ — ожирение I степени; $35,0\text{--}39,0$ — ожирение II степени; при 40 кг/м^2 и более — ожирение III степени.

Для оценки мышечной силы применяли кистевую динамометрию на ведущей руке. Обследуемые в положении стоя отводили вытянутую руку с динамометром в сторону под прямым углом к туловищу и по сигналу дважды выполняли максимальное усилие на динамометре. Силу оценивали по лучшему результату в деканьютонах (даН).

Измерение компонентного состава тела проводилось методом биоимпедансометрии с помощью анализатора Tanita-780 MC, позволяющего оценить содержание мышечной и жировой массы туловища, верхних и нижних конечностей.

Этическая экспертиза

Исследование одобрено на заседании независимого этического комитета при Военно-медицинской академии (протокол № 263 от 31 мая 2022 г.).

Статистический анализ

Принципы расчета размера выборки. Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Методы статистического анализа данных. Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета прикладных программ IBM SPSS 22 и Statistica 7.0. Оценка обследованных групп на нормальность осуществлялась при помощи критерия Шапиро–Уилка. Во всех обследуемых группах распределение отличалось от нормального, дальнейший статистический анализ проводился при помощи непараметрических методов. Для описания групп использовалась медиана (Me) с интерквартильным размахом (25–75-й процентиля). Для сравнения полученных выборок по количественному признаку использовали U-критерий Манна–Уитни. Для выявления взаимосвязи между переменными применялся непараметрический корреляционный анализ Спирмена. Отклонения нулевой гипотезы принималось при уровне критерия $p < 0,05$.

Таблица 1. Характеристика курсантов, включенных в исследование

Показатель	Юноши			Девушки		
	I курс	IV курс	p	I курс	IV курс	p
Возраст, лет	18 (18; 19)	21 (21; 22)	$p = 0,001$	18 (18; 18)	21 (21; 22)	$p = 0,001$
Длина тела, см	179 (174,0; 183,5)	181 (175,5; 185,5)	$p > 0,05$	169 (164,5; 170,0)	168,5 (163,8; 171,0)	$p > 0,05$
Масса тела, кг	72,9 (67; 79)	75,7 (71,3; 85,0)	$p = 0,003$	58,8 (55,5; 63,4)	60,3 (55,6; 64,3)	$p > 0,05$
ИМТ, кг/м^2	22,4 (21,2; 23,9)	23,8 (22,4; 25,0)	$p = 0,0009$	21,2 (20,4; 22,2)	21,3 (20,7; 22,4)	$p > 0,05$
Физическая подготовка, средний балл	4 (3; 5)	4,4 (3,7; 4,9)	$p > 0,05$	5 (5; 5)	5 (4,86; 5,00)	$p > 0,05$
Переломы в анамнезе, количество	3	10	$p > 0,05$	1	1	$p > 0,05$

Результаты

Объекты (участники) исследования

Всего в обследование было включено 198 курсантов в возрасте от 17 до 25 лет. Из них 90 человек обучалось на I курсе (70 юношей и 20 девушек) и 108 человек — на IV курсе (80 юношей и 28 девушек).

Для решения поставленной цели были сформированы четыре группы: группа 1 — курсанты мужского пола, проходящие обучение на I курсе (юноши I курса); группа 2 — курсанты мужского пола, проходящие обучение на IV курсе (юноши IV курса); группа 3 — курсанты женского пола, проходящие обучение на I курсе (девушки I курса); группа 4 — курсанты женского пола, проходящих обучение на IV курсе (девушки IV курса).

Характеристика включенных в обследование по группам приведена в табл. 1. Как следует из данных табл. 1, у юношей IV курса статистически значимо были выше масса тела ($p = 0,003$) и ИМТ ($p = 0,0009$) по сравнению с юношами I курса, тогда как у девушек I и IV курсов различий по антропометрическим показателям не наблюдалось ($p > 0,05$). Успеваемость по физической подготовке в группах не различалась.

По результатам анкетирования установлено, что 26 курсантов до поступления в ВВУЗ имели переломы различных локализаций, при этом у 23 из них переломы произошли при низком уровне травмы. 17 курсантов перенесли переломы мелких костей дистальных отделов периферического скелета (кости стоп, кистей), 8 — проксимальных отделов (плечевая, лучевая, локтевая кости) и 1 — малоберцовой кости. Два человека указали на компрессионные переломы тел поясничных позвонков вследствие ДТП. Несмотря на отсутствие достоверных различий между мужскими группами, количество переломов у юношей IV курса было выше, чем у юношей I курса, в группе курсантов-девушек достоверных различий по количеству переломов между группами также не наблюдалось. В ходе обучения в ВВУЗ у обследованных новые переломы зарегистрированы не были.

Основные результаты исследования

Исследование обеспеченности витамином D. Медиана уровня 25(OH)D в сыворотке крови у юношей в обеих группах была в зоне дефицита: в группе 1 — $19,1 (16,4; 21,7) \text{ нг/мл}$; в группе 2 — $12,2 (7,9; 19,1) \text{ нг/мл}$ ($p = 0,000001$); у девушек — в зоне недостаточности: в группе 3 — $20,0 (16,8; 25,6) \text{ нг/мл}$; в группе 4 — $21,9 (18,3; 30,5) \text{ нг/мл}$ ($p > 0,05$). В целом среди обследованных курсантов-юношей концентрация 25(OH)D в сыворотке крови ($16,8 (11,3; 21,2) \text{ нг/мл}$) была ниже, чем у девушек ($21,6 (17,2; 25,9) \text{ нг/мл}$) ($p = 0,000014$).

