

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
И.М. СЕЧЕНОВА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи



Анищенко Ильсюяр Халиловна

**Распространенность дефицита витамина D и его коррекция у юных
футболистов, постоянно проживающих на территории г. Москва**

3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная
физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук, доцент

Безуглов Эдуард Николаевич

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ ВИТАМИНА D И ЕГО ЭФФЕКТОВ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНОГО УРОВНЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	18
1.1. Роль витамина D для здоровья человека.....	18
1.2. Механизм действия витамина D	19
1.3. Классификация статуса витамина D	21
1.4. Недостаточность витамина D в общей популяции и среди спортсменов разных уровней и возраста	23
1.5. Методы диагностики недостаточности витамина D	27
1.6. Источники витамина D	29
1.7. Факторы риска развития недостаточности витамина D.....	31
1.8. Влияние витамина D на физическую работоспособность.....	32
1.9. Влияние витамина D на травматизм	35
1.10. Методы коррекции недостаточности витамина D	36
1.11. Побочные эффекты и токсические дозы витамина D.....	38
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	42
2.1. Общая характеристика участников и этапов исследования.....	42
2.1.1. Критерии включения, невключения и исключения	42
2.1.2. Этапы исследования.....	45
2.1.3. Распределение участников по возрасту	47
2.1.4. Распределение участников в зависимости от самостоятельно используемых методов профилактики дефицита и недостаточности витамина D.	49
2.1.5. Распределение участников в зависимости от нахождения в фазе скачка роста	49
2.1.6. Распределение участников в зависимости от статуса витамина D	50
2.1.7. Распределение участников группы в зависимости от типа вмешательства на третьем этапе исследования.....	50
2.2. Клинико-инструментальные и лабораторные методы исследования	51

2.2.1. Измерение антропометрических показателей	51
2.2.2. Определение статуса скачка роста	53
2.2.3. Гематологический скрининг	56
2.2.4. Классификация недостаточности витамина D	57
2.2.5. Тестирование физической работоспособности и спортспецифичных навыков	58
2.2.6. Оценка привычного употребления витамина D	74
2.2.7. Оценка частоты возникновения побочных эффектов	74
2.3. Методы коррекции дефицита витамина D	75
2.3.1. Протокол исследования капсул с холекальциферолом	75
2.3.2. Протокол коррекции дефицита витамина D	77
2.4. Методы статистического анализа	78
ГЛАВА 3. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ НЕДОСТАТОЧНОСТИ И ДЕФИЦИТА ВИТАМИНА D СРЕДИ ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ САМОСТОЯТЕЛЬНО ИСПОЛЪЗУЕМЫХ СПОРТСМЕНАМИ МЕТОДОВ ЕЕ ПРОФИЛАКТИКИ	82
3.1. Распространенность недостаточности и дефицита витамина D среди юных футболистов	82
3.2. Оценка эффективности самостоятельно используемых методов профилактики недостаточности витамина среди юных футболистов	86
3.3. Динамика сезонных изменений сывороточной концентрации 25(OH)D у юных футболистов	89
3.4. Влияние статуса витамина D на физическую работоспособность и спортспецифичные навыки юных футболистов	93
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕКЦИИ СТАТУСА ВИТАМИНА D	100
4.1. Результаты применения программы коррекции статуса витамина D у юных футболистов	100

4.2. Распространенность побочных эффектов среди юных футболистов, ассоциированных с приемом диетической добавки, содержащей холекальциферол.....	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
ВЫВОДЫ	110
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	111
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	114
Приложение А. Оригинальный опросник по изучению самостоятельного использования методов профилактики недостаточности и дефицита витамина D (опросник «food frequency and lifestyle questionnaire» (FFLQ))	144
Приложение Б. Переведенный на русский язык и адаптированный опросник по изучению самостоятельного использования методов профилактики недостаточности и дефицита витамина D (опросник «food frequency and lifestyle questionnaire» (FFLQ)).....	145
Приложение В. Программа разминки FIFA 11+	146
Приложение Г. Коэффициенты для формулы Хамиса-Роше	147
Приложение Д. Свидетельство о государственной регистрации базы данных	148

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Недостаточность витамина D признана глобальной проблемой здравоохранения, оказывающей доказанное негативное влияние на различные аспекты здоровья человека [1, 3]. Ее высокая распространенность фиксируется среди самых разных групп населения, включая физически активных лиц и спортсменов различного уровня мастерства [138, 251, 263]. Основная физиологическая роль витамина D традиционно связывается с регуляцией кальциево-фосфорного обмена [113, 158, 159]. Однако современные исследования демонстрируют его значимость и для других систем организма, в том числе иммунной [140, 50, 265, 151], эндокринной [50, 140, 151, 265,] и мышечной [50, 140, 151, 265]. Наличие рецепторов к витамину D практически во всех органах и тканях, включая скелетную мускулатуру [76, 177, 276], подтверждает его плеiotропное действие [76, 177, 230].

В настоящее время можно считать доказанным, что ключевым фактором, способствующим поддержанию достаточного уровня витамина D в человеческом организме, является ультрафиолетовое (УФ) излучение [72, 73]. В связи с этим, не должно вызывать удивления, что именно проживание в географических регионах с низким уровнем инсоляции (расположенных выше 40° северной широты) может быть значимым фактором риска для развития недостаточности витамина D [202, 240]. К регионам с высоким риском относится и значительная часть Российской Федерации, включая город Москва и Московскую область. Интенсивность УФ-излучения, измеряемая с помощью УФ-индекса, в Москве зимой и весной варьируется в диапазоне от 0 до 3, а летом от 5 до 8. Эти показатели значимо контрастируют с аналогичными показателями таких стран как Испания и Италия, где УФ-индекс в сопоставимые периоды варьируется в диапазоне от 5 до 10 и от 8 до 12, соответственно [278]. Важно отметить что синтез витамина D под воздействием УФ-излучения в зимний период значительно ниже, чем летом, что

связано с его значительно меньшей интенсивностью и укорочением светового дня - зимой оно может быть в 35 раз ниже, чем летом [30, 150]. В таких условиях поддержание оптимального уровня витамина D в организме практически невозможно без дополнительных вмешательств [162].

Определенную роль в широком распространении недостаточности и дефицита витамина D играет специфика тренировочного процесса юных спортсменов, проживающих в географических регионах с низким уровнем инсоляции – значительная часть их тренировок в осенне-зимний период проходит в помещениях [54, 150]. К тому же, в целом ряде исследований продемонстрирована роль влияния интенсивной физической нагрузки как самостоятельного фактора риска развития недостаточности и дефицита витамина D [59, 204, 262]. Учитывая указанные выше факторы, юных спортсменов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции и часто тренирующихся в осенне-зимний период в закрытых помещениях, можно отнести к группе повышенного риска развития недостаточности и дефицита витамина D [170]. Высокая распространенность недостаточности и дефицита витамина D среди юных спортсменов подтверждается результатами целого ряда метаанализов и систематических обзоров [116, 117], а также данными исследований с участием юных российских футболистов [38].

Для спортсменов оптимальный статус витамина D имеет особое значение, потенциально влияя не только на общее здоровье, но и на спортивную результативность. В первую очередь, это может быть связано с его влиянием на кальциево-фосфорный обмен [84, 158]. В настоящее время можно считать доказанным важную роль оптимального статуса витамина D в организме, как фактора профилактики развития стрессовых повреждений костной ткани у спортсменов. Также существуют исследования, в которых демонстрировалась важная роль витамина D на различные параметры мышечной деятельности, в том числе в группах спортсменов [116, 276].

Однако данные о непосредственном влиянии статуса витамина D на спортивные результаты и специфические физические качества (скорость, сила,

маневренность) у юных спортсменов остаются крайне противоречивыми и недостаточными, что может быть связано с использованием различных методологических подходов и значительно широкой вариабельностью анализируемых групп участников. В то время как некоторые систематические обзоры указывают на положительный эффект добавок витамина D на мышечную силу в целом [209], исследования, сфокусированные на юных спортсменах, особенно футболистах, и оценивающие спортспецифичные показатели (скоростно-силовые качества, нереактивная маневренность, специфические навыки), часто демонстрируют неоднозначные в этом отношении результаты [235].

Основным методом профилактики и коррекции дефицита витамина D является его дополнительный прием в виде препаратов холекальциферола (D3) или эргокальциферола (D2) [6]. Существуют различные протоколы, включающие ежедневный прием (например, 2000 МЕ холекальциферола), еженедельный (50 000 МЕ эргокальциферола) или даже однократное использование высоких доз (до 300 000 МЕ холекальциферола у взрослых) [155]. Однако применение высоких доз, особенно у детей и подростков, сопряжено с потенциальным риском развития побочных эффектов (гиперкальциемия, тошнота, рвота, нарушения функции почек), что требует мониторинга ключевых биохимических показателей кальциево-фосфорного обмена, включая кальций общий и ионизированный, фосфор, паратиреоидный гормон (ПТГ) [58, 275].

При этом необходимо отметить, что наиболее естественным путем коррекции статуса витамина D в организме должна быть достаточная инсоляция, которая представляет собой физиологичный, безопасный и экономически эффективный подход. Теоретически, пребывание на открытом воздухе в условиях адекватного УФ-излучения в летние месяцы должно позволять накопить достаточные запасы витамина D для поддержания его на должном уровне в осенне-зимний период [41]. Однако в настоящее время отсутствуют исследования, объективно оценивающие эффективность изолированной инсоляции в летний период как метода достижения оптимальной сывороточной концентрации 25(OH)D в организме юных спортсменов.

В такой ситуации не представляется возможной разработка эффективных программ поддержания оптимального уровня витамина D с использованием как инсоляции, так и изменения привычного рациона питания и приема диетических добавок. Противоречивость данных, связанных с разнообразием протоколов коррекции дефицита витамина D среди спортсменов разного уровня обуславливает актуальность проблемы.

Степень разработанности темы исследования

В научных исследованиях, посвященных изучению статуса витамина D у юных футболистов, постоянно проживающих в регионах, расположенных выше 40° северной широты, тема распространенности дефицита и недостаточности витамина D продолжает оставаться одной из самых актуальных. Исследования демонстрируют ее высокую распространенность в данной группе, а также перспективы ее коррекции с использованием пероральных диетических добавок холекальциферола [138, 189].

Э. Н. Безуглов и соавт. (2019) исследовали распространенность дефицита и недостаточности витамина D у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции. Выявлено, что в зимний период дефицит встречается у 22,9% спортсменов, а недостаточность - у 19,9%, что сопоставимо с данными иностранных источников и может быть связано с длительными тренировками в помещениях и низким уровнем инсоляции. Эти результаты подчеркивают важность географического фактора и необходимости скрининга статуса витамина D у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции [38].

И. Н. Захарова и соавт. (2014) при изучении статуса витамина D у детей и подростков общей популяции России также нашли выраженную межрегиональную вариабельность и значимый характер недостаточности, особенно у тех из них, кто постоянно проживает в географических регионах, расположенных выше 40° северной широты [21]. С.И. Малявская и соавт. (2016) также показали, что у детей

от 6 до 16 лет, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, в зимний период распространенность недостаточности и дефицита витамина D превышает 80% [27].

В исследованиях, связанных с изучением влияния статуса витамина D на различные аспекты физической работоспособности у спортсменов разных возраста и уровня, получены разнонаправленные результаты. Так, В. Hamilton и соавт. (2014) не выявили статистически значимой разницы в силе мышц нижних конечностей, у профессиональных футболистов с дефицитом 25(OH)D (<20 нг/мл) и с нормальным уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D (>30 нг/мл) [249].

В то же время, N. E. Koundourakis и соавт. (2014) в своем исследовании продемонстрировали, что более высокая сывороточная концентрация 25(OH)D у взрослых профессиональных футболистов связана с лучшими результатами прыжковых тестов (прыжок из положения сидя и прыжок с противодвижением) и увеличением максимального потребления кислорода. Стоит отметить, что также была выявлена отрицательная корреляция между сывороточной концентрацией 25(OH)D с результатами спринта на 10 и 20 метров [243].

В исследовании, проведенном А. Żebrowska и соавт. (2020), продемонстрировано, что в группе спортсменов-ультрамарафонцев, принимающих диетические добавки, содержащие холекальциферол, отмечена положительная динамика в снижении уровней тропонина, миоглобина и TNF- α через 1 час и через 24 часа после окончания тренировки, по сравнению с группой, принимающей плацебо. Снижение сывороточных уровней биомаркеров повреждения скелетных мышц может значительно сократить время восстановления после эксцентричных физических нагрузок [220].

В то же время исследование I. T. Zając и соавт. (2019) показало, что, несмотря на общее улучшение локомоторных способностей после высокоинтенсивных тренировок и повышения сывороточной концентрации 25(OH)D, между группой плацебо и группой, получавшей диетические добавки, содержащие холекальциферол, статистически значимых различий отмечено не было, что не

подтверждает мнение о косвенном или опосредованном влиянии витамина D на эти показатели [222].

Тем не менее, несмотря на большой объем исследований, проведенных по этой теме в последние десятилетия, до сих пор остаются вопросы, требующие изучения в рамках проведения исследований высокого методологического качества. К ним можно отнести оценку влияния сывороточной концентрации 25(OH)D на физические качества и спортспецифичные навыки юных спортсменов, постоянно проживающих в географических регионах с низким уровнем инсоляции, объективизацию эффективности естественной инсоляции в различные периоды календарного года как средства профилактики развития дефицита и недостаточности витамина D, а также оптимальные протоколы коррекции дефицита витамина D в различных возрастных группах.

Цель и задачи исследования

Цель исследования – разработать эффективный и хорошо переносимый протокол коррекции дефицита витамина D у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции

Для реализации поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Изучить распространенность недостаточности и дефицита витамина D среди юных футболистов и оценить влияние скачка роста на нее.
2. Проанализировать эффективность самостоятельно используемых методов профилактики недостаточности витамина D среди юных футболистов.
3. Оценить влияние разных уровней сывороточной концентрации 25(OH)D на различные показатели физической работоспособности среди юных футболистов.
4. Объективизировать эффективность и переносимость перорального приема холекальциферола, используемого в дозе 15 000 МЕ еженедельно в течение шести недель, для коррекции дефицита витамина D среди юных футболистов.

5. Оценить влияние тренировок юных футболистов с дефицитом 25(OH)D на открытом воздухе в весенне-летний период на коррекцию его дефицита и недостаточности.

Научная новизна

Впервые выявлена высокая распространенность недостаточности и дефицита витамина D (свыше 60%) среди юных футболистов ведущей российской академии, которая по классификации Российского футбольного союза относится к «футбольным академиям высшего уровня», постоянно проживающих в городе Москва.

Установлено, что самостоятельно применяемые методы профилактики недостаточности и дефицита витамина D юными футболистами, постоянно проживающих в городе Москва, не являются эффективными.

Продemonстрировано ограниченное влияние уровня сывороточной концентрации 25(OH)D на физическую работоспособность и спортспецифичные навыки юных спортсменов.

Впервые сформирована база данных, являющаяся основой сравнительного анализа для дальнейших разработок. Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных «Влияние уровня биомаркера 25-гидроксикальциферола плазмы крови на статус биологического созревания и физическую работоспособность» № 2025621203 от 17 марта 2025 года (Приложение Д).

Разработан протокол коррекции дефицита витамина D у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции с использованием еженедельного перорального приема диетической добавки с содержанием холекальциферола в дозе 15 000 МЕ.

Продemonстрирована эффективность и хорошая переносимость протокола коррекции дефицита витамина D с использованием еженедельного приема холекальциферола (витамина D3) в дозе 15 000 МЕ в течение шести недель у юных футболистов с подтвержденным дефицитом витамина D, в том числе, с

применением гематологического скрининга маркеров кальциево-фосфорного обмена.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты исследования расширяют представления о распространенности дефицита витамина D среди юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, и его влиянии на физическую работоспособность и спортспецифичные навыки. Впервые показано, что дефицит витамина D (сывороточная концентрация его биохимического маркера $25(\text{OH})\text{D} < 20$ нг/мл) выявляется у значительной доли юных спортсменов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, что подчеркивает актуальность регулярного скрининга и профилактических мероприятий в спортивной практике.

Естественная инсоляция в весенне-летний период у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, не продемонстрировала значимого влияния на повышение сывороточной концентрации $25(\text{OH})\text{D}$, что свидетельствует о ее недостаточности как изолированного метода коррекции дефицита витамина D у юных футболистов даже в весенне-летний период.

При оценке связи сывороточной концентрации $25(\text{OH})\text{D}$ и ключевыми для спортивной успешности показателями (сила, скорость, ловкость), установлено незначительно ее влияние на силу. В отношении же других показателей статистически значимого влияния обнаружено не было. Полученные данные вносят вклад в понимание роли витамина D в поддержании спортивной производительности.

Разработанный протокол коррекции дефицита витамина D, продемонстрировала хорошую переносимость среди юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, а также достоверно улучшила сывороточную концентрацию $25(\text{OH})\text{D}$ спортсменов.

Его реализация не сопровождалась возникновением побочных эффектов и превышением верхних границ референтных значений основных маркеров кальциево-фосфорного обмена. Была сформирована база данных, являющаяся основой сравнительного анализа при проведении исследований по теме диссертации.

Разработанная программа коррекции дефицита витамина D с использованием еженедельного перорального приема холекальциферола в дозе 15 000 МЕ в течение шести недель продемонстрировал высокую эффективность и хорошую переносимость, что подтверждает возможность его применения в условиях ограниченной инсоляции и интенсивных тренировок в помещениях. Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по коррекции дефицита витамина D для юных футболистов, тренирующихся в географических регионах с низкой инсоляцией. Доказанная хорошая переносимость и эффективность программы приема холекальциферола позволяют сократить использование менее изученных добавок, минимизируя потенциальные риски для здоровья юных атлетов. Кроме того, исследование подчеркивает важность интеграции нутритивного скрининга в стандартные медицинские обследования спортсменов, что актуально для спортивных врачей, тренеров и организаций, работающих с молодыми спортсменами. Результаты исследования внедрены в практическую деятельность академий ФК «Рубин» и ПФК ЦСКА, а также целого ряда молодежных команд клубов Российской Премьер-Лиги, обеспечивая научно обоснованный подход к поддержанию здоровья и производительности юных футболистов.

Методология и методы исследования

Данное исследование выполнено на базе кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) АНО ДО ДЮСШ ПФК ЦСКА в период февраль 2024 - август 2025 года. Для решения поставленных цели и задач проведены наблюдательное, корреляционное и

проспективное рандомизированное исследования. Выполненная работа соответствует основным методологическим принципам: целостность, комплексность, объективность и достоверность. С целью получения достоверных результатов в исследовании применяли клинические, инструментальные, аналитические и статистические методы исследования. Для статистической обработки данных использовали методы описательной, параметрической и непараметрической статистики, а также метод корреляционного анализа.

Положения, выносимые на защиту

1. Среди юных футболистов, постоянно проживающих в городе Москва, дефицит и недостаточность витамина D широко распространены, а эффективность самостоятельно используемых методов профилактики недостаточности витамина D можно считать низкой. При этом тренировки на открытом воздухе в весенне-летний период не позволяют обеспечить уровень инсоляции достаточный для поддержания сывороточной концентрации 25(OH)D в рамках нормальных значений.
2. Статус витамина D не оказывает статистически значимого влияния на большинство ключевых для спортивной успешности скоростно-силовых показателей и спортспецифичных навыков юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции.
3. Шестинедельный протокол коррекции дефицита витамина D с использованием перорального приема холекальциферола в дозе 15 000 МЕ один раз в неделю у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции эффективен, и хорошо переносится.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует пунктам 2 и 7 паспорта научной специальности 3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина,

лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация (медицинские науки).

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов проведенного исследования подтверждаются достаточным размером выборки, использованием передовых инструментальных методов исследования, обработки и анализа полученных данных в соответствии с поставленными целью и задачами.

Основные положения и результаты проведенного исследования представлены на XIX Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед–2024» (Москва, Россия, 2024), VIII Дальневосточном медицинском молодежном форуме (Хабаровск, Россия, 2024), IX Международном конгрессе «АСТАОР» (Москва, Россия, 2025), XI Международном конгрессе «Безопасный спорт-2025» (Санкт-Петербург, Россия, 2025), II Научно-практической конференции с международным участием «Актуальные направления спортивного питания» (Москва, Россия, 2025).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет) 16 октября 2025 года.

Личный вклад автора

Автором произведен анализ отечественной и зарубежной литературы, посвященной актуальным вопросам эффективности и переносимости применения витамина D как среди спортсменов разного возраста, так и представителей общей популяции. Автором сформулирована цель исследования, его задачи и положения, выносимые на защиту, а также определена методология проведения научного исследования. На основании полученных данных автором разработана программа

приема витамина D для коррекции дефицитного состояния у юных футболистов в возрасте 8-17 лет.

Лично автором проведены интерпретация данных физических тестирований и анкетирования спортсменов, участвующих в исследовании, а также проведена оценка его результатов. Автором проведено обобщение полученных данных и их статистический анализ, сформулированы выводы и практические рекомендации.