Анализ выявления различных уровней витамина D в сыворотке крови исследуемых приведен на рис. 1. Стоит отметить, что состояния, соответствующие выраженному дефициту, наблюдались только у курсантов-юношей IV курса. При изучении обеспеченности 25(OH)D лиц женского пола обеих групп достоверных различий не получено ($p > 0,05$), несмотря на тенденцию к увеличению значений 25(OH)D у девушек к IV курсу.

Концентрации 25(OH)D, которые зарегистрированы у курсантов I курса, прибывших из южных регионов территории РФ (продолжительность солнечной инсоляции — более 2000 ч/год) (Me 21,6 (18,1; 26,3) нг/мл), достоверно отличались от содержания 25(OH)D у курсантов, прибывших из средней полосы (Me 18,7 (16,4; 21,4) нг/мл) ($p = 0,017$) и северных регионов РФ (Me 15,2 (13,6; 19,3) нг/мл) ($p = 0,022$). Проведенный корреляционный анализ показал наличие умеренной связи между уровнем 25(OH)D и регионом проживания до поступления в ВВУЗ ($r = 0,36$; $p = 0,039$) для курсантов I курса: чем южнее регион, тем выше уровень 25(OH)D. У курсантов

IV курса по прошествии трех лет пребывания в условиях Санкт-Петербурга зависимость 25(OH)D от региона предыдущего проживания не прослеживалась ($r = -0,04$; $p = 0,6$) (рис. 2).

Минеральная плотность костной ткани. Медиана значения Z-критерия в L1–L4 у юношей I курса составила $-0,1$ ($-1,0$; $0,7$) CO; IV курса — $0,45$ ($-0,5$; $1,2$) CO ($p > 0,05$). У девушек медиана Z-критерия I курса составила $0,2$ ($-1,2$; $0,6$) CO; IV курса — $0,6$ ($0,025$; $1,100$) CO ($p = 0,03$). Снижение МКПТ ниже возрастной нормы (Z-критерий $\leq -2,0$ CO) отмечено у 1,3–10% курсантов, преимущественно на I курсе, причем у девушек отмечены статистически значимо лучшие показатели МПКТ на IV курсе ($p = 0,03$), у юношей разницы между группами не было (рис. 3).

В группе с нормальными показателями МПКТ (Z-критерий $> -2,0$ CO) медиана уровня 25(OH)D составила $16,8$ (7,9; 22,5) нг/мл, тогда как у лиц с Z-критерием ниже возрастной нормы — $11,58$ (7,60; 18,86) нг/мл ($p > 0,05$). Стоит отметить, что в группе с пониженной

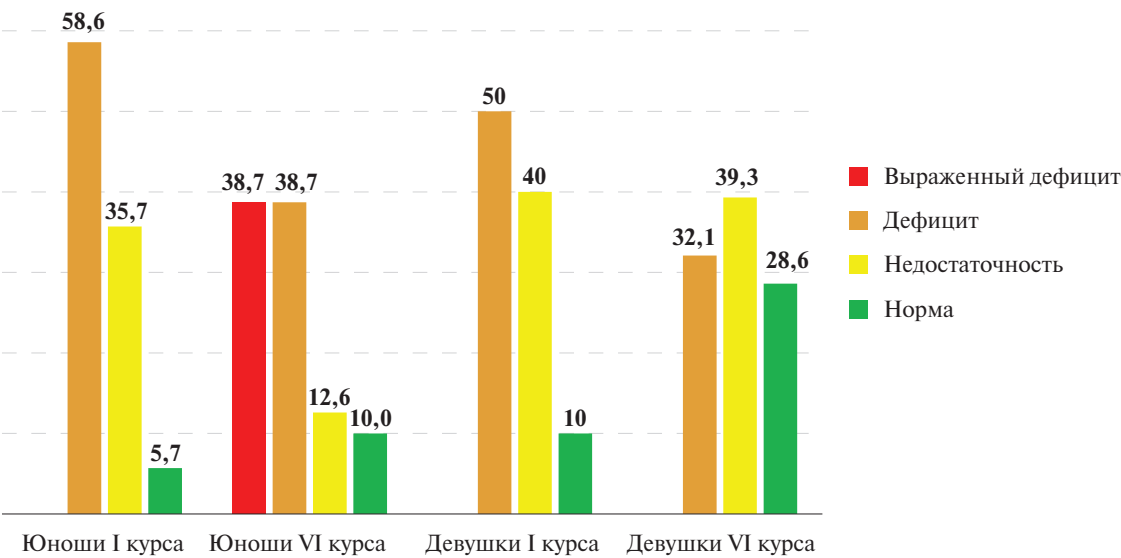


Рис. 1. Оценка обеспеченности витамином D курсантов военного высшего учебного заведения, %

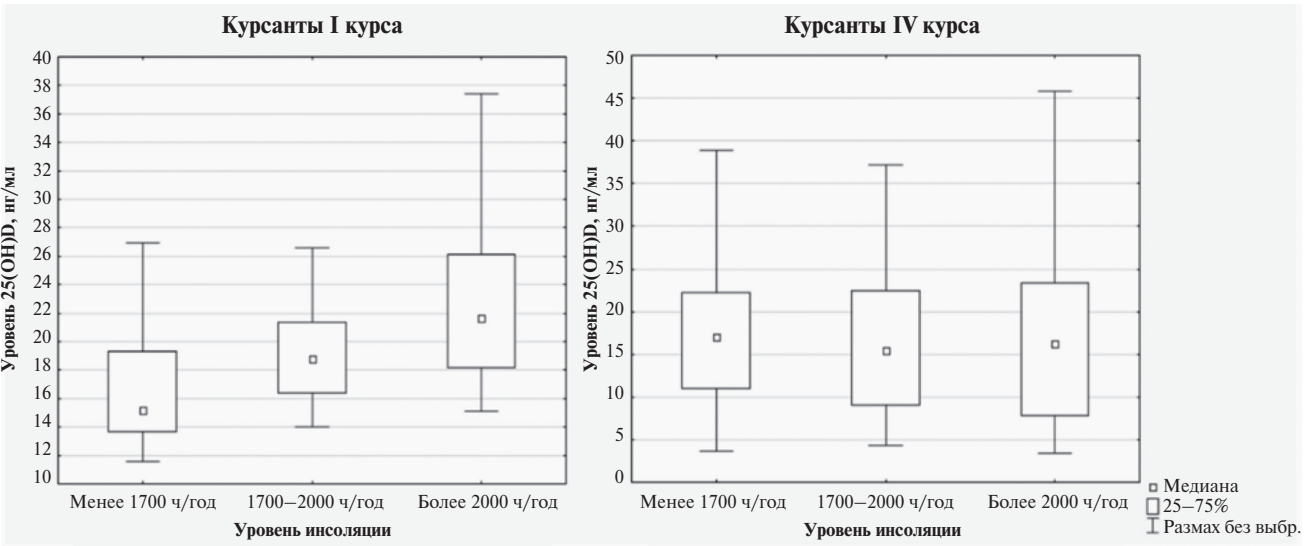


Рис. 2. Медиана уровня витамина D курсантов в зависимости от региона проживания до поступления в военное высшее учебное заведение

Примечание. Уровень инсоляции — 1700 ч в год (курсанты, прибывшие из северных регионов); 1700–2000 ч в год (курсанты, прибывшие из средней полосы); более 2000 ч в год (курсанты, прибывшие из южных регионов).

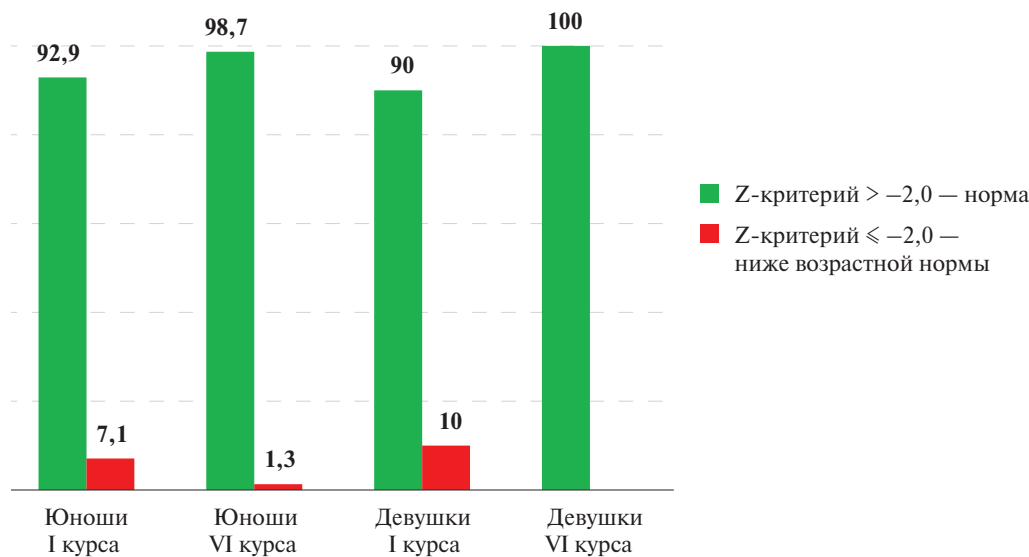


Рис. 3. Уровень минеральной плотности костной ткани курсантов военного высшего учебного заведения, %

МПКТ нормальные значения 25(ОН)D не регистрировались.

Значения Z-критерия у курсантов, перенесших переломы в анамнезе и у неимевших переломы, не различались — 0,2 (–0,8; 1,0) СО и 0,2 (–0,8; 0,8) СО соответственно ($p > 0,05$).

Индекс массы тела, мышечная сила и компонентный состав тела. Характерная симптоматика выраженного гиповитаминоза 25(ОН)D, проявляющаяся повышенной утомляемостью, миалгиями, мышечной атрофией, слабостью, у обследованных курсантов не наблюдалась.

Результаты динамометрии и анализа компонентного состава тела курсантов по группам представлены в табл. 2. Выявлено, что мышечная, жировая и тощая массы были выше у юношей IV курса, однако мышечная сила у них статистически значимо не отличалась от мышечной силы первокурсников. У девушек разных курсов достоверных различий выявлено не было ($p > 0,05$).