Публикации по теме диссертации

По материалам диссертации опубликовано 10 печатных работ: из них 3 статьи в рецензируемых научных журналах международной базы Scopus; 1 статья-иная; 5 тезисов, опубликованных в сборниках тезисов российских и международных конференций; 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, выводов, заключения, практических рекомендаций, списка использованной литературы и приложений. Материалы диссертации изложены на 148 страницах компьютерного текста, иллюстрированы 15 таблицами и 23 рисунками. Список литературы включает 282 источника (в том числе, 49 публикаций на русском языке и 233 публикации на иностранных языках). Оформление структуры и написание работы выполнено согласно ГОСТ Р 7.0.11–2011 от 01.09.2012.

Этический комитет

Данное исследование проведено в соответствии с Хельсинской декларацией и одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (№05-25, от 12.03.2025). Всем участникам и их представителям рассказано о возможных рисках и

распространении исследования. Участники и их представители подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Внедрение в практику

Основные научные положения, выводы и практические рекомендации диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре спортивной медицины и медицинской реабилитации Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Результаты исследования внедрены в практическую работу АНО «КСМ-Лужники» г. Москва, ООО «Смарт Рекавери» г. Москва и футбольных академий ФК «Рубин» (г. Казань) и ПФК ЦСКА (г. Москва).

Благодарности

Выражаю глубокую благодарность своему научному руководителю, кандидату медицинских наук, доценту кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), руководителю медицинского департамента ПФК ЦСКА, Безуглову Эдуарду Николаевичу.

Отдельная благодарность коллективу кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) за помощь в проведении исследования.

Также выражаю благодарность руководству ПФК ЦСКА в лице генерального директора Бабаева Романа Юрьевича и АНО «Детско-юношеская спортивная школа ПФК ЦСКА в лице директора Корнаухова Олега Дмитриевича.

ГЛАВА 1. МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ ВИТАМИНА D И ЕГО ЭФФЕКТОВ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНОГО УРОВНЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Роль витамина D для здоровья человека

Витамин D представляет собой жирорастворимое соединение, обладающее свойствами гормона [46], который принимает участие в многочисленных физиологических процессах организма человека. Его биологическая роль значительно превосходит традиционное понимание, связанное исключительно с поддержанием здоровья костной системы. Современные исследования свидетельствуют о многофункциональном характере витамина D и его влиянии на различные системы организма. В первую очередь, витамин D играет ключевую роль в обеспечении нормального роста и развития костей, способствует регуляции минерального обмена, обеспечивая адекватную абсорбцию кальция в кишечнике и поддержание оптимальных уровней кальция и фосфатов в крови. Благодаря этим механизмам витамин D предотвращает развитие таких заболеваний, как рахит у детей [29] и остеопороз у взрослых, что подчеркивает его фундаментальное значение для костного метаболизма [144, 208]. Кроме того, витамин D оказывает существенное влияние на иммунную систему, выполняя функцию регулятора иммунных реакций. Нормальный статус витамина D также способствует снижению риска возникновения аутоиммунных заболеваний, включая аутоиммунный тиреоидит, рассеянный склероз, воспалительные заболевания кишечника и ревматоидный артрит [62]. Эти данные свидетельствуют о важности витамина D в поддержании иммунного гомеостаза и предотвращении патологических процессов воспалительного генеза.

Эффекты витамина D распространяется и на репродуктивную систему за счет регуляции у женщин процессов овуляции и влияния на качество сперматозоидов у мужчин [139, 152]. При беременности дефицит витамина D ассоциируется с повышенной вероятностью развития таких осложнений, как преэклампсия, инфекции, преждевременные роды и гестационный диабет [7, 26], что

подчеркивает необходимость контроля его статуса в перинатальном периоде [139]. Витамин D также участвует в регуляции артериального давления и сердечного ритма, способствует поддержанию эластичности сосудистых стенок. Эти эффекты имеют важное значение для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и поддержания сосудистой функции [250].

Воздействие витамина D на нервную систему обеспечивается влиянием его метаболитов на синтез нейротрансмиттера серотонина, что обуславливает его потенциальное влияние на настроение, когнитивные функции, внимание и память. В связи с этим витамин D часто называют «витамином хорошего настроения», подчеркивая его значение для психического здоровья [181]. Наконец, витамин D играет важную роль в метаболических процессах, включая регуляцию выработки инсулина и углеводно-жировой обмен, а также участвует в контроле жизненного цикла клеток, что способствует снижению риска развития онкологических заболеваний [244]. Таким образом, витамин D можно считать универсальным регулятором, влияющим на широкий спектр физиологических функций и обеспечивающим поддержание здоровья человеческого организма [241].

1.2. Механизм действия витамина D

Витамин D представлен в организме двумя основными формами: эргокальциферолом (витамин D₂) и холекальциферолом (витамин D₃). При этом, в значительная часть детектируемого при проведении гематологического скрининга витамина D приходится на холекальциферол. Наиболее биологически активной формой является кальцитриол, или 1,25-дигидроксивитамин D₃, который образуется в результате последовательных гидроксилирований холекальциферола в печени и почках [124]. Кальцитриол осуществляет свое действие на клетки-мишени через взаимодействие с внутриклеточными рецепторами витамина D (PBD) [5], после связывания с которым рецептор образует гетеродимер с ретиноидным X-рецептором (PXR). Затем этот комплекс кальцитриол/PBD/PXR транслоцируется в клеточное ядро и связывается там с витамин D-регуляторными элементами (BDPЭ)

в промоторных областях целевых генов, что приводит к активации или подавлению транскрипции этих генов и, соответственно, синтезу определенных белков [75, 102, 242, 258].

Классические эффекты витамина D реализуются в основном в тонком кишечнике, почках и костной ткани. В тонком кишечнике кальцитриол стимулирует синтез кальциевых каналов и кальций-связывающих белков, что обеспечивает эффективное всасывание кальция и фосфатов, поддерживая таким образом гомеостаз этих минералов в крови [21, 82, 207]. В почках кальцитриол регулирует реабсорбцию кальция и фосфатов, а в костной ткани способствует дифференцировке и активности остеокластов, обеспечивая при необходимости мобилизацию кальция [84, 125]. Все эти процессы направлены на поддержание стабильного уровня кальция в крови, имеющее важнейшее значение для нормального функционирования организма [22]. Помимо указанных выше, кальцитриол оказывает и внекостные эффекты, влияя на регуляцию около 200 генов, связанных с клеточной дифференцировкой, пролиферацией, апоптозом и ангиогенезом [255]. Рецепторы витамина D обнаружены в различных органах и тканях, включая клетки иммунной системы и эпителиальные клетки, что объясняет широкий спектр физиологических функций витамина D вне костной системы [184]. Выявлено более 11 тысяч предполагаемых генов-мишеней PBD, связанных с метаболизмом, морфологией тканей, адгезией клеток, дифференцировкой, ангиогенезом и эпителиально-мезенхимальным переходом. Кроме того, PBD участвуют в регуляции микроРНК и длинных некодирующих РНК, опосредуя экспрессию множества белков. В последние десятилетия интерес к роли витамина D и PBD за пределами классических мишеней по поддержанию кальциевого и фосфатного гомеостаза существенно возрос, учитывая широкое распределение этого рецептора и ключевых ферментов метаболизма витамина D (CYP27B1, CYP24A1) [48, 183].

Экспрессия PBD регулируется клеточно-специфично: $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ стимулирует продуцирование PBD в костных клетках, но не в кишечнике. Дополнительно PBD модулируются множеством факторов, включая ростовые

факторы, инсулин, паратгормон (ПТГ), глюкокортикоиды, эстрогены и ретиноевую кислоту, через взаимодействие с различными транскрипционными факторами (AP-1, SP1, C/EBP, CDX2, Runx2 и другие) [48, 183]. Также кальций, связываясь с кальций-чувствительным рецептором в паращитовидных железах, может повышать уровень PBD, тогда как факторы семейства SNAIL (SLUG) подавляют его экспрессию в ряде опухолевых клеток. Регуляция на уровне микроРНК в том числе осуществляется через miR-125b, miR-298 и miR-27b, которые связываются с 3'-нетранслируемой областью PBD и снижают его экспрессию.

Геном человека содержит свыше 23 тысяч сайтов связывания PBD, большинство из которых отличаются клеточным контекстом, который зависит от времени воздействия лиганда. Эти сайты могут находиться на значительном расстоянии от стартовой точки транскрипции генов и часто имеется несколько таких сайтов с разной активностью. Например, генный регулятор RANKL, ключевой в костном метаболизме, регулируется PBD и ПТГ в остеобластах, а также AP-1 в активированных Т-клетках, при этом локусы связывания PBD различаются между видами и типами клеток.

Функция PBD тесно связана с эпигенетической регуляцией: она зависит от коактиваторов с гистонацетилтрансферазной активностью (SRC 1-3 и комплекс Mediator) и корпуспрессоров с гистондеацетилазной активностью (SMRT, NCoR). Эти коактиваторы и корепрессоры взаимодействуют с различными доменами PBD, регулируя доступ транскрипционной машины к ДНК в зависимости от наличия лиганда. Особое значение имеет белок hairless - корепрессор, экспрессируемый главным образом в коже и мозге, который регулирует функции PBD в эпидермисе и циклах роста волос. Мутации в генах PBD и hairless приводят к различным клиническим синдромам, включая рахит и алопецию [18, 182].

1.3. Классификация статуса витамина D

Классификация статуса витамина D в организме человека основывается на измерении сывороточной концентрации 25-гидроксивитамина D (25(OH)D),

который является наиболее информативным показателем для оценки запасов этого витамина [99, 120]. Современные клинические рекомендации выделяют несколько уровней статуса витамина D, каждый из которых характеризуется определенными физиологическими и клиническими последствиями [100, 185]. Выраженный дефицит витамина D диагностируется при уровне 25(ОН)D менее 10 нг/мл (менее 25 нмоль/л). На этом уровне значительно возрастает риск развития рахита у детей и остеопороза у взрослых, а также наблюдается вторичный гиперпаратиреоз, мышечная слабость, повышенная вероятность падений и переломов [15]. Дефицит витамина D, определяемый как уровень ниже 20 нг/мл (менее 50 нмоль/л), связан с повышенным риском потери костной массы, развитием вторичного гиперпаратиреоза, а также увеличением частоты падений и переломов. Выраженность клинических проявлений, связанных с низкой концентрацией 25(ОН)D, делает критически важным ее своевременное выявление и адекватную коррекцию.

Недостаточность витамина D определяется при концентрациях 25(ОН)D в диапазоне от 20 до 30 нг/мл (от 50 до 75 нмоль/л). В этом диапазоне риск потери костной ткани и вторичного гиперпаратиреоза считается низким, однако такие уровни могут быть недостаточными для достижения оптимального состояния здоровья костей у некоторых групп пациентов, в том числе у пациентов с избыточной массой тела и ожирением, а также физически активных людей [70, 180]. Нормальный статус витамина D, который обеспечивает оптимальное подавление паратиреоидного гормона и минимизацию потери костной массы, а также снижает риск падений и переломов примерно на 20%, соответствует концентрации 25(ОН)D равной или превышающей 30 нг/мл (75 нмоль/л) [149, 185]. При этом, уровни 25(ОН)D, превышающие 150 нг/мл (375 нмоль/л), считаются потенциально токсичными и связаны с риском гиперкальциемии и других осложнений [100, 149, 185].

Данная классификация ранее неоднократно использовалась в исследованиях с участием спортсменов, результаты которых опубликованы в научных журналах [80, 110, 206].

1.4. Недостаточность витамина D в общей популяции и среди спортсменов разных уровней и возраста

Недостаточность витамина D является глобальной проблемой, охватывающей значительную часть населения планеты. По данным различных исследований, распространенность дефицита и недостаточности витамина D варьирует от 50% до 92% в зависимости от региона проживания и социально-экономических условий [143, 145]. Эта пандемия обусловлена ограниченным воздействием ультрафиолетового излучения, особенностями питания и рядом других факторов [145].

В Российской Федерации ситуация с обеспеченностью населения витамином D вызывает серьезную озабоченность исследователей и практикующих специалистов [25, 27]. По результатам первого крупномасштабного многоцентрового исследования, проведенного в 2020 году, дефицит витамина D выявлен у 55,96% обследованных, а суммарно дефицит и недостаточность отмечены у 84,01% населения [8, 13, 28, 37, 39]. Особенно высокая распространенность низких уровней витамина D наблюдается в возрастной группе 18-25 лет, где 89,81% обследованных имели его дефицит или недостаточность [13, 16, 17, 23, 28, 40]. Эти данные свидетельствуют о широкой распространенности проблемы среди молодого населения, что требует особого внимания со стороны системы здравоохранения.

Региональные особенности дефицита витамина D в России связаны с географическим положением и соответственно с уровнем солнечной инсоляции [1, 11, 32, 42]. Все жители, проживающие в географических регионах, расположенных выше 40° северной широты (то есть, в том числе, значительная часть территории Российской Федерации), находятся в зоне риска развития дефицита витамина D [88, 133, 154]. Среди детского населения в Российской Федерации наибольшая частота недостаточности витамина D (менее 30 нг/мл) зафиксирована во Владивостоке — у 88% детей, в Казани — у 83%, а в средней полосе у здоровых детей и подростков в возрасте 4-18 лет недостаточность выявлена в 39% случаев [13, 28].

Высокая распространенность дефицита и недостаточности витамина D выявлена и среди спортсменов разного уровня. В систематическом обзоре и метаанализе Т. Harju и соавт. (2022) была изучена распространенность недостаточности и дефицита витамина D среди профессиональных спортсменов разных возраста и пола. В него вошли более 50 исследований, с участием 5456 взрослых профессиональных спортсменов обоих полов. Распространенность недостаточности витамина D (которая определялась как уровень сывороточной концентрации $25(\text{OH})\text{D} < 50$ нмоль/л) в анализируемой выборке составила 30%. Среди спортсменов подросткового возраста разного пола распространенность недостаточности витамина D была выше, и составила 39%, хотя статистически значимой разницы в уровне недостаточности витамина D между взрослыми спортсменами и спортсменами подросткового возраста, обнаружено не было. Тем не менее наблюдали тенденцию, которая может свидетельствовать о более выраженной уязвимости спортсменов подросткового возраста к развитию дефицита и недостаточности витамина D [178, 188]. Важное значение в отношении распространенности дефицита и недостаточности витамина D имеет и время года. Около 40% исследований в систематическом обзоре Т. Harju и соавт. (2022), для обеих возрастных групп проводились в зимне-весенний период, в течение которого риск развития недостаточности витамина D является максимальным. Минимальные показатели сывороточной концентрации $25(\text{OH})\text{D}$ зафиксированы в феврале-апреле, что связано с уменьшением интенсивности УФ-излучения в этот период. Географический фактор оказался наиболее важным: профессиональные спортсмены разного пола и возраста, постоянно проживающие и тренирующиеся в географических регионах, расположенных выше 40° северной широты, имели риск развития состояний недостаточности и дефицита витамина D в 1,85 раза выше по сравнению с теми, кто проживает в географических регионах, расположенных ниже 40° северной широты [188]. Наиболее высокая распространенность недостаточности и дефицита витамина D зарегистрирована в исследованиях, проведенных в Польше, Германии и Канаде [117, 174, 248].

Необходимо отметить, что риск развития дефицита и недостаточности витамина D не отличается среди мужчин и женщин. В метаанализе Т. Harju и соавт. (2022) при проведении внутригруппового сравнения спортсменов не выявлено статистически значимых различий по частоте развития состояний недостаточности и дефицита витамина D в зависимости от пола ($p=0,24$) [188]. Также установлено, что спортсмены разных видов спорта в разной степени подвержены риску развития недостаточности и дефицита витамина D [31, 68, 163]. Недостаточность витамина D чаще выявляли у спортсменов, вид спорта и дисциплина которых, предполагали более частые (или постоянные) занятия в закрытых помещениях (частота развития этого состояния среди них составила 52%), тогда как среди тех спортсменов, кто тренировался преимущественно на открытом воздухе, распространенность недостаточности была ниже и составляла около 30% [68, 188].

В исследовании С.А. Столяровой и соавт. (2023) с участием 527 юных спортсменов в возрасте от 10 до 18 лет, изучалась обеспеченность витамином D юных спортсменов, постоянно проживающих в России. В результате было обнаружено, что лишь у 15,5% из них уровень сывороточной концентрации 25(OH)D соответствовал нормальным значениям, то есть был не менее 30 нг/мл. Недостаточность витамина D (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D в диапазоне от 20 до 30 нг/мл), диагностирована у 41,6% юных спортсменов, а его дефицит (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D менее 20 нг/мл) у 42,9% участников. Причем у 2% из них дефицит витамина D носил тяжелый характер (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D менее 10 нг/мл). При этом анализ различий в статусе витамина D в зависимости от пола не выявил статистически значимых различий [31]. Авторами также было отмечено, что обеспеченность витамином D была низкой во всех рассмотренных группах видов спорта, однако спортсмены, занимающиеся многоборьями, имели статистически значимо более высокий уровень сывороточной концентрации 25(OH)D и, соответственно, меньшую частоту развившихся дефицита и недостаточности витамина D по сравнению с другими видами спорта и отдельными спортивными дисциплинами [31].

В другом исследовании О. Abulafia и соавт. (2024) на основании результатов гематологического скрининга 334 спортсменов олимпийской сборной Израиля (148 женщин, 186 мужчин в возрасте от 13 до 39 лет) дефицит витамина D (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D менее 20 нг/мл), выявлен всего у 7,5% участников, а недостаточность (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D от 20 до 30 нг/мл) у 39,2% спортсменов. Остальные 53,3% спортсменов имели нормальный статус витамина D (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D выше 30 нг/мл) [90]. При анализе различий в статусе витамина D по полу, показано, что дефицит витамина D обнаружен у 10,1% женщин и 5,4% мужчин, а недостаточность - у 40,5% женщин и 38,2% мужчин. Несмотря на то, что данные значения имели тенденцию к различиям, статистически значимой разницы в уровнях сывороточной концентрации 25(OH)D между мужчинами и женщинами обнаружено не было, при этом мужчины в среднем имели несколько более высокие уровни витамина D, а также кальция и альбумина [90]. При анализе по видам спорта и дисциплинам показано, что повышенный риск развития дефицита и недостаточности витамина D отмечали у спортсменов, занимающихся боевыми искусствами и художественной гимнастикой. У женщин, которые занимались боевыми искусствами, дефицит и недостаточность витамина D обнаружены у 28% и 48% спортсменок, соответственно, у мужчин - 11% и 44% спортсменов, соответственно. В художественной гимнастике у женщин эти показатели составили 14% и 64%, соответственно. При этом у спортсменов обоих полов, которые занимались такими видами спорта, как плавание и парусный спорт, уровень сывороточной концентрации 25(OH)D был выше, и дефицит витамина D встречался значительно реже или вообще отсутствовал. Авторами отмечено, что значимое влияние на статус витамина D имело место проведения тренировочных занятий. Спортсмены, тренирующиеся преимущественно в закрытом помещении, имели более низкие показатели витамина D по сравнению с теми, кто тренировался на открытом воздухе. Эти отличия особенно заметны у спортсменов из боевых искусств и художественной гимнастики [90].

В целом ряде исследований также было продемонстрировано ключевое влияние времени года на средний уровень сывороточной концентрации 25(OH)D. В зимний период она была значительно ниже, чем в летний: зимой среднее значение составляло около 30 нг/мл, тогда как летом - около 40 нг/мл. Эти различия объясняются сезонными изменениями интенсивности УФ-излучения и увеличением времени пребывания спортсменов на открытом воздухе, в том числе во время тренировок. Многофакторный анализ продемонстрировал, что в летний период значительно снижается риск развития дефицита витамина D среди всех групп спортсменов [205, 254].

Распространенность дефицита и недостаточности витамина D среди общей популяции разных возрастов, а также спортсменов разных уровней и возраста, представляет собой значимую и широко распространенную проблему, которая обусловлена сочетанием географических, сезонных и поведенческих факторов. Особую уязвимость демонстрируют подростки и те спортсмены, которые постоянно проживают в географических регионах, расположенных выше 40° северной широты, и тренируются преимущественно в закрытых помещениях. При этом гендерные различия не оказывают существенного влияния на состояние витамина D.

1.5. Методы диагностики недостаточности витамина D

Для оценки статуса витамина D в организме используется анализ крови на 25-гидроксивитамин D (25(OH)D), который является наиболее точным и информативным маркером обеспеченности организма этим витамином. Определение уровня 25(OH)D позволяет выявить дефицит, недостаточность или избыток витамина D, что имеет важное значение для диагностики и контроля лечения [60, 144, 211]. Показаниями к назначению данного анализа служат подозрение на недостаток витамина D, наличие заболеваний костей, таких как остеопороз [3] и остеомаляция, хронические заболевания почек или печени, а также нарушения всасывания в кишечнике. Анализ также необходим для мониторинга

эффективности терапии при приеме добавок витамина D и для оценки риска развития заболеваний, связанных с его дефицитом [51, 268].