Показатели мышечной силы не зависели от обеспеченности 25(ОН)D: у курсантов с оптимальным уровнем 25(ОН)D мышечная сила составила 36 (20,25; 50) даН, при дефиците/недостаточности — 40 (30; 48) даН ($p > 0,05$).

Как указано в табл. 1, к четвертому году обучения имеется тенденция увеличения числа курсантов-юношей с повышенным ИМТ ($p = 0,0009$). Из 198 курсантов ИМТ

не соответствовал нормальным показателям у 27 (13,6%), все юноши. ИМТ более 30 кг/м² имели 7 человек (все курсанты IV курса), избыточную массу тела (25,0–29,9 кг/м²) — 20 человек (8 юношей I курса и 12 юношей IV курса). Лиц с дефицитом и недостаточной массой тела не было.

В табл. 3 приведены данные исследования компонентного состава тела курсантов-юношей в зависимости от ИМТ. Повышение ИМТ ассоциировалось с более высокими мышечной и жировой массами. При этом показатели мышечной силы и успеваемость по физической подготовке у курсантов с повышенным ИМТ были достоверно лучше по сравнению с курсантами, имевшими оптимальный ИМТ. Девушек с отклонениями ИМТ не было.

Для оценки взаимосвязей обеспеченности витамином D с исследуемыми показателями проведен корреляционный анализ. У девушек I и IV курсов выявлена статистически значимая положительная связь между 25(ОН)D и величиной Z-критерия ($r = 0,35$; $p = 0,01$) и отрицательная связь — с жировой массой ($r = -0,32$; $p = 0,02$) и ИМТ ($r = -0,33$; $p = 0,02$), в то время как у юношей I и IV курсов корреляций не выявлено.

Нежелательные явления

Нежелательных явлений не отмечалось.

Таблица 2. Показатели мышечной силы и компонентного состава тела курсантов

Показатель	Юноши			Девушки		
	I курс	IV курс	p	I курс	IV курс	p
Мышечная сила, даН	41 (36; 49)	44 (40; 50)	$p > 0,05$	24 (21; 30)	22 (20,0; 27,3)	$p > 0,05$
Показатель мышечной массы, кг	60,2 (55,5; 64,1)	61,9 (58,6; 67,5)	$p = 0,013$	43 (40,9; 44,2)	44 (42,1; 46,9)	$p > 0,05$
Показатель мышечной массы, %	83,8 (81,1; 84,6)	81,9 (78,8; 85,0)	$p = 0,006$	72,6 (69,9; 74,6)	73 (68,1; 75,7)	$p > 0,05$
Жировая масса: кг	9,2 (7,7; 12,3)	11,1 (8,1; 15,4)	$p = 0,025$	13,5 (11,5; 16,5)	13,7 (10,9; 17,9)	$p > 0,05$
%	12,6 (11,5; 15,6)	14,7 (11,4; 18,1)	$p = 0,009$	23,0 (20,7; 26,0)	22,7 (19,6; 27,8)	$p > 0,05$
Тощая масса тела: кг	63,7 (59,3; 66,7)	64,6 (63,2; 69,6)	$p = 0,02$	45,3 (44,0; 46,9)	46,6 (44,7; 46,4)	$p = 0,001$
%	87,4 (84,4; 88,5)	85,3 (81,9; 88,6)	$p = 0,005$	77,0 (74,0; 79,3)	77,3 (72,2; 80,4)	$p > 0,05$

Таблица 3. Показатели компонентного состава тела, мышечной силы и уровня физической подготовленности у курсантов-юношей с повышенным и оптимальным ИМТ

Показатель	Повышенный ИМТ (n = 27)	Оптимальный ИМТ (n = 123)	p
Показатель мышечной массы:			
кг	66,9 (62,2; 72,7)	60,15 (57,0; 63,4)	p = 0,00005
%	75,7 (71,8; 76,7)	83,7 (82,0; 85,1)	p = 0,0004
Жировая масса:			
кг	18,8 (16,2; 25,8)	9,2 (7,5; 11,4)	p = 0,00001
%	21,3 (20,0; 25,5)	12,8 (11,2; 14,7)	p = 0,0006
Мышечная сила, даН	49 (40; 56)	42 (39,3; 49,8)	p = 0,026
Оценка по физической подготовке (средний балл)	4,86 (4,54; 5,00)	4,57 (3,93; 4,93)	p = 0,012

Примечание. ИМТ — индекс массы тела.

Обсуждение

Резюме основного результата исследования

Результаты проведенного исследования продемонстрировали, что пониженное содержание 25(ОН)D наблюдалось у 88,9% (n = 176) курсантов ВВУЗ. Нами не было выявлено достоверных различий по уровню содержания 25(ОН)D у курсантов с нормальными и пониженными показателями МПКТ. Также уровень содержания 25(ОН)D у курсантов, имевших в анамнезе переломы, типичные для остеопении, вызванной дефицитом 25(ОН)D, не отличался от остальных (p > 0,05). Несмотря на то что в нашем исследовании не получено убедительных данных о влиянии 25(ОН)D на показатели мышечной силы и мышечной массы, отмечается, что половые особенности указанных параметров в виде больших значений показателей мышечного развития курсантов мужского пола прослеживаются в нашем исследовании (p = 0,006), что соответствует общепопуляционным различиям по составу тела.

Обсуждение основного результата исследования

Согласно данным литературы, в конце юношеского — начале первого периода зрелого возраста (19–25 лет) завершается рост костей скелета у мужчин [35]. Результаты нашего исследования подтверждают это — у юношей IV курса отмечалась тенденция к более высокому росту по сравнению с юношами I курса.

Представленные в исследовании данные демонстрируют низкую обеспеченность витамином D у курсантов-юношей, при этом наиболее выраженный дефицит зарегистрирован у юношей четвертого года обучения. Это можно объяснить длительным пребыванием в условиях пониженной инсоляции. В свою очередь, полученные результаты исследования уровня 25(ОН)D у юношей и девушек I курса, а также девушек IV курса сопоставимы с данными популяционных исследований в весенний период на территории РФ в возрастной группе 18–25 лет (84,3%) [8], где минимальные концентрации 25(ОН)D типичны для зимне-весенних месяцев, а максимальные выявляются летом, с июля по сентябрь [36]. В целом более низкие показатели 25(ОН)D у курсантов IV курса свидетельствуют о том, что проживание в условиях Санкт-Петербурга способствует дальнейшему снижению обеспеченности витамином D.

Несмотря на данные литературы, указывающие на повсеместное распространение гиповитаминоза витамина D [5], нами установлено, что у обследуемых, поступивших в ВВУЗ из южных регионов РФ, медиана 25(ОН) D в сыворотке крови была достоверно выше,

чем у курсантов, прибывших из средней полосы и северных регионов РФ. В то время как у курсантов, пребывающих в условиях северных широт на протяжении четырех лет, влияние данного фактора не прослеживалось, что может объясняться длительным пребыванием в Санкт-Петербурге.

По мнению ряда авторов, у лиц, испытывающих длительные и интенсивные нагрузки, возможно увеличение МПКТ до 30%, и, следовательно, показатель Z-критерия у данного контингента выше популяционной нормы [37]. В связи с этим Международным олимпийским комитетом для спортсменов нормальная МПКТ определяется как показатель Z-критерия > -1,0 СО [38]. В нашем исследовании при оценке МПКТ мы руководствовались Российскими рекомендациями по ревматологии [39], согласно которым показатель Z-критерия ≤ -2,0 СО наблюдался у 4% (n = 8) курсантов, преимущественно первого года обучения, при этом у всех обследуемых со сниженными показателями МПКТ выявлен пониженный уровень 25(ОН)D, что, по-видимому, связано с недостижением пиковой костной массы на фоне пониженной инсоляции. Клиническими проявлениями снижения МПКТ чаще всего являются низкоэнергетические переломы. По данным нашего анкетирования, большинство переломов (n = 23) произошло в детском возрасте. Рост частоты переломов в данном периоде обусловлен значительным увеличением длины тела на фоне недостижения пиковой костной массы, регистрируемой у детей в возрасте 5–7 и 13–14 лет [11]. Причиной отсутствия переломов в процессе обучения в ВВУЗ может быть как набор пиковой костной массы, так и соблюдение норм и правил проведения занятий по физической подготовке.

Обучение в ВВУЗ формирует комплекс специфических морфологических изменений, которые в основном затрагивают такие параметры, как ИМТ, жировая и мышечная масса. Жировой компонент увеличивается, также сохраняя половые особенности, сформированные при поступлении, а именно превалирование жирового компонента у девушек — 22,7% (19,6; 27,8), а представленные отрицательные корреляции уровня 25(ОН)D с показателями ИМТ (r = -0,33; p = 0,02) и жировой массы (r = -0,32; p = 0,02) у девушек I и IV курсов свидетельствуют о возможном риске метаболических расстройств в условиях высокой распространенности дефицита и недостаточности витамина D.

В течение обучения в ВВУЗ происходит последовательное увеличение мышечной массы на младших курсах ввиду интенсификации физической нагрузки преимущественно у курсантов-юношей. К четвертому году обучения в ВВУЗ увеличивается и жировая масса

у юношей и девушек, так как интенсивность физической нагрузки снижается.

Полученные данные свидетельствуют о невозможности оценки только лишь ИМТ. Выявленное увеличение ИМТ у курсантов-юношей I и IV курсов ($n = 27$) связано с увеличением мышечной массы на фоне интенсивных физических нагрузок.

Ограничения исследования

При анализе результатов оценки обеспеченности витамином D курсантов ВВУЗ следует учитывать время выполнения исследования — март, характеризующийся наименьшим уровнем 25(ОН)D в сыворотке крови.

Наше исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, на достоверность результатов исследования могли оказать влияние данные, полученные в ходе сбора анамнеза, по наличию переломов и информация о неиспользовании БАД, содержащих витамин D, а также отсутствие анализа пищевого рациона курсантов. Во-вторых, перед проведением биоимпедансометрии обследуемые не должны были принимать пищу и пить воду. В-третьих, малочисленность групп девушек.

Всего нами проведено обследование 198 образцов сыворотки крови. Однако ввиду частичного отсутствия результатов по МПКТ и компонентному составу тела планируется дальнейшее изучение проблемы дефицита и недостаточности витамина D с включением в исследование студентов как группы сравнения для выявления факторов риска развития гиповитаминоза у курсантов ВВУЗ.