«Золотым» стандартом в определении уровня витамина D считается метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с tandemной масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС), который обеспечивает высокую точность и специфичность. В клинической практике широко применяется и иммунохемилюминесцентный анализ (ИХЛА), обладающий достаточной чувствительностью и удобством проведения [60, 144, 211]. Подготовка к анализу не требует специальных мероприятий, при этом рекомендуется прекратить прием препаратов витамина D за пять дней до исследования для исключения влияния экзогенного источника на результаты. Анализ можно проводить в любое время суток, что облегчает его применение в повседневной практике. При диагностике гипервитаминоза D дополнительно исследуются уровни кальция и фосфора в крови и моче, а также показатели кальцитонина и паратиреоидного гормона (ПТГ), что позволяет оценить последствия избытка витамина D и его влияние на минеральный обмен [63, 213].

Статус витамина D наиболее часто оценивается по уровню сывороточной концентрации 25(OH)D, который считается основным биомаркером насыщения витамином D. При этом около 85–90% 25(OH)D связано с витамин D-связывающим белком (DBP), еще 10–15% - с альбумином, а свободная фракция составляет менее 1% от общего содержания. Свободный 25(OH)D способен проникать в клетки и непосредственно влияет на биологические процессы, в то время как его общий уровень служит удобным, но не всегда точным индикатором статуса витамина D, особенно в тех случаях, когда уровни DBP или альбумина изменяются (например, во время беременности, при некоторых заболеваниях печени или у пожилых людей) [65, 74, 96, 257, 282].

Некоторые ткани (например, почки и паращитовидные железы), имеющие комплекс megalin/cubilin, способны захватывать комплексы витамина D, связанных с DBP, что повышает значение свободного витамина D для местного синтеза активной формы $1,25(\text{OH})_2\text{D}$, которая действует в паракринном и аутокринном

режиме. В норме общий и свободный 25(OH)D коррелируют примерно на 60–70%, поэтому измерение свободных форм не требуется в большинстве клинических случаев, но является более информативным в упомянутых особых состояниях [103, 128, 198, 232]. Определение концентрации 1,25(OH)₂D также может быть полезно для диагностики редких состояний с низкими или, наоборот, повышенными уровнями активной формы витамина D, включая дефицит 1 α -гидроксилазы, витамин D-резистентный рахит, гранулематозные заболевания (саркоидоз, туберкулез) и гипофосфатемические синдромы [65, 92, 103, 128, 198, 232]. Современные методы жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией (LC-MS/MS) позволяют одновременно определить широкий спектр метаболитов витамина D (холекальциферол, 25(OH)D, 1,25(OH)₂D, 24,25(OH)₂D и другие), что открывает перспективы для комплексной оценки метаболизма и прогноза риска переломов, например, с помощью соотношения 24,25(OH)₂D к 25(OH)D, способного лучше предсказывать клинические исходы, чем уровень только 25(OH)D [104, 153, 216].

1.6. Источники витамина D

Витамин D поступает в организм двумя основными путями: за счет эндогенного синтеза в коже под воздействием ультрафиолетового излучения и с пищевыми продуктами. Эндогенный синтез обеспечивает около 80% необходимого витамина D₃. Ультрафиолетовое излучение имеет несколько спектров (А, В и С), которые отличаются длиной волны [237]. Преобразование 7-дегидрохолестерина в провитамин D₃ (который затем изомеризуется в холекальциферол) происходит при воздействии на кожу ультрафиолетовых лучей спектра В [33, 146]. Этот процесс зависит от ряда факторов, включая длину волны света, пигментацию кожи (чем темнее кожа, тем меньше синтезируется витамина D), возраста (в «стареющей» коже способность к синтезу снижается), уровня загрязненности атмосферы и использования солнцезащитных средств, которые уменьшают проникновение ультрафиолета [56, 118, 142]. Таким образом представляется очевидным, что

ключевым параметром, определяющим потенциальную эффективность инсоляции как метода профилактики развития недостаточности витамина D, является интенсивность ультрафиолетового излучения. В настоящее время она определяется с помощью УФ-индекса, который варьируется от 0 до 13 [44], и в разных географических регионах его интенсивность значительно отличается (Таблица 1).

Таблица 1 – УФ-индекс в различных регионах планеты

Регион	УФ-индекс летом	УФ-индекс зимой
Россия (Москва)	5-6	1-2
Россия (Сочи)	8-9	1-2
Россия (Воркута)	2-3	0-1
Австралия (Сидней)	2-3	11-13
Италия (Неаполь)	10-11	2-3
Испания (Кордова)	10-11	3-4

Пищевые источники витамина D представлены продуктами как животного, так и растительного происхождения. В первой группе к продуктам с высоким содержанием витамина D₃ относятся некоторые морепродукты и рыба. Так, в 100 граммах дикого лосося содержит от 600 до 1000 МЕ, сельди – до 1650 МЕ, сардин от 300 до 600 МЕ, консервированного тунца около 250 МЕ, а в столовой ложке рыбьего жира от 400 до 1000 МЕ. Также богата витамином D печень трески, в 100 граммах которой содержится от 4000 до 8500 МЕ, яичный желток (около 20 МЕ на желток), сливочное масло (около 50 МЕ на 100 грамм), говяжья печень (около 45 МЕ на 100 грамм), козье молоко (около 50 МЕ на 100 грамм) и твердые сорта сыров (около 25 МЕ на 100 грамм) [274]. К растительным продуктам, богатым витамином D₂ (эргокальциферолом), относятся грибы, подвергшиеся ультрафиолетовому излучению [222]. В ряде стран практикуется обогащение продуктов витамином D для увеличения его поступления в организм. К таким обогащенным продуктам относятся коровье молоко (115-130 МЕ на стакан), детские смеси, апельсиновый сок и соевое молоко [57, 127]. Необходимо отметить, что учитывая количественное содержание витамина D в продуктах питания и их не самую высокую доступность, рекомендации по увеличению их потребления могут быть оправданы и логичны как метод поддержания сывороточной концентрации 25(OH)D в пределах нормальных

значений, но не как единственный метод коррекции недостаточности и, тем более, дефицита витамина D.

1.7. Факторы риска развития недостаточности витамина D

Развитие недостаточности и дефицита витамина D обусловлено сочетанием целого комплекса внешних и внутренних факторов, влияющих на его синтез, поступление в организм человека и метаболизм. К классическим факторам риска относятся проживание в географических регионах с низкой инсоляцией (выше 40° северной широты) [35], время года [135, 234], использование солнцезащитных средств [134, 219], темная пигментация кожи [53, 136, 172] пожилой возраст (от 60 лет) [2, 34, 43, 47, 69], ожирение [123, 180, 246], хронические заболевания печени и почек [83, 91, 266], а также состояния, сопровождающиеся мальабсорбцией, такие как целиакия, муковисцидоз, воспалительные заболевания кишечника и последствия бариатрических операций [175, 233, 252]. Особую группу риска составляют беременные и кормящие женщины [15, 24, 35, 45], а также лица, вынужденные носить закрытую одежду по культурным или религиозным причинам [135, 234].

В последние годы активно обсуждается роль физической активности в формировании статуса витамина D. С одной стороны, регулярная физическая активность, особенно на открытом воздухе, способствует увеличению синтеза витамина D за счет большего воздействия ультрафиолетового излучения на открытые участки кожи. С другой стороны, у профессиональных спортсменов и лиц, подвергающихся высоким физическим нагрузкам, отмечается парадоксально высокая распространенность дефицита витамина D, несмотря на, казалось бы, оптимальные условия для его синтеза [70, 122]. Это связано с повышенным метаболизмом, возможным увеличением расхода и мобилизацией запасов витамина D во время интенсивных тренировок, а также с особенностями питания и использованием спортивной экипировки, ограничивающей воздействие ультрафиолетового излучения. Кроме того, у спортсменов с низким содержанием

жировой ткани наблюдается меньшая депонирующая способность организма по отношению к витамину D, что также может способствовать развитию в этой группе его дефицита [224, 251]. Отдельной группой риска можно считать юных спортсменов, которые учатся в школах. Это связано с тем, что в дневные часы с высоким уровнем естественной инсоляции, они обычно находятся в помещениях учебных заведений, а тренировки проходят либо рано утром, либо вечером, что существенно ограничивает как время воздействия УФ-излучения на кожу, так и его длительность [119, 160]. Это сочетание факторов приводит к повышенной вероятности недостаточности витамина D у таких юных спортсменов, несмотря на их активный образ жизни.

1.8. Влияние витамина D на физическую работоспособность

Витамин D может оказывать потенциально существенное влияние на физическую работоспособность за счет воздействия на различные аспекты регуляции мышечной функции, энергетического обмена и восстановительных процессов [101, 105]. Рецепторы витамина D экспрессируются в скелетных мышцах, а активный метаболит витамина D регулирует экспрессию генов, ответственных за дифференцировку, рост и восстановление мышечных волокон [101]. В целом ряде исследований продемонстрировано, что дефицит витамина D приводит к снижению мышечной силы, выносливости, ухудшению координации движений и увеличению риска травм, особенно у пожилых людей и спортсменов [70, 129]. Также продемонстрирована положительная корреляция между сывороточной концентрацией биохимического маркера витамина D 25(OH)D и такими показателями физической работоспособности, как мышечная сила, скорость и аэробная выносливость [67]. В частности, у детей и подростков с низким уровнем витамина D отмечается снижение силы и ловкости, а у спортсменов - ухудшение результатов в тестах на выносливость и мощность [67, 161]. Введение витамина D в составе диетических добавок у лиц с его исходным дефицитом способствует повышению максимального потребления кислорода, увеличению пиковой

мощности и ускоренному восстановлению после физических нагрузок. Однако эффект от приема витамина D на физическую работоспособность наиболее выражен у лиц с исходно низким статусом витамина D, тогда как у лиц с нормальным уровнем эффект менее выражен [105, 161, 199]. Так, в обзоре С.М. Wiciński и соавт. (2019) отмечается, что уровень сывороточной концентрации 25(OH)D тесно связан с функцией скелетных мышц, иммунной системы и общим состоянием здоровья [148]. В исследованиях, вошедших в данный обзор, продемонстрировано, что недостаточность и дефицит витамина D приводили к ухудшению мышечной функции, в том числе за счет атрофии «быстрых» (тип II) мышечных волокон, ответственных за мощные и взрывные движения, которые крайне важны для многих видов спорта, в которых ключевую роль играет сила [114]. Ряд исследований показали положительный эффект нормальных уровней витамина D на показатели физической работоспособности: увеличение мощности прыжка, скорости спринта, силы хвата, максимального потребления кислорода и общей аэробной выносливости [66, 191]. В частности, у спортсменов с исходным дефицитом витамина D наблюдались выраженные улучшения в данных показателях после его коррекции с помощью дополнительного приёма диетических добавок, содержащих холекальциферол. При этом у спортсменов с нормальным или близким к норме уровнем витамина D улучшение физической работоспособности после дополнительного приёма диетических добавок, содержащих холекальциферол, было менее заметным или отсутствовало вовсе [66, 191].

Тем не менее, существуют и исследования, которые не выявили статистически значимого влияния повышения сывороточной концентрации 25(OH)D на улучшение физической работоспособности, что, возможно, связано с различиями в исходных данных спортсменов, их возрастом, видом спорта (или дисциплиной) и протоколом исследования [264]. Кроме того, положительный эффект дополнительного приема витамина D на силу мышц и физическую работоспособность объясняется не только его влиянием на кальциевый обмен и костную ткань, но и воздействием на внутриклеточные сигнальные пути,

регулирующие рост и восстановление мышц, обмен глюкозы и высвобождение мышечных сигнальных молекул [178].

Так, в исследовании J. Mielgo-Ayuso и соавт. (2018) у спортсменов с нормальным статусом витамина D отмечали увеличение мышечной силы, выносливости и ускорение восстановления после нагрузок [115], а у спортсменов, получавших диетические добавки с холекальциферолом, наблюдали увеличение высоты вертикального прыжка на 7,1% и изометрической силы на 18,7% по сравнению со спортсменами контрольной группы, которые не принимали такие добавки [261]. В этом исследовании также обнаружено, что уровень сывороточной концентрации 25(OH)D также положительно коррелирует с аэробной производительностью спортсменов. Показано, что спортсмены с нормальным статусом витамина D демонстрируют более высокие показатели максимального потребления кислорода, что особенно важно для видов спорта (или отдельных дисциплин), требующих высокой выносливости. Так, у бегунов и футболистов с нормальным статусом витамина D отмечали более эффективное использование кислорода и снижение усталости во время продолжительных нагрузок [89, 115].

В обзоре P.B. Tomlinson и соавт. (2015) также отмечено статистически значимое влияние приема диетических добавок, содержащих холекальциферол на физическую работоспособность спортсменов. В исследованиях, включенных в обзор (310 взрослых профессиональных спортсменов из разных видов спорта и дисциплин), установлено, что пероральный прием различных добавок витамина D увеличивает показатели мышечной силы как верхних, так и нижних конечностей, включая статистически значимое улучшение показателей силы хвата, жима лежа, приседаний со штангой и изометрического сокращения четырехглавой мышцы бедра [231].

В исследовании J.C. Maroon и соавт. (2015) при изучении влияния уровня сывороточной концентрации 25(OH)D на физическую работоспособность профессиональных игроков в американский футбол, обнаружено, что более высокий ее уровень ассоциируется с лучшими спортивными результатами, в целом, и, как следствие, меньшим риском отчисления из команды [260]. В исследовании

G.L. Close и соавт. (2013) у спортсменов высокого уровня (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D менее 20 нг/мл) отмечали статистически значимое замедление постнагрузочного восстановления и повышенная утомляемость во время тренировочного и соревновательного процессов [66].

1.9. Влияние витамина D на травматизм

Воздействие витамина D и кальция на механизмы, благоприятно влияющие на ускорение заживления при стрессовых повреждениях костной ткани (СПКТ), достаточно долго оставалось объектом дискуссий [86, 173]. Еще несколько десятилетий назад не было данных о взаимосвязи их содержания в рационе и количеством СПКТ у спортсменов. Однако исследования, проведенные в последние годы, свидетельствуют об их позитивной роли в профилактике СПКТ [197, 201, 247]. Принято считать, что уровень сывороточной концентрации 25(OH)D менее 30 нг/мл является фактором риска развития СПКТ [247].

Важная роль витамина D в отношении риска развития СПКТ связано с тем, что он вместе с ПТГ играет решающую роль в поддержании гомеостаза кальция и фосфатов и достаточной плотности костной ткани. Основная функция паратиреоидного гормона как физиологического регулятора состояния костной ткани — контроль уровня циркулирующего ионизированного кальция. Воздействуя на кишечник, почки и кости, ПТГ способствует поддержанию содержания его уровня в сыворотке крови. ПТГ и витамин D образуют строго контролируемый цикл обратной связи, при этом ПТГ является основным стимулятором синтеза витамина D в почках, а витамин D оказывает отрицательную обратную связь на секрецию ПТГ.

В настоящее время существует множество свидетельств системного влияния витамина D на частоту развития СПКТ у физически активных представителей общей популяции [167]. Так, J. Larre и соавт. (2008) показали снижение числа СПКТ на 20% по сравнению с плацебо при приеме 2000 мг кальция и 800 МЕ витамина D у спортсменов во время тренировочных сборов [86]. В ряде

исследований с участием профессиональных спортсменов показано, что увеличение потребления кальция, витамина D и белка коррелирует с повышенной минеральной плотностью кости и снижает количество СПКТ [156, 173].

Кроме СПКТ, за счет влияния витамина D на гомеостаз кальция, можно предположить наличие негативного влияния дефицита витамина D на процессы, находящиеся в основе развития остеохондропатий, например болезни Осгуда-Шляттера (апофизита бугристости большеберцовой кости) [126]. В ряде исследований, посвященных выявлению наличия связи между развитием остеохондропатий и дефицитом или недостаточностью витамина D, показано, у всех детей с болезнью Осгуда-Шляттера выявлены дефицит или недостаточность витамина D, что свидетельствует о возможной важной роли его дефицита и недостаточности в патогенезе данного синдрома [126].

Учитывая механизмы действия витамина D становится очевидным его ключевое влияние на достаточную минерализацию костной ткани у детей, особенно в период скачка роста, когда наблюдается максимальная скорость увеличения костной массы и длины трубчатых костей [187].

1.10. Методы коррекции недостаточности витамина D

Коррекция недостаточности витамина D осуществляется с учетом степени дефицита, возраста, сопутствующих заболеваний и индивидуальных особенностей пациентов [4, 14]. В настоящее время существуют различные подходы, отраженные в национальных и международных клинических рекомендациях. Согласно проекту федеральных клинических рекомендаций Российской Федерации, при дефиците витамина D (уровень 25(OH)D < 20 нг/мл) взрослым людям рекомендуется суммарная насыщающая доза холекальциферола 400 000 МЕ в течение короткого временного периода (оптимально - 50 000 МЕ один раз в неделю в течение 8 недель, с последующим переходом на поддерживающие дозы 1500–2000 МЕ ежедневно или 6000–14 000 МЕ еженедельно). При недостаточности (уровень 25(OH)D в диапазоне 20–29 нг/мл) используется половина насыщающей дозы [9, 12]. При этом

для лиц с ожирением, мальабсорбцией и принимающих препаратов, влияющих на метаболизм витамина D (например, противоэпилептических препаратов) [107, 210], для коррекции дефицита рекомендуются использование еще более высокой суммарной насыщающей дозы в диапазоне от 800 000 до 1 200 000 МЕ) [19], а пожилым людям и пациентам с хроническими заболеваниями печени и почек рекомендуется круглогодичный прием профилактических доз витамина D (800–4000 МЕ в сутки) [34].

Схожей тактики коррекции дефицита витамина D придерживаются и такие авторитетные международные сообщества, как Endocrine Society (Эндокринологическое сообщество) и International Osteoporosis Foundation (Международная ассоциация остеопороза), рекомендующие для взрослых людей в случаях выраженного дефицита прием еженедельный прием 50 000 МЕ в течение 6–8 недель с последующим переходом на поддерживающие суточные профилактические дозы 600–800 МЕ (а для лиц старше 70 лет в диапазоне 800–1000 МЕ). В некоторых случаях допускается парентеральное введение витамина D, однако пероральный путь считается предпочтительным [96, 185].

Коррекция дефицита витамина D у детей основывается на современных клинических рекомендациях, которые учитывают их возраст, степень дефицита и наличие сопутствующих факторов риска. Согласно отечественным методическим рекомендациям и национальной программе по недостаточности витамина D у детей и подростков, при подтвержденном дефиците витамина D (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D менее 20 нг/мл) назначается высокодозная терапия холекальциферолом, которая обеспечивает быстрое восполнение запасов этого витамина и последующее поддержание его оптимального уровня. Рекомендован прием холекальциферола в дозе 2000 МЕ в сутки в течение в течение 6–8 недель [20, 36, 49]. В некоторых схемах применяется еженедельный прием 50 000 МЕ уже эргокальциферола в течение 6–8 недель с последующим переходом на поддерживающую терапия в суточной дозе 1000–1500 МЕ, которая продолжается до достижения и поддержания уровня 25(OH)D выше 30 нг/мл. Дозировки могут корректироваться с учетом возраста, массы тела и сопутствующих заболеваний.

Например, у детей с ожирением или нарушением всасывания дозы могут быть увеличены в 2–3 раза [20, 49].

1.11. Побочные эффекты и токсические дозы витамина D

Побочные эффекты (ПЭ) витамина D связаны, в первую очередь, с развитием гипервитаминоза и гиперкальциемии, возникающих при длительном приеме его высоких доз. Токсичность витамина D развивается, как правило, при приеме суточных доз превышающих 30 000 МЕ в течение нескольких месяцев, что приводит к повышению сывороточной концентрации 25(OH)D выше 150 нг/мл [272]. Клинические проявления в таких случаях могут включать в себя тошноту, рвоту, полиурию, слабость, нарушения сознания [272]. У детей токсичность развивается быстрее, чем у взрослых, и может проявляться при приеме суточной дозы 40 000 МЕ в течение уже одного месяца [270]. При этом необходимо отметить, что развитие токсических эффектов может развиваться только при приеме высоких суточных доз (например, 30 000-50 000 МЕ в день на протяжении нескольких месяцев [165, 271] или непреднамеренном одномоментном приеме в дозах в диапазоне от 240 000 до 4 500 000 МЕ [165, 271, 275]. В то же время, даже в таких ситуациях частота развития подобных эффектов минимальна, и они никогда не приводят к развитию опасных для жизни состояний. Так, согласно данным исследования J.P. Lee и соавт. (2018) с участием 73 779 пациентов, частота развития таких состояний при приеме диетических добавок, содержащих разные формы витамина D составила 0,00005% - 4 случая среди которых запор, потеря массы тела, боли в животе и тошнота, возраст этих пациентов составил 4 месяца, 3 года, 63 года и 70 лет [271].

Различают две основные формы токсичности витамина D: экзогенная и эндогенная. Первая из них возникает вследствие неконтролируемого приема высоких доз препаратов витамина D, содержащих холекальциферол или его метаболитов, таких как кальцифедиол [272]. Кальцифедиол приводит к более быстрому нарастанию сывороточной концентрации 25(OH)D по сравнению с

холекальциферолом, но благодаря меньшей липофильности, а следовательно, и меньшей степени депонирования в жировой ткани, его токсические эффекты потенциально менее опасны и легче купируются [85]. Эндогенная токсичность развивается при заболеваниях, сопровождающихся нерегулируемой внепочечной продукцией $1,25(\text{OH})_2\text{D}$, таких как саркоидоз и другие гранулематозные заболевания, некоторые лимфомы, или вследствие генетических нарушений, например, мутаций в гене *CYP24A1*, кодирующем фермент, инактивирующий метаболиты витамина D (идиопатическая инфантильная гиперкальциемия) [63, 132, 272].

Ключевым биохимическим маркером развившейся экзогенной токсичности витамина D является значительное повышение сывороточной концентрации $25(\text{OH})\text{D}$, обычно превышающее 150 нг/мл [130, 165]. При этом уровень $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ часто находится в пределах нормы или даже снижен из-за подавления активности почечной 1α -гидроксилазы гиперкальциемией и низким паратиреоидным гормоном. Напротив, для эндогенной токсичности витамина D характерно повышение именно уровня $1,25(\text{OH})_2\text{D}$. Общими для обеих форм токсичности витамина D лабораторными признаками являются гиперкальциемия (сывороточная концентрация общего кальция $> 12\text{--}16$ мг/дл), гиперкальциурия (> 8 ммоль/сут), гипофосфатемия (концентрация фосфата в сыворотке крови $< 2,5$ мг/дл ($0,81$ ммоль/л)) и выраженное подавление уровня ПТГ [147, 214, 277].

Клинические проявления токсичности витамина D являются прямым следствием гиперкальциемии и могут затрагивать множество органов и систем. Со стороны желудочно-кишечного тракта наблюдаются тошнота, рвота, анорексия, запоры, боль в животе [93]. Эффекты со стороны выделительной системы включают полиурию, полидипсию, нефрокальциноз, нефролитиаз и острую или хроническую почечную недостаточность [93, 164]. Неврологические симптомы варьируют от невыраженной мышечной слабости и утомляемости до спутанности сознания, дезориентации и комы [93, 269]. Эффекты со стороны сердечно-сосудистой системы проявляются укорочением интервала QT на электрокардиограмме и аритмиями. У детей при хронической эндогенной

токсичности витамина D описаны задержка развития, остеосклероз и раннее закрытие родничков [63, 93, 269]. Хроническая эндогенная токсичность витамина D может привести к необратимому повреждению почек и сердечно-сосудистой системы [214, 218].

Диагностика токсичности витамина D основывается на сочетании сбора анамнеза (прием высоких доз витамина D или его метаболитов), характерной клинической картины гиперкальциемии и подтверждающих лабораторных данных (высокий 25(OH)D или 1,25(OH)₂D, гиперкальциемия, гипофосфатемия, низкий уровень ПТГ). Важна дифференциальная диагностика с другими причинами гиперкальциемии, такими как первичный гиперпаратиреоз, злокачественные новообразования (особенно с гуморальной гиперкальциемией), тиреотоксикоз, длительная иммобилизация [168, 214].

Лечение токсичности витамина D включает немедленную отмену всех препаратов витамина D и кальция, обильное питье, а при необходимости - применение глюкокортикоидов и бисфосфонатов для снижения уровня кальция [272]. Основой терапии является продолжительная регидратация изотоническим раствором хлорида натрия для восстановления объема циркулирующей крови и усиления кальциуреза [169]. Для подавления костной резорбции применяются бисфосфонаты (памидронат, золедроновая кислота). Глюкокортикоиды (преднизолон, гидрокортизон) эффективны при эндогенной токсичности витамина D (гранулематозы) и частично при экзогенной, так как снижают кишечную абсорбцию кальция и могут ингибировать внепочечный синтез 1,25(OH)₂D [190]. Кальцитонин используется как средство экстренной терапии при очень высоком уровне кальция (>14 мг/дл) благодаря быстрому, хотя и кратковременному, эффекту [63, 190]. При развитии почечной недостаточности или рефрактерной гиперкальциемии показан гемодиализ с бескальциевым диализатом. Прогноз при своевременном и адекватном лечении обычно благоприятный, однако риск хронического повреждения почек сохраняется [153, 272].

В контексте профилактики токсичности витамина D критически важен рациональный подход к назначению и мониторингу терапии витамином D, так как

существуют группы пациентов, нуждающиеся в обязательном мониторинге сывороточной концентрации 25(OH)D через 8-12 недель после начала терапии. К ним относятся лица с ожирением, мальабсорбцией [245] (воспалительные заболевания кишечника, целиакия, состояние после бариатрических операций), хронической болезнью почек [121], первичным гиперпаратиреозом, а также пациенты, принимающие лекарства, влияющие на метаболизм витамина D (глюкокортикоиды, антиконвульсанты) [79]. Пациенты, получающие антирезорбтивные препараты (деносумаб, золедроновая кислота), также требуют регулярного (обычно ежегодного) контроля уровня витамина D согласно существующим протоколам лечения [79]. Целевым уровнем 25(OH)D при лечении дефицита считается диапазон 30-50 нг/мл (75-125 нмоль/л).

Таким образом, развитие токсичности витамина D является предотвратимым состоянием. Диагноз токсичности витамина D должен всегда рассматриваться при обследовании пациентов с гиперкальциемией, особенно при наличии указаний на прием лекарственных препаратов и диетических добавок, содержащих различные формы витамина D.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Общая характеристика участников и этапов исследования

2.1.1. Критерии включения, невключения и исключения

На I этапе (1 часть) критериями включения были возраст начала регулярных тренировок в диапазоне 6-8 лет, постоянное членство в организованных юношеских командах высокого уровня, постоянное проживание в географическом регионе с низким уровнем инсоляции в течение трех месяцев, предшествующих проведению исследования, отсутствие пропущенных тренировок из-за травм или заболеваний в течение месяца, предшествующего исследованию, подписанное информированное согласие на участие в исследовании участником и/или его законным представителем.

На I этапе (2 часть) критериями включения были возраст начала регулярных тренировок в диапазоне 6-8 лет, постоянное членство в организованных юношеских командах высокого уровня, постоянное проживание в географическом регионе с низким уровнем инсоляции в течение трех месяцев, предшествующих проведению исследования, отсутствие пропущенных тренировок из-за травм или заболеваний в течение месяца, предшествующего исследованию, подписанное информированное согласие на участие в исследовании участником и/или его законным представителем.

На II этапе исследования критериями включения были возраст начала регулярных тренировок в диапазоне 6-8 лет, постоянное членство в организованных юношеских командах высокого уровня, постоянное проживание в географическом регионе с низким уровнем инсоляции в течение трех месяцев, предшествующих проведению исследования, отсутствие пропущенных тренировок из-за травм или заболеваний в течение месяца, предшествующего исследованию, опыт участия в физических тестах, используемых в исследовании, подписанное информированное

согласие на участие в исследовании участником и/или его законным представителем.

На III этапе исследования критериями включения были постоянное проживание в географическом регионе с низким уровнем инсоляции в течение трех месяцев, предшествующих проведению исследования, лабораторно подтвержденный дефицит витамина D на I этапе исследования, отсутствие пропущенных тренировок из-за травм или заболеваний в течение месяца, предшествующего исследованию, подписанное информированное согласие на участие в исследовании участником и/или его законным представителем.

На I этапе исследования (1 часть) критериями невключения были травмы и заболевания, обуславливающие пропуск более трех тренировочных занятий в течение трех месяцев, предшествующих проведению исследования, отказ от участия в исследовании, прохождение углубленного медицинского освидетельствования и сдача крови отдельно от основной массы участников исследования или в другой клинике и/или лаборатории.

На I этапе исследования (2 часть) критериями невключения были травмы и заболевания, обуславливающие пропуск более трех тренировочных занятий в течение трех месяцев, предшествующих проведению исследования, отказ от участия в исследовании, прохождение углубленного медицинского освидетельствования и сдача крови отдельно от основной массы участников исследования или в другой клинике и/или лаборатории.

На II этапе исследования критериями невключения были травмы и заболевания, обуславливающие пропуск более трех тренировочных занятий в течение трех месяцев, предшествующих проведению исследования, отказ от участия в исследовании, прохождение углубленного медицинского освидетельствования и сдача крови отдельно от основной массы участников исследования или в другой клинике и/или лаборатории.

На III этапе исследования критериями невключения были аллергические реакции, связанные с использованием диетической добавки, содержащей холекальциферол в анамнезе, верифицированные нарушения всасывания в

желудочно-кишечном тракте в анамнезе, заболевания пищеварительной системы в течение трех месяцев до начала участия в исследовании (важно отметить, что все участники исследования один раз в шесть месяцев проходили углубленное медицинское освидетельствование (УМО) согласно Приказу Министерства здравоохранения РФ от 23 октября 2020 г. N 1144н, и по результатам УМО они все получили допуск к участию в тренировках и играх без ограничений), травмы и заболевания, обуславливающие пропуск более трех тренировочных занятий в течение трех месяцев, предшествующих проведению исследования, отказ от участия в исследовании, прохождение углубленного медицинского освидетельствования и сдача крови отдельно от основной массы участников исследования или в другой клинике и/или лаборатории.

На I этапе исследования (1 часть) критериями исключения были отказ от дальнейшего участия в исследовании на любом из его этапов. На I этапе исследования (2 часть) критериями исключения были отказ от дальнейшего участия в исследовании на любом из его этапов, самостоятельный прием добавок с витамином D (холекальциферолом и/или эргокальциферолом)

На II этапе исследования критериями исключения были отказ от дальнейшего участия в исследовании на любом из его этапов, травма, полученная во время проведения тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков.

На III этапе исследования критериями исключения были отказ от дальнейшего участия в исследовании на любом из его этапов, развившееся патологическое состояние, связанное с приемом витамина D, развившееся заболевание, не связанное с приемом витамина D, пропуск приема витамина D совместно со всей группой участников из-за каких-либо других причин кроме болезни, развившаяся аллергическая реакция, связанная с использованием диетической добавки, содержащей холекальциферол во время исследования, самостоятельный прием диетических добавок, содержащих холекальциферол и/или эргокальциферол.

2.1.2. Этапы исследования

В исследовании, состоящем из трех этапов, приняли участие 209 юных футболистов в возрасте от 7 до 18 лет (Рисунок 1, Таблица 2).

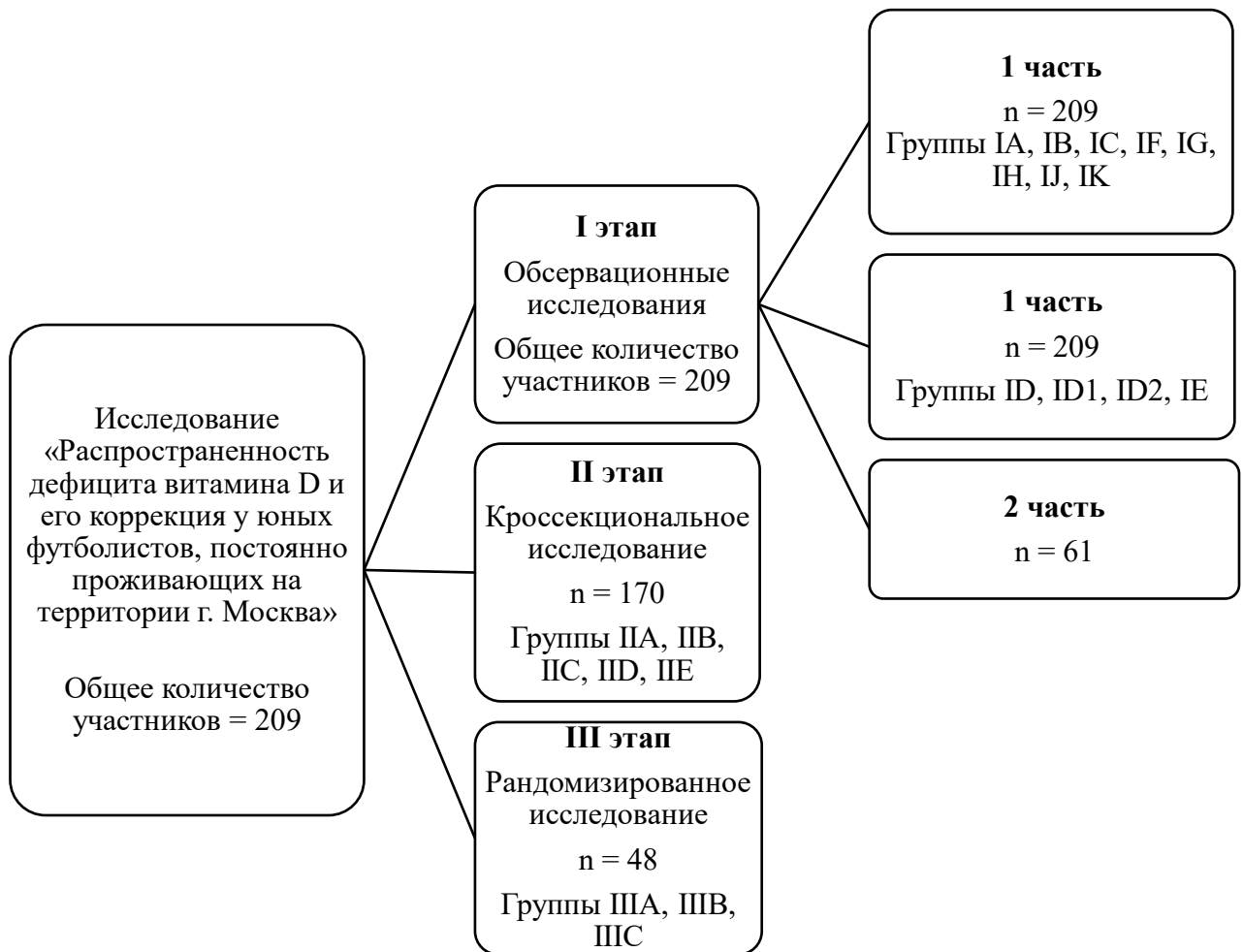


Рисунок 1 – Схема этапов исследования

Первый из них состоял из двух частей. В первой части проводили оценку распространенности недостаточности и дефицита витамина D, эффективности самостоятельно используемых методов профилактики его недостаточности и влияние «скачка роста» на сывороточную концентрацию 25(OH)D. Во второй части I этапа изучали влияние тренировок на открытом воздухе в весенне-летний период на сывороточную концентрацию 25(OH)D.

Таблица 2 – Распределение участников исследования на группы в зависимости от этапа

Этап	Часть	Группа
I этап	1	IA – участники младшей возрастной группы (6-9 лет) IB – участники средней возрастной группы (10-14 лет) IC – участники старшей возрастной группы (15-18 лет) ID – участники, самостоятельно принимающие диетические добавки, содержащие холекальциферол ID1 – участники, самостоятельно принимающие диетические добавки, содержащие холекальциферол, и которые знают точную дозу, которую они принимают ID2 – участники, самостоятельно принимающие диетические добавки, содержащие холекальциферол, и которые не знают точную дозу, которую они принимают IE – участники, самостоятельно не принимающие диетические добавки, содержащие холекальциферол IF – участники, находящиеся в фазе скачка роста IG – участники, находящиеся вне фазы скачка роста IK – участники с нормальным статусом витамина D IJ – участники с недостаточным статусом витамина D IK – участники с дефицитным статусом витамина D
	2	–
II этап	–	ПА – участники с нормальным статусом витамина D ПВ – участники с недостаточным статусом витамина D ПС – участники с дефицитным статусом витамина D PD – участники, относящиеся к 25 перцентилю (низшему) по уровню сывороточной концентрации 25(OH)D PE – участники, относящиеся к 75 перцентилю (наивысшему) по уровню сывороточной концентрации 25(OH)D
III этап	–	ША – участники, которым выдавали диетическую добавку с холекальциферолом 15 000 МЕ (основная группа) ШВ – участники, которым не выдавали диетическую добавку с холекальциферолом 15 000 МЕ (контрольная группа)

В феврале у 209 юных спортсменов произведен первый забор крови (точка 1). В день забора крови они (или их законные представители) также заполнили опросник по изучению самостоятельного использования методов профилактики недостаточности и дефицита витамина D. На этом этапе также выполнено определение антропометрических показателей, скелетного возраста и фазы роста юных спортсменов. Во второй части I этапа участвовали спортсмены, которые по итогам первой части исследования имели верифицированный в результате

гематологического скрининга дефицит витамина D ($25(\text{OH})\text{D} < 20$ нг/мл), но не принимавшие на протяжении шести месяцев после первого забора крови (точка 1) диетические добавки, содержащие любую из форм витамина D. В августе им произведен забор крови (точка 3) для оценки влияния инсоляции в весенне-летний период на статус витамина D у юных спортсменов.

На II этапе исследования проведено корреляционное исследование для оценки влияния статуса витамина D на физические качества (скорость и сила) и спортспецифичные навыки (бег со сменой направления, дриблинг). Участие в исследовании приняли 170 юных спортсменов, которые подошли под критерии включения. На этом этапе был произведен расчет корреляции между результатами, полученными после забора крови в точке 1 и результатами тестирований физических качеств и спортспецифичных навыков.

На III этапе исследования спортсмены, у которых по итогам забора крови в точке 1 диагностирован верифицированный в результате гематологического скрининга дефицит витамина D ($25(\text{OH})\text{D} < 20$ нг/мл), рандомизированы на две группы (основную и контрольную), состоящих из 25 и 23 человек, соответственно. Участники основной группы получали диетические добавки, содержащие холекальциферол в дозе 15 000 МЕ один раз в неделю в течение шести недель, а участники контрольной группы не получала ничего. В мае у них был произведен второй забор крови (точка 2) для оценки влияния перорального приема диетических добавок, содержащих холекальциферол на сывороточную концентрацию $25(\text{OH})\text{D}$.

2.1.3. Распределение участников по возрасту

В обсервационном исследовании, которое входило в I этап (1 часть) приняли участие 209 воспитанников ведущей футбольной академии в возрасте от 7 до 18 лет (средний возраст $12,79 \pm 3,04$ лет), которые постоянно проживали в городе Москва, то есть в географическом регионе с низким уровнем инсоляции и на протяжении последних трех месяцев тренировавшихся в вечернее время или в помещении. На этом же этапе для изучения возможного влияния возраста на статус витамина D все

участники разделены на три группы: младшая возрастная группа - IA (6-9 лет, средний возраст $8,36 \pm 0,92$ года), средняя возрастная группа -IB (10-14 лет, средний возраст $12,18 \pm 1,49$ года) и старшая возрастная группа IC (15-18 лет, средний возраст $16,33 \pm 1,07$). В обсервационном исследовании I этапа (2 часть), посвященном изучению влияния инсоляции на сывороточную концентрацию 25(OH)D, принял участие 61 юный футболист в возрасте от 7 до 18 лет (средний возраст $13,28 \pm 2,76$ лет), с верифицированным в результате гематологического скрининга дефицитом витамина D ($25(\text{OH})\text{D} < 20$ нг/мл) и не принимавших на протяжении шести месяцев после первого забора крови диетических добавок, содержащих витамин D.

На II этапе, в кроссекционном исследовании, посвященном изучению влияния статуса витамина D на результаты тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков, приняли участие 170 юных футболистов в возрасте от 7 до 18 лет (средний возраст $13,30 \pm 2,80$ лет), на протяжении не менее трех последовательных зимних месяцев, тренирующихся в вечернее время или в помещении.

На III этапе в рандомизированном исследовании приняли участие 48 юных футболистов, у которых по результатам взятия крови в точке 1 обнаружен дефицит витамина D (сывороточная концентрация 25(OH)D менее 20 нг/мл). Для обеспечения однородности возрастных характеристик участников и минимизации возрастных факторов, которые могли бы повлиять на результаты, участники с одинаковыми возрастными показателями с помощью программы рандомизации распределены между двумя группами: основную - IIIA ($n=25$; средний возраст= $13,01 \pm 2,78$ лет) и контрольную - IIIB ($n=24$; средний возраст= $12,30 \pm 3,14$ лет), участники которых имели идентичного режима учебы и тренировок.

Участники каждого из этапов исследования постоянно проживали в городе Москва и обучались в футбольной академии, которая по классификации Российского футбольного союза относится к «футбольным академиям высшего уровня».