Заключение

При изучении классических эффектов витамина D особое внимание уделяется юношескому возрасту (18–21 год), поскольку именно в этот период формируется генетически детерминированная пиковая костная масса. Проведенное нами исследование в период максимального гиповитаминоза на фоне пониженной инсоляции демонстрирует, что нормальный уровень в сы-

воротке крови метаболита витамина D регистрировался у 22 (11,1%) курсантов. Учитывая, что формирование костей скелета завершается в среднем к 25 годам, рациональная физическая нагрузка и адекватное питание позволяют не только увеличить показатель Z-критерия, но и уменьшить жировую массу и ИМТ тем курсантам, которые в этом нуждаются. Полученные данные демонстрируют невозможность применения изолированного ИМТ в оценке морфологических изменений. При адаптации к учебному процессу в ВВУЗ целесообразнее проводить комплексную оценку компонентов тела и их взаимовлияние с учетом половых особенностей обследуемых лиц.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Исследование и публикация статьи осуществлены за счет бюджетных средств организаций.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. Е.В. Крюков — концепция и дизайн статьи, анализ литературы, написание текста, редакционная правка; О.М. Лесняк — анализ литературы, написание текста, редакционная правка; Д.С. Аганов — концепция и дизайн исследования, концепция и дизайн статьи, анализ литературы, написание текста; М.М. Топорков — анализ литературы, написание текста; Д.В. Овчинников — анализ литературы, написание текста; А.А. Семенов — проведение антропометрии, измерение компонентного состава тела, написание текста; Д.Ю. Анохин — проведение денситометрии, написание текста; Н.Н. Комаров — подготовка рисунков, статистическая обработка данных. Все авторы подтверждают соответствие критериям авторства ICMJE. Все авторы статьи внесли существенный вклад в организацию и проведение исследования, прочли и одобрили окончательную версию рукописи перед публикацией.

ЛИТЕРАТУРА

- Amrein K, Scherkl M, Hoffmann M, et al. Vitamin D deficiency 2.0: an update on the current status worldwide. *Eur J Clin Nutr.* 2020; 74(11):1498–1513. doi: <https://doi.org/10.1038/s41430-020-0558-y>
- Pereira-Santos M, Santos JYGD, Carvalho GQ, et al. Epidemiology of vitamin D insufficiency and deficiency in a population in a sunny country: Geospatial meta-analysis in Brazil. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2019;59(13):2102–2109. doi: [10.1080/10408398.2018.1437711](https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1437711)
- Siddiquee MH, Bhattacharjee B, Siddiqi UR, et al. High prevalence of vitamin D deficiency among the South Asian adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health.* 2021;21(1):1–18. doi: <https://doi.org/10.1186/S12889-021-11888-1>
- Коробицына Р.Д., Сорокина Т.Ю. Статус витамина D населения России репродуктивного возраста за последние 10 лет: систематический обзор // *Российская Арктика.* — 2022. — Т. 3. — № 18. — С. 44–55. [Korobitsyna RD, Sorokina TJu. Vitamin D status of the russian reproductive population over the past 10 years: a systematic review. *Russian Arctic.* 2022;3(18):44–55. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2022-3-44-55>
- Суплотова Л.А., Авдеева В.А., Рожинская Л.Я., и др. Анализ факторов риска дефицита витамина D по результатам первого этапа российского неинтервенционного регистрового исследования // *Медицинский совет.* — 2021. — № 7. — С. 109–118. [Suplotova LA, Avdeeva VA, Rozhinskaya LY, et al. Analysis of risk factors for vitamin D deficiency by results of the first stage of Russian non-interventional register study. *Meditinskiy Sovet.* 2021;7:109–118. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-7-109-118>
- Захарова И.Н., Соловьева Е.А., Творогова Т.М., и др. Факторы, влияющие на статус витамина D у московских подростков // *Медицинский совет.* — 2019. — № 17. — С. 50–57. [Zakharova IN, Solov'yeva EA, Tvorogova TM, et al. Factors affecting the status of vitamin D in Moscow adolescents. *Meditinskiy Sovet.* 2019;17:50–57. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-17-50-57>
- Петрушкина А.А., Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я. Эпидемиология дефицита витамина D в Российской Федерации // *Остеопороз и остеопатии.* — 2018. — Т. 21. — № 3. — С. 15–20. [Petrushkina AA, Pigarova EA, Rozhinskaya LYa. The prevalence of vitamin D deficiency in Russian Federation. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2018;21(3):15–20. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/osteol0038>
- Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Катамадзе Н.Н., и др. Распространенность дефицита и недостаточности витамина D среди населения, проживающего в различных регионах Российской