2.1.4. Распределение участников в зависимости от самостоятельно используемых методов профилактики дефицита и недостаточности витамина D

Для изучения эффективности самостоятельно используемых методов профилактики, все участники, заполнили опросник по изучению самостоятельного использования методов профилактики недостаточности и дефицита витамина D «food frequency and lifestyle questionnaire» (FFLQ) (n=209). По результатам опроса они были разделены на две группы (ID и IE). В группу ID вошли футболисты, которые самостоятельно использовали диетические добавки для профилактики недостаточности и дефицита витамина D (n=110), а в группу IE – спортсмены, которые этого не делали (n=99). Затем, все спортсмены, прошедшие опрос снова были разделены на две группы. В первую из них включили футболистов, которые знали дозировки используемых ими диетических добавок, содержащих холекальциферол – ID1 (n=18), а во вторую – те, которые не знали дозировку ID2 (n=92). Необходимо отметить, что разделение на группы в зависимости от используемых методов профилактики недостаточности и дефицита витамина D не проводилось, так как прием диетических добавок, содержащих холекальциферол был единственным используемым методом профилактики.

2.1.5. Распределение участников в зависимости от нахождения в фазе скачка роста

При изучении влияния скачка роста на сывороточную концентрацию 25(OH)D, футболисты были разделены на две группы. В первую из них включили спортсменов, находящихся по данным ультразвукового исследования на аппарате BAUSport (SonicBone Medical LTD, Израиль) в фазе скачка роста – IF (n=47), а во вторую – спортсменов, которые находились вне скачка роста – IG (n=162).

2.1.6. Распределение участников в зависимости от статуса витамина D

На I этапе (1 часть) исследования приняли участие 209 человек (средний уровень 25(OH)D $27,45 \pm 11,48$ нг/мл), которые были разделены на три группы в зависимости от статуса витамина D (IН, IJ, IK). В группу IН включили 73 юных футболиста с нормальным уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D (25(OH)D >30 нг/мл). В группу IJ включили 80 юных футболистов с недостаточностью витамина D (25(OH)D 20-30 нг/мл). В группу IK включили 56 юных футболистов с дефицитом витамина D (25(OH)D <20 нг/мл).

Также на II этапе исследования при изучении влияния статуса витамина D на физические качества и спортспецифичные навыки, юные футболисты были разделены на две группы в соответствии с перцентильным распределением сывороточной концентрации 25(OH)D (IID и IIE). В группу IID включили 43 юных футболиста, входящих в первый квартиль по уровню сывороточной концентрации 25(OH)D, в группу IIE – 43 юных футболистов, относящихся к четвертому квартилю.

2.1.7. Распределение участников группы в зависимости от типа вмешательства на третьем этапе исследования

На III этапе исследования приняли участие 48 юных футболистов из футбольной академии, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, у которых по результатам первого взятия крови (точка 1) в феврале 2024 года был обнаружен дефицит витамина D (сывороточная концентрация 25(OH)D <20 нг/мл). Для обеспечения однородности возрастных характеристик участников и минимизации возрастных факторов, которые могли бы повлиять на результаты, участники с одинаковыми возрастными показателями с помощью программы рандомизации были распределены между двумя группами: основную - IIIА (n=25, средний возраст $13,0 \pm 2,78$ лет) и контрольную - IIIВ (n=23, средний возраст $12,3 \pm 3,14$ лет). Участники группы IIIА получали 15 000 МЕ

холекальциферола еженедельно в течение 6 недель (суммарная дозировка холекальциферола составила 90 000 МЕ), в то время как группа ПВ не получала никаких добавок.

2.2. Клинико-инструментальные и лабораторные методы исследования

2.2.1. Измерение антропометрических показателей

Все измерения антропометрических показателей выполнены в соответствии со стандартами Международного общества кинантропометрии (The International Society for the Advancement of Kinanthropometry, ISAK) сертифицированными специалистами. Для измерения роста участников использовали портативный стадиометр модели Seca-217 (Seca, Германия) (Рисунок 2), размещенный на твердой плоской поверхности. Для измерения массы участников использовались напольные весы модели Seca-813 (Seca, Германия) (Рисунок 3), размещенные на твердой плоской поверхности. Измерения роста и массы тела проводились сразу после прибытия участников на место проведения исследования, не менее чем через три часа после последнего приема пищи (привычного участникам завтрака). Во время измерений участники были в шортах и майке, а также в носках (Рисунок 4). Для расчета индекса массы тела использовали формулу: $ИМТ = \text{масса (кг)} : \text{рост (м)}^2$.



Рисунок 2 – Портативный стадиометр модели Seca-217 (Seca, Германия)



Рисунок 3 – Напольные весы модели Seca-813 (Seca, Германия)



Рисунок 4 – Измерение роста и массы тела спортсменов

2.2.2. Определение статуса скачка роста

Определение статуса скачка роста производили с использованием ультразвукового аппарата для оценки скелетного возраста BAUSport (SonicBone Medical LTD, Израиль) (Рисунок 6) со встроенным программным обеспечением, неоднократно использовавшийся в исследованиях высокого методологического качества на сравнимой выборке и подтвердивший свою надежность [81, 94, 97, 228]. Ультразвуковой аппарат BAUSport оценивает скелетный возраст на основе ультразвукового исследования трех анатомических участков левой верхней конечности: дистальных отделов лучевой и локтевой костей и пястных костей.

Методология проведения исследования:

Аппарат устанавливали на устойчивую поверхность, чтобы исключить вибрации и смещения во время выполнения процедуры. Высота стула для

участника подбирали индивидуально, чтобы обеспечить естественное и комфортное положение руки. Перед началом измерений участники снимали все украшения: кольца, браслеты, часы, контактные точки на запястье и пястных костях обозначались смываемым маркером. На каждую из трех зон равномерно наносили слой ультразвукового геля для обеспечения надежного акустического контакта между датчиками и кожей. Во время измерения локоть участника касался верхней части прибора, при этом кисть располагалась параллельно поверхности устройства. Для получения достоверного результата измерения проводились в строго определенной последовательности: 1 - область лучевой и локтевой костей, 2 - проксимальная фаланга среднего пальца, 3 – дистальные отделы пястных костей (Рисунок 5).



Рисунок 5 – (А–В) Последовательность выполнения ультразвукового исследования определения статуса скачка роста

На основе скорости распространения ультразвуковых волн в костной ткани и коэффициента затухания (т. е. скорости ослабления сигнала) алгоритм, основанный на методике оценки скелетного возраста, разработанной Таннером и Уайтхаузом [87], рассчитывал скелетный возраст и прогнозируемый рост во взрослом возрасте. Общая продолжительность сканирования составила 20 секунд: 12 секунд для области лучевой и локтевой костей, и по 4 секунды для проксимальной фаланги и дистальной пястной кости.

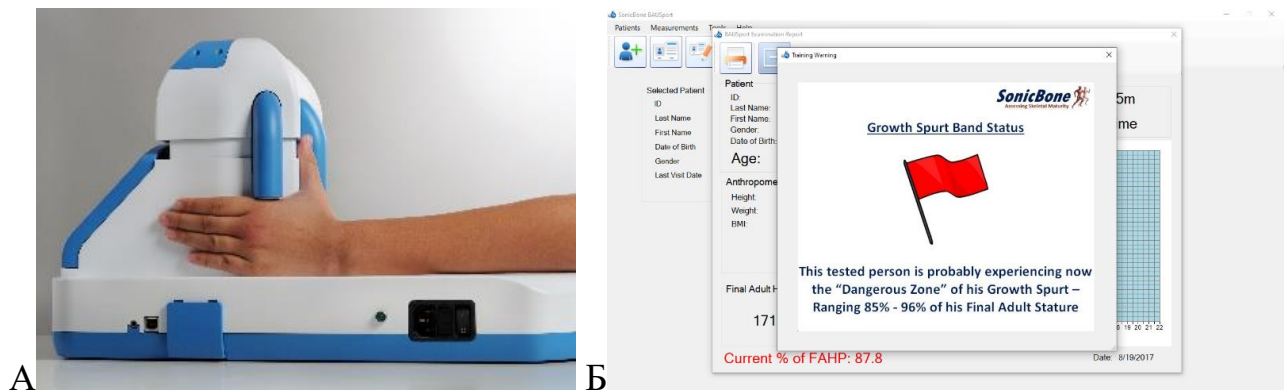


Рисунок 6 – (А) Ультразвуковой аппарат BAUSport (SonicBone Medical LTD, Израиль), (Б) Пример окна программы, используемой при работе с ультразвуковым аппаратом BAUSport

Идентификация участников, находящихся в момент исследования в фазе скачка роста, производится аппаратом автоматически на основании сравнения роста участника в момент исследования с его предполагаемым максимальным ростом. Скачок роста определяется как достижение участником исследования роста в диапазоне от 85 до 96% от предполагаемого максимального роста. Определение предполагаемого максимального роста производится посредством встроенного программного обеспечения с использованием разных алгоритмов, выбор которых происходит на основании полученных в ходе проведения исследования данных. Одним из данных алгоритмов выступает методика Хамиса и Роше, которая предложена и апробирована в 1994 году с участием здоровых белокожих подростков, постоянно проживающих в США [157]. Формула Хамиса-Роше для идентификации участников, находящихся в момент исследования в фазе скачка роста определения статуса соматического созревания представлена ниже, где β_0 , β_1 , β_2 , β_3 – коэффициенты, доступные в Приложении Г.

$$\begin{aligned} &\text{Прогнозируемый рост взрослого человека} = \\ &\beta_0 + \beta_1 \times \text{рост ребенка (дюймы)} + \beta_2 \times \text{масса тела ребенка (фунты)} \\ &+ \beta_3 \times \text{средний рост биологических родителей (дюймы)} \end{aligned}$$

Ключевой особенностью данного метода является то, что ее использование не требует данных о скелетном возрасте участников и может использоваться в качестве самостоятельного легкодоступного метода определения статуса соматического созревания у юных спортсменов в возрасте от 6 до 18 лет [77, 95, 171, 226].

2.2.3. Гематологический скрининг

Образцы крови для определения сывороточной концентрации 25(OH)D и основных маркеров кальциево-фосфорного обмена (кальций ионизированный, кальций, паратиреоидный гормон, фосфор) получены в ходе двух плановых предсезонных медицинских освидетельствований юных спортсменов в феврале и августе, а также одного внепланового обследования в мае. Забор крови проводили натошак между 8:00 и 10:00 утра из кубитальной вены сертифицированным специалистом со средним медицинским образованием. Все спортсмены были проинструктированы о необходимости отдыха в день, предшествующий забору крови. Анализ общего содержания сывороточной концентрации 25(OH)D и других маркеров кальциево-фосфорного обмена (кальций ионизированный, кальций, паратиреоидный гормон, фосфор) производили на одном и том же оборудовании в одной лаборатории.

Анализ общего содержания сывороточной концентрации 25(OH)D и других маркеров кальциево-фосфорного обмена (кальций ионизированный, кальций, паратиреоидный гормон, фосфор) проводили методом жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (Agilent, США) в сочетании с масс-детектором AB Sciex 3200 MD (Sciex, США) [137, 257]. После соответствующей пробоподготовки образцов, хроматографическое разделение компонентов сыворотки осуществляли на обращенно-фазовой колонке с использованием градиентного элюирования. Детектирование и количественное определение сывороточной концентрации 25(OH)D проводили методом tandemной

масс-спектрометрии в режиме мониторинга множественных реакций, что обеспечило высокую специфичность и чувствительность метода.

Обеспеченность витамином D оценивали по общему уровню сывороточной концентрации 25(OH)D, который в настоящее время считается наиболее подходящим для отражения запасов витамина D в организме [96, 137, 257]. Для определения статуса витамина D использовали классификацию, согласно которой дефицит витамина D определяется при его уровне менее 20 нг/мл, недостаточность - при уровне 20-30 нг/мл, нормальные значения - при уровне выше 30 нг/мл [144].

После получения результатов анализа сывороточной концентрации 25(OH)D проведен сравнительный анализ данных. Уровни витамина D у участников исследовали с учетом временных периодов с различной инсоляцией, что позволило выявить динамику изменений между зимним и весенне-летним сезонами. На основании полученных данных проводили статистические сравнения, включая анализ перехода участников между категориями дефицита, недостаточности и нормы.

2.2.4. Классификация недостаточности витамина D

Классификация статуса витамина D в организме человека основывается на измерении сывороточной концентрации 25-гидроксивитамина D (25(OH)D), что является наиболее информативным показателем для оценки запасов этого витамина [99, 120]. Современные клинические рекомендации выделяют несколько уровней статуса витамина D, каждый из которых характеризуется определенными физиологическими и клиническими последствиями [100, 185]. Выраженный дефицит витамина D диагностируется при уровне 25(OH)D менее 10 нг/мл. Дефицит витамина D, определяемый как уровень ниже 20 нг/мл, связан с повышенным риском потери костной массы, развитием вторичного гиперпаратиреоза, а также увеличением частоты падений и переломов, что делает эту категорию критически важной для клинического мониторинга и коррекции. Недостаточность витамина D определяется при концентрациях 25(OH)D в

диапазоне от 20 до 30 нг/мл (от 50 до 75 нмоль/л). В этом диапазоне риск потери костной ткани и вторичного гиперпаратиреоза считается низким, однако такие уровни могут быть недостаточными для достижения оптимального состояния здоровья костей у некоторых групп пациентов, в том числе у пациентов с избыточной массой тела и ожирением и физически активных людей [70, 180]. Нормальный статус витамина D, который обеспечивает оптимальное подавление паратиреоидного гормона и минимизацию потери костной массы, а также снижает риск падений и переломов примерно на 20%, соответствует сывороточной концентрации 25(ОН)D равной или превышающей 30 нг/мл (75 нмоль/л). Уровни 25(ОН)D, превышающие 150 нг/мл (375 нмоль/л), считаются потенциально токсичными и связаны с риском гиперкальциемии и других осложнений [100, 149, 185].

2.2.5. Тестирование физической работоспособности и спортспецифичных навыков

Тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков проходили на футбольном поле с искусственным газоном с 11:00 до 15:00, температура в помещении находилась в диапазоне от 22 до 24°C, влажность воздуха находилась в диапазоне от 55 до 60 процентов. Тесты проводились в привычной спортсменам обуви (бутсах) и спортивной экипировке (шорты, майка) после проведения стандартной разминки по протоколу FIFA11+. Временной интервал между окончанием разминки и началом тестирований физических качеств составлял не менее трех минут, что позволяло минимизировать риск сохранения острого мышечного утомления. Батарея тестирования включала в себя: линейный спринт 30 метров со сплитами 5 10 и 20 метров, горизонтальный прыжок, прыжок с противодвижением, бег со сменой направления, Т-тест и дриблинг.

Все участники ранее тренировались в этом помещении не менее пяти раз в течение двух недель, предшествующих тестированиям и ранее не менее двух раз в течение шести месяцев, предшествующих дню тестирования, а также выполняли

используемую в исследовании батарею тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков.

Во время проведения исследования в нем принимали участие координаторы (три человека), которые следили за соблюдением корректности всех этапов исследования и соблюдением его временного регламента. Участники исследования были проинструктированы координаторами о необходимости соблюдения режима труда и отдыха, включающий в себя полноценный ночной сон не менее восьми часов и привычный спортсмену режим питания, включая привычный для спортсмена завтрак не менее, чем за 3 часа до начала тестирования.

Время спринта фиксировали с использованием системы хронометража SmartSpeed Plus (VALD Performance, Австралия) (Рисунок 9) с тайминговыми воротами, установленными на линии старта, 5, 10, 20 и 30 метрах. В этой системе используется однолучевая конструкция для увеличения срока службы батареи и простоты настройки, а также используются новые алгоритмы обнаружения ошибок для уменьшения количества ложных срабатываний. В случае нескольких триггеров алгоритм интерпретирует самый длинный триггер как истинное время запуска. Ворота устанавливались на высоте 100 см от поверхности. Каждая попытка фиксировалась с точностью до сотой доли секунды. Участники начинали выполнение спринтов, дриблинга, Т-теста и теста со сменой направления из двухточечной стартовой позиции, поставив переднюю ногу на 30 см перед стартовой линией (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Стартовая позиция участника исследования при выполнении спринтов, дриблинга, Т-теста и теста по смене направления

Для оценки силы использовали вертикальный прыжок с противодвижением с руками, зафиксированными на поясе. Оценку результатов проводили с использованием мата для прыжков SmartJump (VALD Performance, Австралия) (Рисунок 8 и 9). Всего выполняли три последовательных попытки (три прыжка), результат записывали в сантиметрах, а лучший из результатов учитывали для дальнейшего анализа.

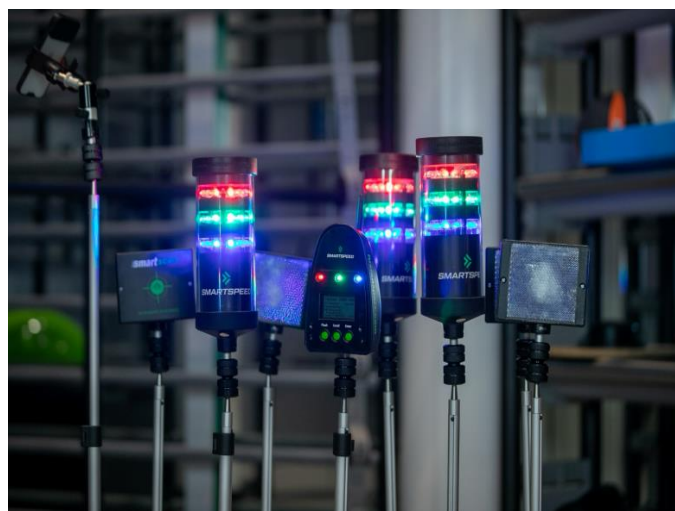


Рисунок 8 – Система хронометража SmartSpeed Plus (VALD Performance, Австралия)



Рисунок 9 – Мат для прыжков SmartJump (VALD Performance, Австралия)

Перед проведением тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков все участники выполняли активную разминку под контролем квалифицированного тренера по физической подготовке.

Разминка включала в себя выполнение беговых упражнений третьего уровня из программы FIFA 11+, дополненные тремя ускорениями по 25-30 метров субмаксимальной интенсивности. Это программа была привычной спортсменам (то есть выполнялась ими не впервые), достаточной длительности и интенсивности, но при этом не вызывала у них острого мышечного утомления.

Разминка FIFA 11+ является одной из самых известных программ профилактики травматизма в футболе, имеет несколько уровней и включает в себя статодинамические упражнения, а также упражнения на баланс и координацию [78]. В настоящее время имеются убедительные данные, свидетельствующие о ее эффективности в отношении снижения травматизма среди футболистов разных возрастов и соревновательного уровня, которое может достигать практически 40% [109]. FIFA 11+ в качестве разминки также улучшает динамическое равновесие и ловкость, увеличивает силу, высоту прыжков, скорость и взрывные характеристики [112]. Программа FIFA 11+ состоит из трех блоков (беговые упражнения, сила и координация). В блоке «сила и координация» существует три уровня (Приложение

В). Время выполнения разминки варьирует от 12 до 15 минут и может быть модифицировано тренером как в сторону незначительного уменьшения, так и увеличения длительности выполнения. Для минимизации риска сохранения общего утомления, связанного с разминкой, между ее окончанием и началом тестирования должно пройти не менее 3 минут.

Линейный спринт 30 метров со сплитами 5, 10 и 20 метров

Линейные спринты являются самыми частыми тестами, постоянно используемыми спортсменами во многих видах спорта как в реализации рутинной тренировочной деятельности, так и во время тестирований. Они являются неотъемлемой частью всех программ идентификации талантливости в спорте, как среди юных спортсменов, так и во время предсезонных тренировочных «комбайнов» в американских профессиональных спортивных лигах [111, 166, 212]. Под спринтом подразумевается прямолинейное ускорение на максимально возможной для спортсмена скорости [281]. Согласно данным систематического обзора S. Altmann и соавт. (2019) в настоящее время существует более 160 достаточно достоверных и надежных тестов определения скоростных параметров, которые применяются в мировом футболе. К ним относятся линейные и повторные спринты, в отношении которых валидность и надежность определялись наиболее часто [239]. В исследованиях с участием футболистов разного уровня расстояние используемых спринтов варьируются в диапазоне от 5 до 200 метров, а наиболее часто используемыми расстояниями являлись 10, 20 и 30 метров, которые можно назвать спортспецифичными именно для футбола, так как именно спринт (прямолинейный или со сменой направления) можно отнести к самым часто осуществляемым действиям, совершаемым участниками матчей [61, 279, 280]. Взрослые профессиональные футболисты во время игр ускоряются один раз в минуту, а их средняя продолжительность составляет 2-4 секунды и около 90% всех спринтов короче 20 метров [227].

Для оценки скоростных качеств участников исследования в контрольный и экспериментальный дни использовались показатели тестирования линейных спринтов на 30 метров со сплитами на 5, 10 и 20 метров. Всего выполняли две попытки, между каждой из которых был 3-минутный период восстановления. Для дальнейшего анализа использован результат лучшей попытки.

Описание теста:

Участник занимал стартовое положение стоя с выставленной ногой вперед (привычной для испытуемого), которая находилась в 30 см перед стартовой линией, корпус наклонен вперед, руки расположены произвольно. Движение спортсмена начинали не по команде, а произвольно по мере его готовности после стабилизации положения тела в пространстве в течение 1–2 секунд. Схема и пример выполнения данного теста представлены на рисунках 10 и 11, соответственно.

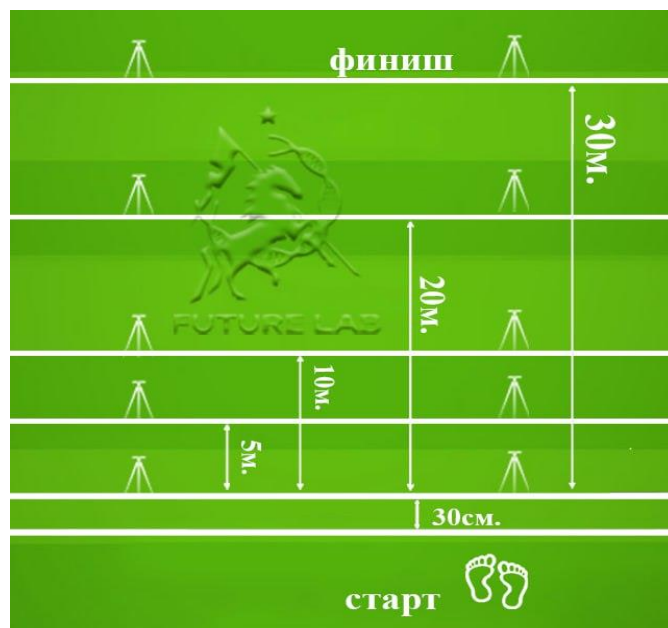


Рисунок 10 – Схема выполнения тестирования «линейный спринт на 30 метров со сплитами на 5, 10 и 20 метров»



Рисунок 11 – Выполнение теста «линейный спринт на 30 метров со сплитами на 5, 10 и 20 метров»

Горизонтальный прыжок в длину с места (Broad jump, BJ)

Горизонтальный прыжок в длину с места является одним из наиболее распространенных тестов для оценки взрывной силы мышц нижних конечностей у спортсменов [192]. Он активно используется в различных видах спорта, включая легкую атлетику, баскетбол, гандбол и футбол [195]. Исследования показывают, что результаты прыжка в длину с места хорошо коррелируют с показателями максимальной силы и мощности спортсменов [186]. В частности, у профессиональных футболистов установлена высокая корреляция между длиной прыжка и результатами в упражнениях на силу, таких как приседания со штангой [196, 215]. Это указывает на то, что данный тест может быть использован как надежный индикатор физической подготовленности, особенно в игровых видах спорта, где важны скоростно-силовые качества.

Описание теста:

Участник становился на линию старта, ноги на ширине плеч, стопы параллельны. Перед прыжком разрешено выполнить мах руками для создания дополнительного импульса. Прыжок выполняли с двух ног без предварительного разбега. Приземление также происходило на обе ноги. Фиксировали расстояние от края

стартовой линии до ближайшей точки касания земли – пяток (Рисунок 12 и 13). Тест выполняли 3 раза.

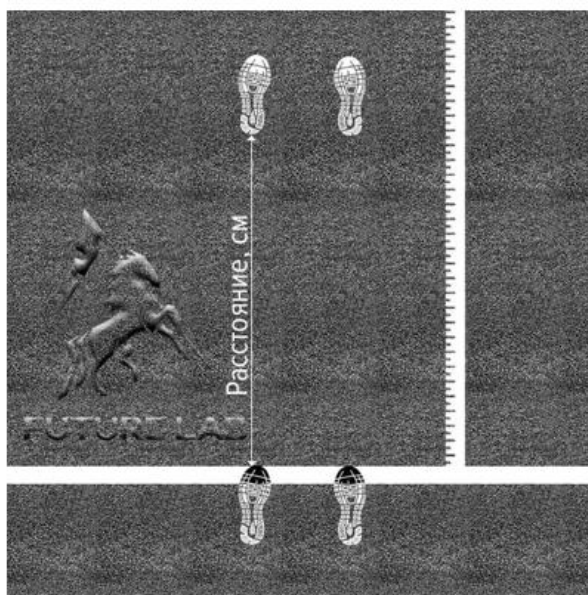


Рисунок 12 – Схема выполнения теста «горизонтальный прыжок в длину с места»



Рисунок 13 – Пример выполнения теста «горизонтальный прыжок в длину с места»

Прыжок с противодвижением (countermovement jump, CMJ)

Прыжок с противодвижением (countermovement jump, CMJ) можно назвать одним из самых часто применяемых в спорте видов прыжковых тестов [194, 217]. Его применяют футболисты, хоккеисты и баскетболисты самого разного уровня, и он применяется в большинстве научных исследований, изучающих влияние различных тренировочных программ на силовые характеристики спортсменов

[108]. Прыжок с противодвижением – простой, практичный, доступный спортсменам практически любого возраста и очень надежный способ измерения силы нижних конечностей, значимо коррелирующий с результатами спринта, максимальной силой и тестами на взрывную силу [193]. Учитывая, что перед фазой отталкивания из нижней точки в этом тесте начальным движением является противодвижение, этот прыжок может дать информацию о реактивной силе нижних конечностей [221].

Описание теста:

Участник находился в исходном положении, стоя на двух выпрямленных ногах, руки фиксированы на поясе. После того как положение тела участника стабилизировано в течение 2-3 секунд, он приседал вниз до угла между голенью и бедром 90° (Рисунок 14 А,Б) и без паузы в нижней точке совершал выпрыгивание вверх (как «пружина») (Рисунок 14 В,Г). Во время фазы полета спортсмен должен был удерживать тазобедренные и коленные суставы в разогнутом положении для недопущения увеличения времени полета за счет сгибания ног. Все участники выполняли три попытки и результат лучшей из них использовали для дальнейшего анализа.

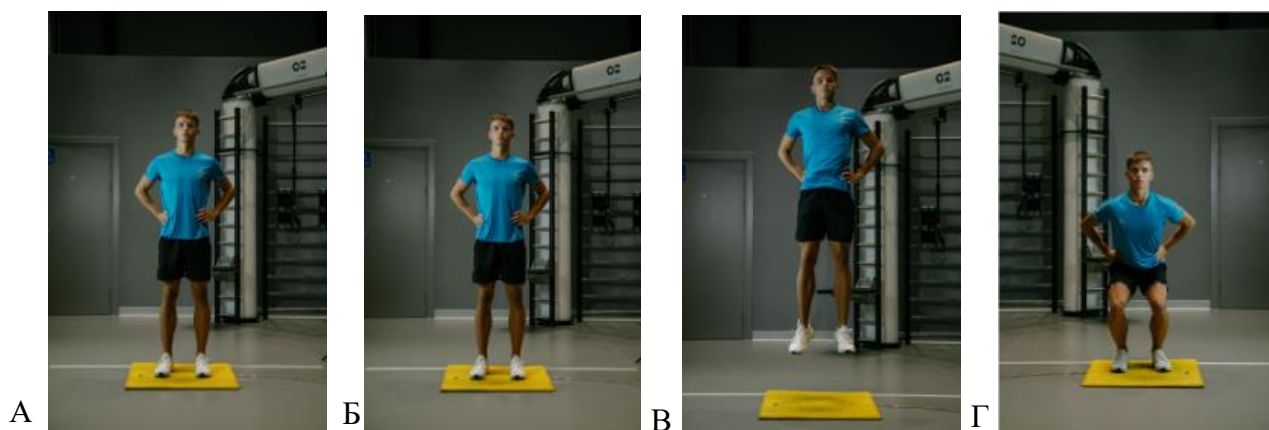


Рисунок 14 – Этапы выполнение теста «прыжок с противодвижением»



Рисунок 15 – Выполнение теста «прыжок с противодвижением»

Бег со сменой направления (change of direction, COD)

Смена направления является заранее запланированным и, следовательно, близким к умению (навыку), и его можно считать частью маневренности [236]. Способность менять направление во время спринта считается необходимой для успешного участия в большинстве командных и индивидуальных видов спорта (особенно в футболе), а также позволяет косвенно оценить навыки и качества футболиста, которые непосредственно влияют на успешность выполнения теста, из которых особенно важными являются техника, скорость линейного спринта и функциональные параметры мышц ног [176].

Спринт с изменением направления включает в себя заранее запланированные изменения направления движения всего тела, а также быстрые движения и изменения направления конечностей. Их отличительной особенностью является использование быстрых высокоамплитудных движений в различных плоскостях на ограниченном пространстве с приложением максимального усилия. Учитывая, что во время выполнения этих тестов производятся как смена направления, так и ускорения с торможением, то именно эти тесты можно назвать ключевыми для оценки динамики изменений качеств важных именно для футбола [55].

Описание теста:

Участник занимал стартовое положение стоя с выставленной ногой вперед (привычной для испытуемого), которая находилась в 30 см перед стартовой линией, корпус наклонен вперед, руки расположены произвольно. Движение спортсмена начинали не по команде, а произвольно по мере его готовности после стабилизации положения тела в пространстве в течение 1–2 секунд. После старта участник с максимальным усилием преодолевал дистанцию с расположенными на ней стойками как показано на рисунке 13. Для данного тестирования помимо системы хронометража SmartSpeed plus (VALD Performance, Австралия) использовались шесть стоек высотой 100 см (Рисунок 16 и 17).

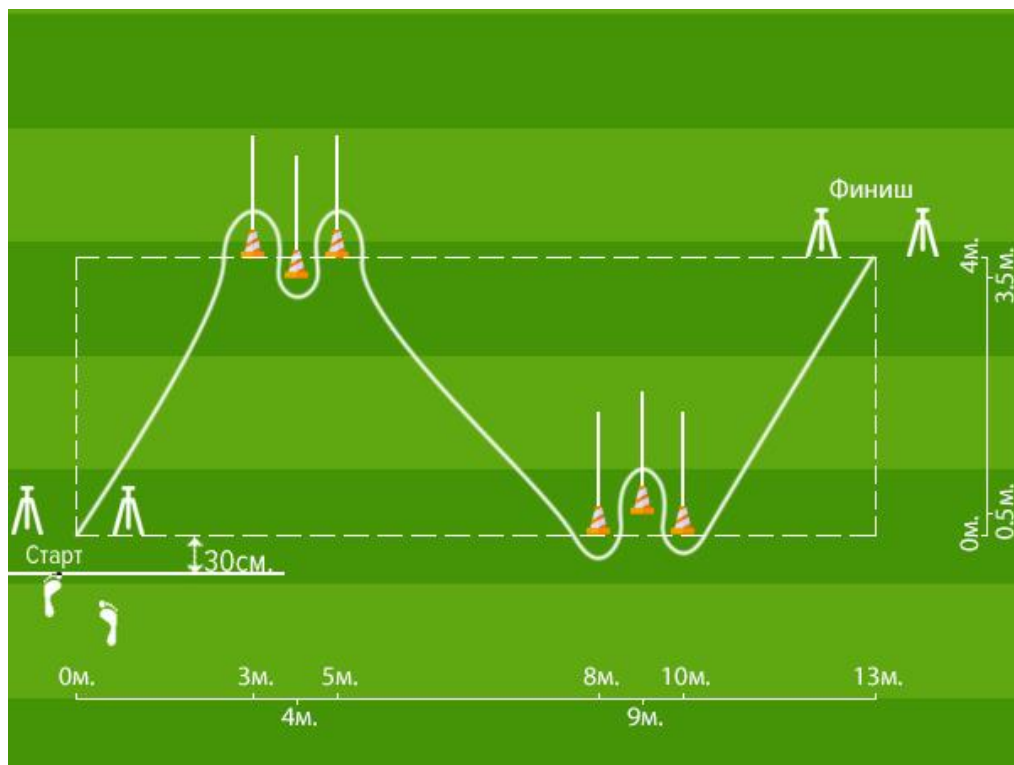


Рисунок 16 – Схема выполнения теста «бег со сменой направления»

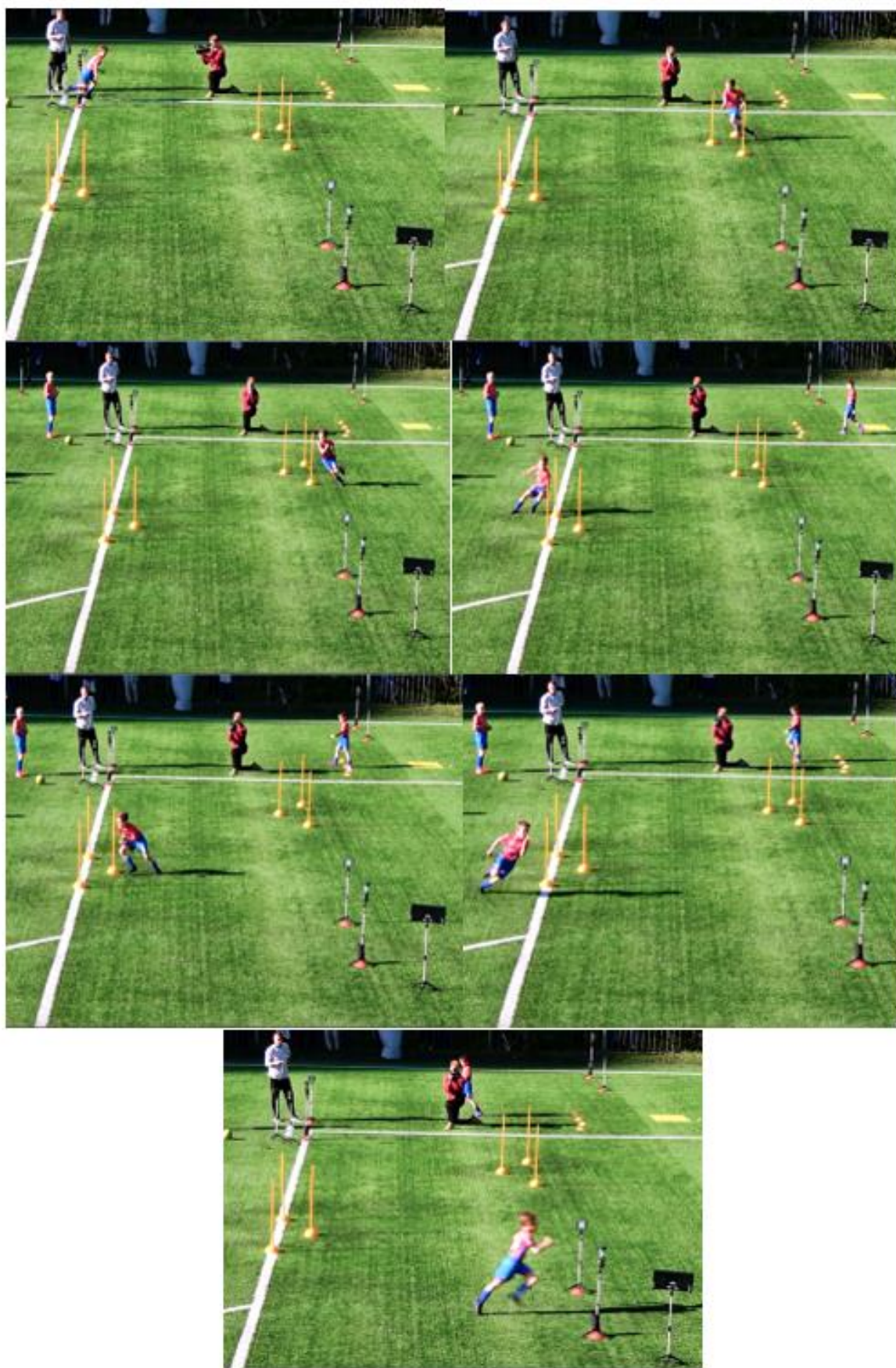


Рисунок 17 – Пример выполнения теста «бег со сменой направления»

Т-тест

Подобно бегу со сменой направления данный тест оценивает способность спортсмена к маневренности и часто используется в исследованиях для оценки спортспецифичных навыков футболистов разного пола [203, 225].

Описание теста:

Участник занимал положение стоя с выставленной ногой вперед, которая находилась в 30 см перед стартовой линией (А) (основание буквы Т) (Рисунок 18 и 19), корпус наклонен вперед, руки расположены произвольно. Движение участника начинали в произвольном порядке с максимально возможным усилием после стабилизации положения тела в течение 2-3 секунд. Движение осуществляли вперед строго перпендикулярно стартовой линии, к точке (В), пробегая между двумя стойками, расположенными параллельно стартовой линии и на расстоянии от нее в девяти метрах (расстояние между стойками – один метр). Затем участник начинал движение влево до точки (С) и, наступив или переступив линию (2 метра) точки (С) правой ногой, максимально быстро начинал обратное движение в сторону до линии точки (D). Наступив или переступив линию точки (D) левой ногой, возвращался к точке (В), и, пробегая между стойками по направлению к линии старта, финишировал. Для данного тестирования помимо системы хронометража SmartSpeed plus (VALD Performance, Австралия) использовались две стойки высотой 100 см.

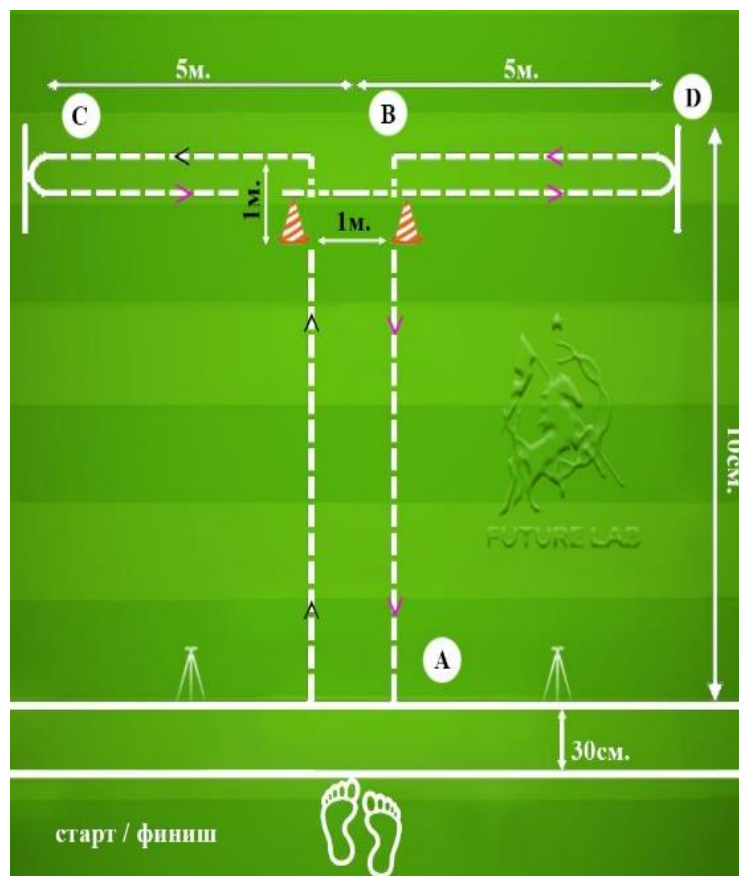


Рисунок 18 – Схема выполнения теста «Т-тест»



Рисунок 19 – Пример выполнения теста «Т-тест»

Дриблинг

Дриблинг является одним из самых ключевых навыков в футболе и поэтому данный тест является потенциальным инструментом для оценки навыка ведения мяча во время матча, а также является предиктором успешности в профессиональной деятельности и рекомендован к использованию в программах идентификации талантливости [71, 200]. В проведенном исследовании использовали протокол тестирования, который ранее использовали в исследовании D. Rösch и соавт. (2000) [64].

Описание теста:

Участник занимал стартовое положение стоя с выставленной ногой вперед (привычной для него). Мяч располагали на стартовой линии. Движение спортсмена начинали не по команде, а произвольно по мере его готовности после стабилизации положения тела в пространстве в течение 1-2 секунд. После старта участник с максимальным усилием преодолевал дистанцию с расположенными на ней стойками (без их опрокидывания) как показано на рисунках 20 и 21, одновременно выполняя ведение мяча. Для данного тестирования помимо системы хронометража SmartSpeed plus (VALD Performance, Австралия) использовались шесть стоек высотой 100 см и привычный футболистам, давление в котором составляло 0,9 атмосфер, мяч (используемый ими на тренировках и играх).