- Федерации: результаты 1-го этапа многоцентрового поперечного рандомизированного исследования // *Остеопороз и остеопатия*. — 2020. — Т. 23. — № 4. — С. 4–12. [Pigarova EA, Rozhinskaya LY, Katamadze NN, et al. Prevalence of vitamin D deficiency in various regions of the Russian Federation: results of the first stage of the multicenter cross-sectional randomized study. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2020;23(4):4–12. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/osteol2701>
9. Желтикова Т.М., Денисов Д.Г., Мокроносова М.А. Гендерные и возрастные особенности статуса витамина D (25(OH) D) в России // *ПМЖ*. — 2019. — Т. 27. — № 12. — С. 51–56. [Zheltikova TM, Denisov DG, Mokronosova MA. Gender and age-related characteristics of vitamin D (25(OH)D) in Russia. *RMJ*. 2019;27(12):51–56. (In Russ.)]
 10. Салухов В.В., Ковалевская Е.А., Курбанова В.В. Костные и внескостные эффекты витамина D, а также возможности медикаментозной коррекции его дефицита // *Медицинский совет*. — 2018. — № 4. — С. 90–99. [Salukhov VV, Kovalevskaya EA, Kurbanova VV. Osteal and extraosteal effects of vitamin D and its opportunities of medication correction of its deficiency. *Meditsinskiy Sovet*. 2018;4:90–99. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-4-90-99>
 11. Bachrach LK. Acquisition of optimal bone mass in childhood and adolescence. *Trends Endocrinol. Metab*. 2001;12(1):22–28. doi: [https://doi.org/10.1016/S1043-2760\(00\)00336-2](https://doi.org/10.1016/S1043-2760(00)00336-2)
 12. Bonjour JP, Thentz G, Buchs B, et al. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *J Clin Endocrinol Metab*. 1991;73(3):555–563. doi: <https://doi.org/10.1210/jcem-73-3-555>
 13. Javaid MK, Crozier SR, Harvey NC, et al. Maternal vitamin D status during pregnancy and childhood bone mass at age 9 years: a longitudinal study. *Lancet*. 2006;367(9504):36–43. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)67922-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)67922-1)
 14. Blum M, Dolnikowski G, Seyoum E, et al. Vitamin D3 in fat tissue. *Endocrine*. 2008;33(1):90–94. doi: <https://doi.org/10.1007/s12020-008-9051-4>
 15. Kull M, Kallikorm R, Lember M. Body mass index determines sunbathing habits: implications on vitamin d levels. *Intern Med J*. 2009;39(4):256–258. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1445-5994.2009.01900.x>
 16. Коденцова В.М., Рисник Д.В. Витамин D — алиментарный фактор профилактики заболеваний, обусловленных его дефицитом // *Медицинский совет*. — 2022. — Т. 16. — № 6. — С. 181–191. [Kodentsova VM, Risnik DV. Vitamin D — an alimentary factor in the prevention of diseases caused by its deficiency. *Meditsinskiy Sovet*. 2022;16(6):181–191. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-6-181-191>
 17. Girgis CM, Clifton-Bligh R, Mokbel N, et al. Vitamin D Signaling Regulates Proliferation, Differentiation, and Myotube Size in C2C12 Skeletal Muscle Cells. *Endocrinology*. 2014;155(2):347–357. doi: <https://doi.org/10.1210/en.2013-1205>
 18. Henwood TR, Keogh JW, Reid N, et al. Assessing sarcopenic prevalence and risk factors in residential aged care: methodology and feasibility. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2014;5(3):229–236. doi: <https://doi.org/10.1007/s13539-014-0144-z>
 19. Sayer AA, Dennison EM, Syddall HE, et al. The developmental origins of sarcopenia: using peripheral quantitative computed tomography to assess muscle size in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008;63(8):835–840. doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/63.8.835>
 20. Komi PV. Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech*. 2000;33(10):1197–1206. doi: [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00064-6)
 21. Makanae Y, Ogasawara R, Sato K, et al. Acute bout of resistance exercise increases vitamin D receptor protein expression in rat skeletal muscle. *Exp Physiol*. 2015;100(10):1168–1176. doi: <https://doi.org/10.1113/EP085207>
 22. Lombardi G, Vitale JA, Logoluso S, 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>
 23. Carswell AT, Oliver SJ, Wentz LM, et al. Influence of Vitamin D supplementation by sunlight or oral D3 on exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(12):2555–2564. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001721>
 24. Chiang CM, Ismaeel A, Gris RB, et al. Effects of vitamin D supplementation on muscle strength in athletes: A systematic review. *J Strength Cond Res*. 2017;31(2):566–574. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001518>
 25. Fairbairn KA, Ceelen IJM, Skeaff CM, et al. Vitamin D₃ supplementation does not improve sprint performance in professional rugby players: a randomized, placebo-controlled, double-blind intervention study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2018;28(1):1–9. doi: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0157>
 26. 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>
 27. Bezuglov E, Tikhonova A, Zueva A, et al. The dependence of running speed and muscle strength on the serum concentration of Vitamin D in young male professional football players residing in the Russian Federation. *Nutrients*. 2019;11(9):1960. doi: <https://doi.org/10.3390/nu11091960>
 28. Barsan M, Chelaru VF, Rajnovanu 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>
 29. Каронова Т.Л., Глоба П.Ю., Андреева А.Т., и др. Уровень обеспеченности витамином D и композиционный состав тела у спортсменов // *Остеопороз и остеопатия*. — 2016. — № 2. — С. 43. [Karonova TL, Globa PJu, Andreeva AT, et al. Uroven' obespechennosti vitaminom D i kompozitsionnyj sostav tela u sportmenov. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2016;2:43. (In Russ.)]
 30. Петряев А.С., Яковлев В.В., Коваленко В.В., и др. Спортивные и подвижные игры, как эффективное средство развития физических качеств и формирования эмоционально-волевой устойчивости у курсантов Военно-медицинской академии // Научно-практическая конференция, посвященная 75-летию образования кафедры спортивных и подвижных игр, 12 октября, 2022 г., Санкт-Петербург. [Petrjaev AS, Jakovlev VV, Kovalenko VV, i dr. Sportivnye i podvizhnye igry, kak jeffektivnoe sredstvo razvitiya fizicheskikh kachestv i formirovaniya jemocional'no-volevoy ustojchivosti u kursantov Voenno-medicinskoj akademii. (Conference proceedigs). Nauchno-prakticheskaja konferencija, posvjashhennaja 75-letiju obrazovaniya kafedry sportivnyh i podvizhnyh igr; 2022, oct 12; Sankt-Peterburg. (In Russ.)] Available from: http://elibrary.ru/download/elibrary_49762881_83121926.pdf (accessed: 20.06.2023).
 31. Рябчук В.В., Стороженко И.И., Медведев Ю.И., и др. Развитие координационных способностей у курсантов Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова на занятиях по физической культуре // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. — 2014. — Т. 45. — № 1. — С. 132–135. [Ryabchuk VV, Storozhenko II, Medvedev YuI, et al. Development of coordination abilities of cadets of Military medical academy named after S.M. Kirov during training sessions of physical education. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2014;45(1):132–135. (In Russ.)]
 32. Бессель В.В., Кучеров В.Г., Мингалеева Р.Д. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов. — М.: Изд. центр РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, 2016. [Bessel VV, Kuchеров VG, Mingaleeva RD. Izuchenie solnechnyh