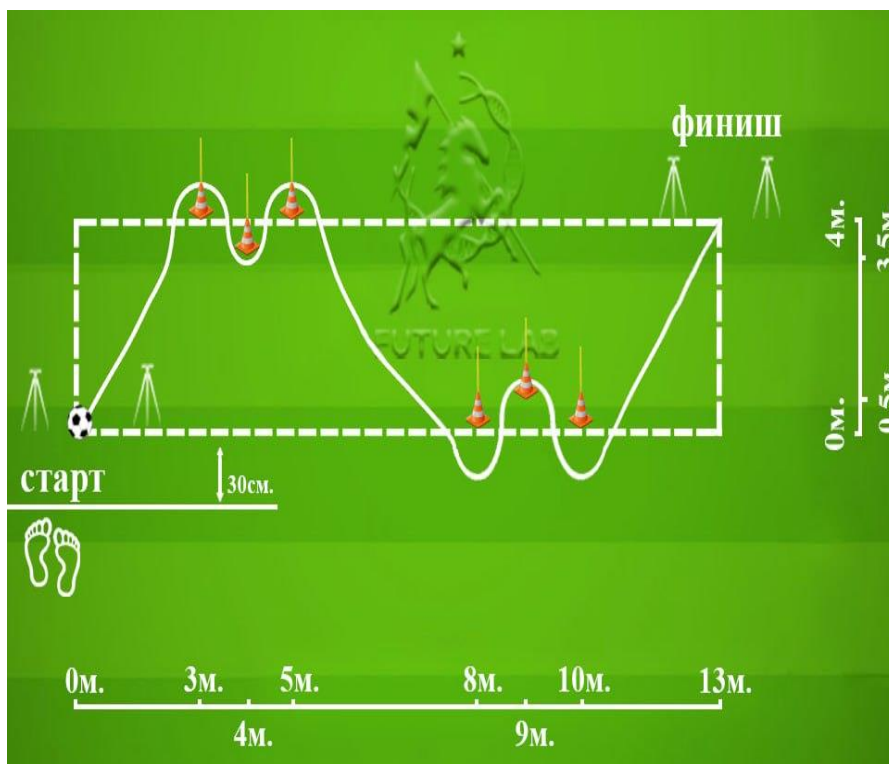


Рисунок 20 – Схема выполнения теста «дриблинг»



Рисунок 21 – Выполнение теста «дриблинг»

2.2.6. Оценка привычного употребления витамина D

Для оценки факторов образа жизни и питания, потенциально влияющих на статус витамина D, все участники исследования заполнили Опросник частоты потребления пищевых продуктов и образа жизни (Food Frequency and Lifestyle Questionnaire - FFLQ) (Приложения А и Б) [238]. Ключевой особенностью примененного опросника была его предварительная адаптация к особенностям рациона и пищевым предпочтениям жителей конкретного географического региона, в котором проводили исследование. Используемый опросник является валидированным инструментом, ранее успешно применявшимся в исследованиях высокого методологического качества, специально предназначенным для изучения потребления витамина D [238]. На основе данных, полученных по результатам опросника частоты потребления пищевых продуктов и образа жизни, проведен анализ с целью оценки распространенности среди участников исследования практик, которые можно рассматривать как меры самостоятельной профилактики дефицита витамина D. К ним относились прием добавок, содержащих различные формы витамина D, нахождение на солнце с открытыми частями тела с прямой целью получения достаточного количества ультрафиолетового излучения для выработки эндогенного витамина D, поездка в города и/или страны с высоким УФ-индексом, посещение соляриев, отказ от нанесения солнцезащитного крема. Таким образом, опросник FFLQ послужил основным инструментом для сбора информации о реальных практиках участников, потенциально модифицирующих их статус витамина D независимо от исследуемого вмешательства, что необходимо для корректной интерпретации результатов основного исследования.

2.2.7. Оценка частоты возникновения побочных эффектов

Оценка безопасности и переносимости применения витамина D в рамках настоящего исследования осуществлялась с использованием комплексного подхода, включающего как субъективные, так и объективные источники информации.

Данный метод использован в ряде рандомизированных клинических исследований высокого методологического уровня и соответствует современным требованиям к оценке профиля безопасности нутритивных вмешательств [98, 131, 223].

Во-первых, сбор информации о возможных побочных эффектах осуществляли на основе отчетов участников исследования, а также их законных представителей, сообщавших обо всех возникающих жалобах, изменениях в самочувствии или иных симптомах (головные боли, тошнота, слабость, потеря аппетита, жажда и другие), которые они могли связывать с приемом холекальциферола. Во-вторых, с целью объективизации и раннего выявления возможных побочных эффектов проводили регулярный медицинский осмотр участника врачом исследовательской группы. Осмотры проводились с фиксированной периодичностью (еженедельно), что позволяло регистрировать даже те изменения в состоянии здоровья, о которых участники могли не сообщать самостоятельно.

Кроме субъективных данных, в рамках забора крови в точке 2, помимо сывороточной концентрации 25(OH), дополнительно проводили исследование уровней ключевых биохимических маркеров, отражающих возможные побочные эффекты при гипервитаминозе D. В частности, оценивались уровни ионизированного кальция, общего кальция, фосфора и паратиреоидного гормона.

2.3. Методы коррекции дефицита витамина D

2.3.1. Протокол исследования капсул с холекальциферолом

Точное содержание холекальциферола в капсулах, а также отсутствие примесей проверено в лаборатории «ООО ЕвроТест» (ул. Щепкина, 58 строение 3, Москва, 129110) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с ультрафиолетовым детектированием (ВЭЖХ-УФ).

На исследование предоставлена одна банка диетической добавки "Vitamin D-3" с капсулами 300 мг в количестве 120 штук (компания «NOW-Foods», США).

Согласно инструкции в каждой капсуле представленного образца содержатся витамин D (в виде холекальциферола) (из ланолина) 125 мкг (5000 ME), оливковое масло первого холодного отжима и мягкая капсула (бычий желатин, глицерин, вода) капсул с содержимым.

Содержимое капсул исследовали двумя методами: подлинность устанавливали методом инфракрасной спектроскопии (далее ИК) с преобразованием Фурье на Nikolet iS5 производства Thermo Fisher Scientific (сертификат поверки С-ВЧИ/24-10-2023/289240525), а количественное содержание холекальциферола устанавливали методом высокоэффективной жидкостной хроматографией с оптическим детектированием (ВЭЖХ-УФ) на хроматографе Agilent 1200 компании Agilent.

База данных лекарственных препаратов по ИК-спектрам стандартных веществ предоставлена производителем оборудования Thermo Fisher Scientific, дополнительное сравнение проводили со стандартным образцом холекальциферола, имеющимся в банке стандартов лаборатории производства Sigma Aldrich.

Капсулы вскрывали, перетирали содержимое в инертной ступке и снимали спектр, желатиновую оболочку капсулы не перетирали. Затем сравнивали спектр с базой данных и со спектром стандартного вещества. Полученные результаты подтвердили, что в представленном образце содержится холекальциферол.

Количественное содержание холекальциферола в капсулах определяли хроматографическим методом с ультрафиолетовой детекцией (ВЭЖХ-УФ), хроматографическая установка состояла из насоса, дегазатора, автоматического отборника проб (автосамплера), термостата колонок и диодной матрицы. Подвижная фаза состояла из смеси воды (фаза А) и метанол: ацетонитрил (фаза В), в соотношении 50/50 объемных процентов. Насос работал в изократическом режиме, скорость потока 1 мл/мин, температура колонки (стационарной фазы C18 Kinetex 100*3 мм, 2,7 мкм, Phenomenex) составляла 35°C, диодная матрица работала на длине волны 254 нм, автосамплер отбирал 20 мкл пробы и время анализа составило 10 мин. Концентрацию холекальциферола в образце оценивали методом внешней калибровки.

Содержимое капсулы предварительно взвесили, растворили в мерной колбе на 250 мл, налили метанол до метки и поместили на УЗ-баню на 10 минут. Всего приготовили четыре таких раствора и произвели измерение концентрации каждого из раствора, посчитали среднее и произвели расчет на вес содержимого капсулы.

В результате проведенного анализа получены данные, свидетельствующие о содержании в одной капсуле представленного образца 126 ± 10 мкг (~ 5040 МЕ) холекальциферола.

2.3.2. Протокол коррекции дефицита витамина D

Для коррекции состояния дефицита витамина D использован пероральный прием диетической добавки от компании «NOW Foods» (США) под названием "Vitamin D-3" в желатиновых капсулах с нейтральным вкусом, содержащих холекальциферол в дозе 5000 МЕ (Рисунок 22). Данная добавка имеет свидетельство о государственной регистрации в Реестре свидетельств о государственной регистрации Российской Федерации (RU.77.99.88.003.R.002444.09.25) и приобреталась в аптечной сети.

Координатор выдавал участникам 3 капсулы (всего 15 000 МЕ) один раз в неделю в течение 6 недель, которые участники, приняв, запивали достаточным количеством воды.

Выбранный режим дозирования (кратность, объем) был обусловлен необходимостью обеспечения со стороны участников исследования максимальной приверженности к реализации протокола коррекции. Учитывая график тренировок и выездов команд, место жительства футболистов, а также соревновательный контекст, наиболее оптимальным режимом дозирования было однократное применение 15 000 МЕ холекальциферола еженедельно в течение шести недель. Выбор дозы был обусловлен рекомендациями ведущих профессиональных сообществ (включая, Союз педиатров России, Российскую ассоциацию эндокринологов, Ассоциацию медицинских генетиков, Национальную ассоциацию детских реабилитологов).



Рисунок 22 – (А) Упаковка диетической добавки от компании «NOW Foods» (США) "Vitamin D-3", (Б) Внешний вид капсул

2.4. Методы статистического анализа

На I этапе в первой части исследования данные проанализированы с использованием Python (версия 3.8; Python Software Foundation, Уилмингтон, США) с использованием Pandas для обработки данных и SciPy для статистического тестирования. Результаты собраны и представлены с использованием Microsoft Excel (корпорация Microsoft, Редмонд, Вашингтон, США). Переменные включали сывороточную концентрацию 25(OH)D, возраст, рост, массу тела и ИМТ. Нормальность распределения данных оценивали с помощью теста Шапиро–Уилка. В зависимости от результатов оценки нормальности для данных с нормальным распределением использовали ANOVA, для более чем двух групп с ненормальным распределением использовали критерий Крускала–Уоллиса, а для двух групп с ненормальным распределением использовали U–критерий Манна–Уитни. Категориальные данные проанализированы с использованием критерия независимости хи-квадрат, чтобы определить значимые связи между сывороточной концентрацией 25(OH)D и употреблением диетических добавок, содержащих различные формы витамина D. Результаты систематизированы в таблицах, отображающих средние значения со стандартными отклонениями ($\pm$), количественными показателями и процентами. Уровень значимости установлен при значении p менее 0,05.

На I этапе во второй части исследования все статистические анализы проводили с использованием Python (версия 3.11.9; Python Software Foundation, Уилмингтон, США). Результаты собраны и представлены с использованием Microsoft Excel (корпорация Microsoft, Редмонд, Вашингтон, США). Для уровней витамина D в Точке 1 и Точке 3 рассчитаны меры центральной тенденции и вариабельности. Для данных с ненормальным распределением (точка 1) использовали медиану и интерквартильный размах (IQR), а для нормальных данных (точка 3) – среднее и стандартное отклонение. Нормальность распределения проверяли тестом Шапиро-Уилка. Тест хи-квадрат применяли для сравнения распределений уровней витамина D в разных точках с использованием коррекции Бонферрони. Для оценки величины различий рассчитывали размер эффекта (V Крамера), а статистическая мощность – для определения вероятности выявления значимой разницы. Дополнительно проведен тест Фишера для изолированной оценки различий в доле спортсменов с дефицитом. Результаты систематизированы в таблицах, отображающих средние значения со стандартными отклонениями ($\pm$), количественными показателями и процентами. Уровень значимости установлен при значении p менее 0,05.

На II этапе статистический анализ проводили с использованием Python (версия 3.11.9; Python Software Foundation, Уилмингтон, США) с использованием таких библиотек, как Pandas для обработки данных, Scipy для статистических тестов, Statsmodels для регрессионного анализа и Matplotlib и Seaborn для визуализации данных. Описательные статистические данные, включая средние значения и стандартные отклонения, рассчитаны для различных категорий на основе сывороточной концентрации 25(OH)D и процентильных значений сывороточной концентрации 25(OH)D. Для оценки нормальности непрерывных переменных использовали тест Шапиро-Уилка. В зависимости от результатов, различия между группами анализировались с помощью однофакторного дисперсионного анализа (для данных с нормальным распределением) или теста Крускала-Уоллиса (для данных с ненормальным распределением). Для выявления различий между конкретными группами проведен последующий анализ.

Рассчитаны коэффициенты корреляции для изучения взаимосвязи между сывороточной концентрацией 25(OH)D и каждым показателем эффективности. Рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона или Спирмена в зависимости от того, соответствовали ли переменные нормальному распределению. Результаты послужили основой для выбора моделей для последующего регрессионного анализа. Разработаны модели линейной регрессии для количественной оценки влияния сывороточной концентрации 25(OH)D на показатели эффективности. Каждая модель включала константу и сывороточную концентрацию 25(OH)D в качестве предиктора. Модели предоставляли коэффициенты регрессии с соответствующими стандартными ошибками, t-значения, p-значения и доверительные интервалы. Все статистические анализы и графики созданы с использованием пользовательских сценариев на Python, а результаты собраны в структурированные файлы Excel (корпорация Microsoft, Редмонд, Вашингтон, США) для удобства доступа и интерпретации. Уровень значимости установлен при значении p менее 0,05.

На III этапе статистический анализ проводили с использованием библиотек Python (версия 3.11.9; Python Software Foundation, Уилмингтон, США), включая pandas для работы с данными, SciPy и stats models для статистического тестирования, seaborn и matplotlib для визуализации и openpyxl для работы в Excel (корпорация Microsoft, Редмонд, Вашингтон, США). Уровень значимости установлен при значении p менее 0,05. Рассчитаны средние значения и стандартные отклонения для возраста, сывороточной концентрации 25(OH)D (точка 1 и точка 2), кальция, ионизированного кальция, паратиреоидного гормона и фосфора (точка 2). Для оценки нормальности распределения данных использовали тест Шапиро-Уилка. Для сравнения биохимических показателей в основной и контрольной группах проведены независимые t-тесты для получения данных с нормальным распределением. Для данных, которые не соответствовали нормальному распределению, использовали критерий Крускала-Уоллиса. Для определения величины эффекта рассчитан коэффициент d Коэна, а для оценки статистической значимости проведен энергетический анализ. Коэффициенты корреляции Пирсона

рассчитаны для изучения взаимосвязей между сывороточной концентрацией 25(OH)D и другими биохимическими маркерами кальциево-фосфорного обмена. Исследование проводили с использованием доступных испытуемых, которые соответствовали критериям включения, без предварительного расчета размера выборки. После завершения исследования проведен постфактум-анализ мощности, чтобы оценить статистическую эффективность проведенных анализов. Результаты систематизированы в таблицах, отображающих средние значения со стандартными отклонениями ($\pm$), количественными показателями и процентами.

ГЛАВА 3. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ НЕДОСТАТОЧНОСТИ И ДЕФИЦИТА ВИТАМИНА D СРЕДИ ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ САМОСТОЯТЕЛЬНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СПОРТСМЕНАМИ МЕТОДОВ ЕЕ ПРОФИЛАКТИКИ

3.1. Распространенность недостаточности и дефицита витамина D среди юных футболистов

В исследовании приняли участие 209 юных футболистов со средним возрастом $12,79 \pm 3,04$ года и уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D $27,45 \pm 11,48$ нг/мл. Все участники разделены на три группы по уровню сывороточной концентрации 25(OH)D (IН, IJ и IК).

В группу IН с нормальным уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D включили 73 человека (34,9% от общего количества обследуемых), со средним возрастом $13,19 \pm 2,83$ лет и уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D $39,33 \pm 10,31$ нг/мл. Средние антропометрические показатели для этой выборки составили для роста $1,64 \pm 0,17$ метра, массы тела $52,51 \pm 16,27$ кг и ИМТ $18,92 \pm 2,56$ кг/м².

В группу IJ с недостаточностью витамина D включили 80 человек (38,3%) со средним возрастом $12,45 \pm 3,26$ года и уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D $24,87 \pm 3,08$ нг/мл. Средние антропометрические показатели для этой выборки составили для роста $1,56 \pm 0,19$ метра, массы тела $46,71 \pm 17,30$ кг и ИМТ $18,30 \pm 2,83$ кг/м².

В группу IК с дефицитом витамина D включили 56 человек (26,8%) со средним возрастом $12,77 \pm 2,96$ года и уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D $15,64 \pm 2,54$ нг/мл. Средние антропометрические показатели для этой выборки составили для роста $1,62 \pm 0,21$ метра, массы тела $51,89 \pm 19,68$ кг и ИМТ $18,95 \pm 2,84$ кг/м². Статистически значимые различия между группами отмечены по уровню сывороточной концентрации 25(OH)D ($p=0,00$) и росту ($p=0,040$). По

возрасту ($p=0,376$), массе тела ($p=0,086$) и индексу массы тела ($p=0,240$) значимых различий обнаружено не было (,).

Таблица 3 – Сывороточная концентрация 25(OH)D, возраст и антропометрические показатели юных футболистов с разным статусом витамина D

Группа	Количество (n (%))	Средний уровень 25(OH)D нг/мл	Возраст, годы	Рост, м	Масса тела, кг	ИМТ кг/м ²
IA (25(OH)D в норме)	73 (34,9%)	39,33± 10,31	13,19± 2,83	1,64± 0,17	52,51± 16,27	18,92± 2,56
IB (25(OH)D недостаточность)	80 (38,3%)	24,87± 3,08	12,45± 3,26	1,56± 0,19	46,71± 17,30	18,30± 2,83
IC (25(OH)D дефицит)	56 (26,8%)	15,64± 2,54	12,77± 2,96	1,62± 0,21	51,89± 19,68	18,95± 2,84
Данные по всей выборке исследования	209 (100,0%)	27,45± 11,48	12,79± 3,04	1,60± 0,19	50,11± 17,75	18,69± 2,75
p		$p = 0,00$	$p = 0,376$	$p = 0,040$	$p = 0,086$	$p = 0,240$

Согласно представленным данным, среднее значение сывороточной концентрации 25(OH)D по всей выборке составило 27,45±11,48 нг/мл, однако, она не зависела от возраста. После разделения всех участников на три возрастные группы (младшая – 6-9 лет (IA), средняя – 10-14 лет (IB) и старшая – 15-18 лет (IC)) продемонстрировано, что различия между ними по уровню сывороточной концентрации 25(OH)D статистически незначимы ($p = 0,637$). В частности, в группе IA данный показатель составил 25,61±8,77 нг/мл, в группе IB – 27,28±10,00 нг/мл и в группе IC – 28,77±14,68 нг/мл (Таблица 4). Несмотря на тенденцию к небольшому увеличению показателей с возрастом, полученные результаты не достигают статистической значимости, что свидетельствует об относительно равномерном распределении обеспеченности витамином D среди всех возрастных групп.

Проведенный анализ позволяет заключить, что несмотря на отсутствие статистически значимых различий в сывороточной концентрации 25(OH)D между тремя возрастными группами, все изучаемые антропометрические показатели отчетливо и последовательно различаются между ними. Такой результат закономерен, так как рост, масса тела и индекс массы тела меняются с возрастом под влиянием биологических, гормональных и поведенческих факторов, присущих

различным этапам детства и подросткового периода. Тогда как уровень сывороточной концентрации 25(OH)D остается стабильным, что может быть обусловлено стандартными условиями проживания, образом жизни, схожими пищевыми привычками или особенностями региона проживания. Данные результаты имеют важное значение для практики, так как позволяют утверждать, что для подростков всех возрастных групп необходимо одинаковое внимание к мониторингу уровня витамина D в крови (Таблица 4).

Таблица 4 – Сывороточная концентрация 25(OH)D, возраст и антропометрические показатели юных футболистов разных возрастных групп

Группа	Количество (n (%))	Средний уровень 25(OH)D нг/мл	Возраст, годы	Рост, м	Масса тела, кг	ИМТ кг/м ²
IA (6-9 лет)	37 (17,70%)	25,61±8,77	8,36±0,92	1,34±0,08	28,84±5,01	15,97±1,20
IB (10-14 лет)	107 (51,20%)	27,28±10,00	12,18±1,49	1,57±0,12	44,92±11,29	17,89±2,16
IC (15-18 лет)	65 (31,10%)	28,77±14,68	16,33±1,07	1,81±0,07	70,44±8,70	21,50±1,62
Данные по всей выборке исследования	209 (100,0%)	27,45± 11,48	12,82± 3,02	1,60± 0,19	50,11± 17,75	18,69± 2,75
p		p = 0,637	p = 0,00	p = 0,00	p = 0,00	p = 0,00

Также проведен сравнительный анализ двух групп юных спортсменов, находящихся в периоде активной фазы роста (скачка роста) (IF) и вне нее (IG). Группа IF, представлена 47 участниками (22,49% от общего числа обследованных) со средним возрастом $13,46 \pm 1,16$ лет и уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D $28,52 \pm 9,51$ нг/мл. Средние антропометрические показатели для этой выборки составили для роста $1,65 \pm 0,06$ метра, массы тела $52,78 \pm 8,18$ кг и ИМТ $19,23 \pm 2,14$ кг/м².

Группа IG была более многочисленной и включала 162 человека (77,51% от общего числа обследованных). В этой группе зафиксирована более низкая средняя концентрация 25(OH)D – $27,13 \pm 12,00$ нг/мл, но разница не была статистически значимой ($p=0,160$). Средний возраст этих спортсменов составил $12,60 \pm 3,37$ лет, рост

– $1,59 \pm 0,21$ метров, масса тела - $49,33 \pm 19,64$ кг и индекс массы тела- $18,53 \pm 2,88$ кг/м². Статистический анализ не выявил статистически значимых различий между двумя группами ни по одному из анализируемых показателей (Таблица 5).