- fotoelektricheskikh jelementov. Moscow: Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza (NIU) im. I.M. Gubkina; 2016. (In Russ.)]
33. Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Белая Ж.Е., и др. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых // *Проблемы эндокринологии*. — 2016. — Т. 62. — № 4. — С. 60–84. [Pigarova EA, Rozhinskaya LYa, Belaya ZhE, et al. Russian Association of Endocrinologists recommendations for diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults. *Problems of Endocrinology*. 2016;62(4):60–84. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/probl201662460-84>
 34. Скрипникова И.А., Щеплягина Л.А., Новиков В.Е., и др. Возможности костной рентгеновской денситометрии в клинической практике: методические рекомендации. — М., 2015. [Skrpnikova IA, Shhepljagina LA, Novikov VE, et al. Vozmozhnosti kostnoj rentgenovskoj densitometrii v klinicheskoy praktike: Metodicheskie rekomendacii. Moscow; 2015. (In Russ.)] Available from: https://gnicpm.ru/wp-content/uploads/2020/01/metod.rekomendacii_densitometria.pdf (accessed: 20.06.2023).
 35. Baxter-Jones AD, Faulkner RA, Forwood MR, et al. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *J Bone Miner Res*. 2011;26(8):1729–1739. doi: <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000564>
 36. Кондратьева Е.И., Лошкова Е.В., Захарова Е.В., и др. Дефицит витамина D: гендерные особенности // *Эндокринология: новости, мнения, обучение*. — 2021. — Т. 10. — № 2. — С. 18–25. [Kondratyeva EI, Loshkova EV, Zakharova IN, et al. Vitamin D deficiency: gender characteristics. *Endokrinologiya: novosti, mneniya, obuchenie*. 2021;10(2):18–25. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.33029/2304-9529-2021-10-2-18-25>
 37. Jonvik KL, Torstveit MK, Sundgot-Borgen J, et al. Do we need to change the guideline values for determining low bone mineral density in athletes? *J Appl Physiol*. 2022;132(5):1320–1322. doi: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00851.2021>
 38. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad-Relative Energy Deficiency in Sport. *Br J Sports Med*. 2014;48(7):491–497. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>
 39. *Ревматология*. Российские клинические рекомендации / под ред. Е.Л. Насонова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. [*Rheumatology*. Russian clinical guidelines. Ed. by E.L. Nasonov. Moscow: GEOTAR-Media; 2020. (In Russ.)]

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Аганов Дмитрий Сергеевич, к.м.н. [Dmitry S. Aganov, MD, PhD]; адрес: 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6 [address: 6 Akademika Lebedeva str., 194044, Saint Petersburg, Russia]; e-mail: dimanerio@gmail.com, SPIN-код: 1889-1327, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5082-9322>

Крюков Евгений Владимирович, д.м.н., профессор, академик РАН [Evgeny V. Kryukov, MD, PhD, Professor, Academician of the RAS]; e-mail: evgeniy.md@mail.ru, SPIN-код: 3900-3441, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8396-1936>

Лесняк Ольга Михайловна, д.м.н., профессор [Olga M. Lesnyak, MD, PhD, Professor]; e-mail: olga.m.lesnyak@yandex.ru, SPIN-код: 6432-4188, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0143-0614>

Топорков Михаил Михайлович, к.м.н. [Mikhail M. Toporkov, MD, PhD]; e-mail: mikhtop@yandex.ru, SPIN-код: 7518-1095, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7417-7509>

Овчинников Дмитрий Валерьевич, к.м.н., доцент [Dmitrii V. Ovchinnikov, MD, PhD, Associate Professor]; e-mail: 79112998764@yandex.ru, SPIN-код: 5437-3457, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8408-5301>

Семенов Алексей Анатольевич, к.м.н. [Alexey A. Semenov, MD, PhD]; e-mail: semfeodosia82@mail.ru, SPIN-код: 1147-3072, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1977-7536>

Анохин Дмитрий Юрьевич, к.м.н. [Dmitriy Yu. Anokhin, MD, PhD]; e-mail: damixon@mail.ru, SPIN-код: 6432-4188, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4499-066X>

Комаров Николай Николаевич [Nikolay N. Komarov]; e-mail: nik_kom_2012@mail.ru, SPIN-код: 2478-5928, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2016-8815>