Таблица 5 – Сывороточная концентрация 25(ОН)D, возраст и антропометрические показатели юных футболистов, находящихся в периоде скачка роста и вне него

Группа	Количество (n (%))	Средний уровень 25(ОН)D нг/мл	Возраст, годы	Рост, м	Масса тела, кг	ИМТ кг/м ²
IF (В скачке роста)	47 (22,49%)	$28,52 \pm 9,51$	$13,46 \pm 1,16$	$1,65 \pm 0,06$	$52,78 \pm 8,18$	$19,23 \pm 2,14$
IG (Вне скачка роста)	162 (77,51%)	$27,13 \pm 12,00$	$12,60 \pm 3,37$	$1,59 \pm 0,21$	$49,33 \pm 19,64$	$18,53 \pm 2,88$
p		p = 0,160	p = 0,089	p = 0,078	p = 0,084	p = 0,070

Результаты I этапа исследования демонстрируют высокую распространенность дефицита витамина D среди юных футболистов, постоянно проживающих в регионе с низким уровнем инсоляции вне зависимости от возраста: у 38,3% из них был недостаточный статус витамина D, а у 26,8% - дефицит [189]. Полученные результаты согласуются с предыдущими исследованиями юных спортсменов, проживающих в аналогичных географических регионах с низким уровнем инсоляции. Например, Э.Н. Безуглов и соавт. (2019) обнаружили недостаточность витамина D у 19,9% и его дефицит у 22,9% юных футболистов в зимний период [38]. Более низкая распространенность может быть объяснена его временем проведения (декабрь) по сравнению с данным исследованием (февраль), что отражает более длительный период тренировок в помещении. В других исследованиях сообщали о более низких показателях распространенности дефицита витамина D среди юных спортсменов. Например, исследование, проведенное среди юных легкоатлетов, проживающих в регионах выше 40° северной широты, выявило дефицит витамина D только у 5,8% участников [106]. Это различие может быть связано с летним сезоном и тренировками на свежем воздухе в течение как минимум 3 месяцев до начала данного исследования.

3.2. Оценка эффективности самостоятельно используемых методов профилактики недостаточности витамина среди юных футболистов

Анализ самостоятельно используемых методов профилактики недостаточности витамина среди юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, продемонстрировал, что 52,63% (110 из 209 человек) от общего количества обследуемых самостоятельно принимали диетические добавки (группа ID), содержащие витамин D. Еще 47,37% (99 из 209 человек) не использовали ни один из возможных методов профилактики недостаточности витамина D (группа IE). Во всех случаях самостоятельного применения, это были диетические добавки с холекальциферолом. При этом, использование диетических добавок с холекальциферолом было единственным методом профилактики недостаточности витамина D, который использовали участники. В таблице 5 представлены сравнительные характеристики двух групп спортсменов в зависимости от факта самостоятельного приема пищевых добавок, содержащих холекальциферол.

Средняя сывороточная концентрация 25(OH)D в группе ID составила $28,06 \pm 10,63$ нг/мл. В группе IE данный показатель был несколько ниже и составил $26,76 \pm 12,37$ нг/мл. Однако статистический анализ не выявил достоверных различий между этими двумя группами по сывороточной концентрации 25(OH)D ($p=0,149$), что свидетельствует о схожем статусе по витамину D у спортсменов вне зависимости от факта самостоятельного употребления добавок.

Анализ антропометрических данных также не продемонстрировал статистически значимых различий между группами ни по возрасту, ни по основным показателям физического развития. У самостоятельно принимающих диетические добавки спортсменов средний возраст составил $12,87 \pm 2,79$ года, средний рост $1,61 \pm 0,19$ м, масса тела - $50,58 \pm 17,11$ кг, а ИМТ - $18,70 \pm 2,65$ кг/м². Средний возраст участников, не использующих диетические добавки, составил $12,71 \pm 3,30$ года, средний рос $1,59 \pm 0,19$ м, масса тела $49,60 \pm 18,51$ кг и индекс массы тела $18,68 \pm 2,85$

кг/м². При этом значения p для возраста, роста, массы и ИМТ находились, соответственно, на уровне 0,645, 0,427, 0,579 и 0,870, что не позволило выявить статистически значимых различий ни по одному из параметров. То есть, в проведенном исследовании не было обнаружено различий в уровне обеспеченности витамином D и показателях физического развития между спортсменами, самостоятельно принимающими или не принимающими холекальциферол.

Таблица 6 – Антропометрические показатели и средняя сывороточная концентрация 25(OH)D участников, самостоятельно принимающих и не принимающих диетические добавки, содержащих холекальциферол

Группа	Количество (n (%))	Средний уровень 25(OH)D нг/мл	Возраст, годы	Рост, м	Масса тела, кг	ИМТ кг/м ²
ID (Самостоятельно принимающие диетические добавки)	110 (52,63%)	28,06± 10,63	12,87± 2,79	1,61± 0,19	50,58± 17,11	18,70± 2,65
IE (Самостоятельно не принимающие диетические добавки)	99 (47,37%)	26,76± 12,37	12,71± 3,30	1,59± 0,19	49,60± 18,51	18,68± 2,85
p		$p= 0,149$	$p= 0,645$	$p= 0,427$	$p= 0,579$	$p= 0,870$

Необходимо отметить, что даже в случаях самостоятельного использования диетических добавок, содержащих холекальциферол, 84,2% (92 из 110 человек) участников исследования либо их законных представителей не смогли точно указать используемую дозировку (группа ID2). В случаях, когда дозировка была известна (группа ID1), она варьировала от 500 до 1500 международных единиц в сутки, что соответствует достаточно широкому диапазону и может не обеспечивать ожидаемого физиологического эффекта (Таблица 6).

В группе ID ($n=110$), средняя сывороточная концентрация 25(OH)D составила 28,06 нг/мл. Распределение по категориям статуса витамина D продемонстрировало следующие результаты: в категории «нормальный статус витамина D» (соответствующей сывороточной концентрации 25(OH)D ≥ 30 нг/мл) зарегистрировано 28 участников (25,5% от общей численности группы ID). Категория «недостаточный статус витамина D» (концентрация 25(OH)D в

диапазоне 20-29 нг/мл) включает 39 участников, что соответствует 35,5% группы. Наибольшее число участников в этой когорте - 43 человека (39,1%), отнесено к категории «дефицитный статус витамина D» (концентрация $25(\text{OH})\text{D} < 20$ нг/мл).

В группе IE (n=99), средняя сывороточная концентрация $25(\text{OH})\text{D}$ составила 26,76 нг/мл. Распределение по категориям витаминного статуса продемонстрировало следующие результаты: в категории «нормальный статус витамина D» зафиксировано 28 участников (28,3% от численности этой группы). Категория «недостаточный статус витамина D» является наиболее многочисленной в данной группе, включая 41 участника (41,4% от численности этой группы). Категория «дефицитный статус витамина D» охватывает 30 участников (30,3%), и средняя сывороточная концентрация $25(\text{OH})\text{D}$ в этой группе составила 26,76 нг/мл.

Статистический анализ выявил отсутствие достоверных различий в распределении участников по категориям статуса витамина D между группами ID и IE. Сравнение долей участников в категории «нормальный статус витамина D» (25,5% в группе принимающих диетические добавки против 28,3% в группе не принимающих) показало p -значение = 1,000. Аналогично, сравнение долей в категории «недостаточный статус витамина D» (35,5% против 41,4%) также дало p -значение = 1,000. Сравнение долей в категории «дефицитный статус витамина D» (39,1% против 30,3%) вновь продемонстрировало p -значение = 1,000. Все полученные p -значения существенно превышают уровень статистической значимости 0,05, что указывает на отсутствие статистически значимых различий в пропорциях участников с нормальным статусом, недостаточностью или дефицитом витамина D между группами ID и IE. Сравнение средних концентраций $25(\text{OH})\text{D}$ между группами ($28,06 \pm 10,63$ нг/мл против $26,76 \pm 12,37$ нг/мл) также не выявило статистически значимой разницы, о чем свидетельствует p -значение = 0,149. Это указывает на то, что самостоятельный прием добавок витамина D (группа ID) в изучаемой популяции не ассоциировался со значимо более высокими средними уровнями сывороточной концентрации $25(\text{OH})\text{D}$ по сравнению с группой IE. Таким образом, на основании представленных данных, не получено статистических доказательств влияния фактора самостоятельного приема добавок витамина D на

сывороточную концентрацию 25(OH)D или на распределение по клиническим категориям витаминного статуса среди участников исследования (Таблица 7).

Таблица 7 – Сывороточная концентрация 25(OH)D среди участников, самостоятельно принимающих и не принимающих диетические добавки, содержащих холекальциферол

Группа	Нормальный статус (n (%))	Недостаточный статус (n (%))	Дефицитный статус (n (%))	средний 25(OH)D нг/мл
Самостоятельно принимающие диетические добавки - ID	28 (25,5%)	39 (35,5%)	43 (39,1%)	28,06±10,63
Самостоятельно не принимающие диетические добавки - IE	28 (28,3%)	41 (41,4%)	30 (30,3%)	26,76±12,37
p	p=1	p=1	p=1	p= 0,149

Выявленная широкая распространенность самостоятельного использования диетических добавок с холекальциферолом обуславливает необходимость разработки и внедрения в практическую деятельность мер по минимизации риска непреднамеренного нарушения антидопинговых правил, связанных с наличием в легальных диетических добавках запрещенных субстанций, не указанных на этикетке. В связи с этим необходимо проведение разъяснительной работы в этом направлении среди юных спортсменов и их законных представителей.

3.3. Динамика сезонных изменений сывороточной концентрации 25(OH)D у юных футболистов

Анализ сезонной динамики сывороточной концентрации 25(OH)D у футболистов (n = 61) выявил существенные изменения в распределении участников по статусу витамина D между февралем (точка 1) и августом (точка 3). В период минимальной инсоляции (февраль) распределение по статусу витамина D 26,2%

спортсменов ($n = 16$) имели дефицит (средний уровень сывороточной концентрации 25(OH)D $15,64 \pm 2,54$ нг/мл), 36,1% ($n = 22$) имели недостаточность (средний уровень сывороточной концентрации 25(OH)D: $24,87 \pm 3,08$ нг/мл), и лишь у 37,7% ($n=23$) участников статус витамина D был нормальным (средний уровень сывороточной концентрации 25(OH)D $39,45 \pm 10,33$ нг/мл). Общий популяционный показатель в зимний период характеризовался медианой 26,66 нг/мл при межквартильном размахе 14,09 нг/мл, что отражает значительную вариабельность индивидуальных показателей в исследуемой выборке.

В точке 3 (август), после предполагаемого периода естественной инсоляции, доля спортсменов с дефицитом витамина D сократилась более чем в два раза - до 11,5% ($n=7$). При этом средний уровень сывороточной концентрации 25(OH)D в этой категории изменился незначительно и составил $16,71 \pm 2,56$ нг/мл. Количество участников с недостаточностью витамина D увеличилось до 39,3% ($n=24$), а средний уровень сывороточной концентрации 25(OH)D в этой группе составил $25,05 \pm 2,36$ нг/мл. Наиболее заметные изменения зафиксированы в группе с нормальным уровнем витамина D. Количество таких спортсменов возросло до 49,2% ($n=30$) - при незначительном изменении среднего уровня сывороточной концентрации 25(OH)D $38,42 \pm 6,78$ нг/мл. Общий популяционный показатель в летний период увеличился до $30,67 \pm 9,50$ нг/мл, что демонстрирует статистически значимую положительную динамику по сравнению с зимним периодом ($p = 0,0263$).

Несмотря на положительную динамику в отношении среднего уровня сывороточной концентрации 25(OH)D значительная часть спортсменов (50,8%) даже в период максимально возможной инсоляции имели недостаточность и дефицит витамина D. Это может свидетельствовать о недостаточной экспозиции солнечного света, либо о наличии факторов, ограничивающих синтез витамина D (использование солнцезащитных средств, тренировки в закрытых помещениях и др.). Полученные данные о сезонных изменениях концентрации 25(OH)D и распределении футболистов по категориям обеспеченности витамином D представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Сывороточная концентрация 25(OH)D участников исследования в зимний (февраль) и летний (август) периоды, которые не использовали никаких методов по коррекции и профилактике дефицита и недостаточности витамина D

Статус витамина D [26]	Февраль 2024 г. (n = 61)	Август 2024 г. (n = 61)	p
Дефицит, абс. (%)	16 (26,2)	7 (11,5)	0,0992
Концентрация 25(OH)D, нг/мл (M ± SD)	15,64 ± 2,54 нг/мл	16,71 ± 2,56 нг/мл	
Недостаточность, абс. (%)	22 (36,1)	24 (39,3)	0,6321
Концентрация 25(OH)D, нг/мл (M ± SD)	24,87 ± 3,08 нг/мл	25,05 ± 2,36 нг/мл	
Норма, абс. (%)	23 (37,7)	30 (49,2)	0,3280
Концентрация 25(OH)D, нг/мл (Me [Q1-Q3])	33,98 [32,78–39,62] нг/мл	36,75 [34,23–40,38] нг/мл	
Общая концентрация 25(OH)D, нг/мл (Me [Q1-Q3])	26,66 [19,39–33,48] нг/мл	29,80 [24,70–36,60] нг/мл	0,0263

Анализ сезонной динамики концентрации 25(OH)D у профессиональных футболистов выявил ряд важных закономерностей, требующих детального рассмотрения. Несмотря на визуально наблюдаемую положительную тенденцию к улучшению статуса витамина D в летний период (увеличение доли спортсменов с нормальным уровнем сывороточной концентрацией 25(OH)D с 37,7% до 49,2% и снижение распространенности дефицита с 26,2% до 11,5%), статистический анализ не подтвердил значимость этих изменений ($p > 0,05$). Первичная оценка с использованием стандартных критериев показала, что значение p превышало порог статистической значимости ($p > 0,05$), что потребовало применения более строгих методов анализа с учетом проблемы множественных сравнений.

После коррекции по методу Бонферрони, который является одним из наиболее консервативных подходов к учету множественных сравнений, скорректированное значение p составило 0,0781. Этот результат, хотя и приближается к порогу статистической значимости, тем не менее формально не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между февральскими и августовскими показателями. Дополнительный анализ с использованием точного критерия Фишера, который особенно важен при работе с относительно небольшими выборками и редкими событиями, также не выявил

статистически значимых различий в доле спортсменов с дефицитом витамина D между исследуемыми временными точками ($p = 0,12$).

Наблюдаемые сезонные колебания, хотя и демонстрируют ожидаемую тенденцию к улучшению статуса витамина D в летний период, имеют недостаточную величину для преодоления порога статистической значимости в данной выборке. Полученные результаты свидетельствуют о том, что естественная инсоляция в условиях спортивной деятельности может быть недостаточной для полноценной коррекции витаминного статуса у значительной части спортсменов.

В ходе анализа динамики изменений показателей между февралем и августом получены следующие результаты. Среди лиц, имевших в феврале дефицит (16 человек), к августу у 3 из них сохранялся дефицит, у 6 выявлена недостаточность, и только у 7 отмечены нормальные значения. Из числа участников с недостаточностью в феврале (22 человека), к августу у 2 из них статус витамина D стал дефицитным, у 13 наблюдали сохраненную недостаточность, а у 7 достигнуты нормальные значения. Среди тех, кто имел нормальные значения в феврале (23 человека), к августу у 2 выявлен дефицит, у 5 - недостаточность, и у 16 отметили сохранение нормальных показателей (Таблица 9).

Таблица 9 – Динамика статуса витамина D участников исследования в зимний и летний периоды, которые не использовали никаких методов по коррекции и профилактике дефицита и недостаточности витамина D

Февраль \ Август	Дефицитный статус витамина D (n)	Недостаточный статус витамина D (n)	Нормальный статус витамина D (n)
Дефицитный статус витамина D (n)	3	6	7
Недостаточный статус витамина D (n)	2	13	7
Нормальный статус витамина D (n)	2	5	16

В результате проведения исследования подтверждены данные, свидетельствующие о том, что уровень инсоляции, характерной для

географического региона, в котором находится г. Москва, является недостаточным для поддержания сывороточной концентрации 25(OH)D в диапазоне нормальных значений. Также продемонстрировано, что динамика изменения концентрации 25(OH)D может носить разнонаправленный характер: несмотря на его нормальные значения зимний период, возможен «переход» (изменение статуса витамина D) в дефицитное состояние. Таким образом, повышенный уровень инсоляции (повышение УФ-индекса в летний период) в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, не позволяет обоснованно рассчитывать на значительное повышение сывороточной концентрации 25(OH)D в крови и гарантировать однонаправленное изменение его концентрации (от дефицита и недостаточности к недостаточности и нормальным значениям, соответственно), в изучаемой группе спортсменов.

3.4. Влияние статуса витамина D на физическую работоспособность и спортспецифичные навыки юных футболистов

Общая численность проанализированной выборки составила 170 участников, распределенных на три группы в соответствии со статусом витамина D (IIA, IIB и IIC). В группы с нормальным (IIA) и недостаточным (IIB) средними уровнями сывороточной концентрации 25(OH)D включили по 61 участнику (по 35,9%), а в группу с дефицитом (IIC) – 48 участников (28,2%). Группы не имели статистически значимых различий по возрасту, росту, массе тела и индексу массы тела ($p = 0,453$, $p = 0,491$, $p = 0,820$ и $p = 0,980$, соответственно), что указывает на гомогенность исследуемой популяции по этим базовым параметрам независимо от статуса витамина D.

Средняя сывороточная концентрация 25(OH)D в группе IIA составила $39,00 \pm 10,47$ нг/мл, в группе IIB она составила $25,11 \pm 3,17$ нг/мл и в группе IIC – $15,48 \pm 2,55$ нг/мл. Как и ожидалось, статистический анализ выявил статистически значимые различия в средних концентрациях 25(OH)D между тремя группами ($p = 0,000$) (Таблица 10).

Таблица 10 – Антропометрические показатели участников исследования с разным статусом витамина D

Группа	Количество (n (%))	25(OH)D нг/мл	Возраст, годы	Рост, см	Масса тела, кг	ИМТ кг/м ²
ПА (Нормальный статус витамина D)	61 (35,9%)	39,00± 10,47	13,49± 2,62	165,07± 15,74	53,13± 15,65	18,98±2,55
ПВ (Недостаточный статус витамина D)	61 (35,9%)	25,11± 3,17	13,46± 2,79	162,3± 15,99	51,25± 16,17	18,87±2,74
ПС (Дефицитный статус витамина D)	48 (28,2%)	15,48± 2,55	12,93± 2,81	161,94± 19,97	52,14± 19,73	18,98±2,93
<i>p</i>		<u>0,000</u>	0,453	0,491	0,820	0,980

В рамках проведенного исследования осуществлена комплексная оценка физических качеств и спортспецифичных навыков у участников с различным статусом витамина D, что позволило получить детализированные данные о возможном влиянии данного фактора на двигательные способности. Статистический анализ с использованием критерия значимости (p-значение) выявил, что единственным параметром, в котором наблюдались достоверные межгрупповые различия ($p=0,046$), оказался горизонтальный прыжок в длину с места. Во всех остальных тестах, включая спринтерские дистанции (5, 10, 20 и 30 метров), взрывную силу (CMJ), нереактивную маневренность (дриблинг, COD и T-test), статистически значимых различий между группами выявлено не было ($p>0,05$) (Таблица 11).

Таблица 11 – Результаты тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков у участников исследования с разным статусом витамина D

Группа	Количество (n (%))	Спринт 5 м, сек	Спринт 10 м, сек	Спринт 20 м, сек	Спринт 30 м, сек	СМГ, см	Прыжок в длину с места, см	Дриблинг, сек	COD, сек	Т-тест, сек
ПА (Нормальный статус витамина D)	61 (35,9%)	1,13± 0,09	1,91± 0,13	3,31± 0,27	4,64± 0,42	37,26± 7,32	212,28± 30,15	9,85± 0,77	7,88± 0,43	9,07± 0,63
ПВ (Недостаточный статус витамина D)	61 (35,9%)	1,12± 0,09	1,91± 0,13	3,32± 0,27	4,66± 0,42	37,34± 8,14	207,17± 33,28	9,89± 0,92	7,88± 0,48	9,04± 0,64
ПС (Дефицитный статус витамина D)	48 (28,2%)	1,13± 0,07	1,92± 0,12	3,34± 0,24	4,69± 0,39	36,21± 7,21	196,33± 29,18	10,09± 0,90	8,01± 0,46	9,14± 0,59
<i>p</i>		0,777	0,880	0,874	0,751	0,682	<u>0,046</u>	0,323	0,233	0,743

Таким образом, что статус витамина D оказывает ограниченное влияние на общий спектр физических качеств и спортспецифичных навыков у юных футболистов. Наиболее выраженная корреляция прослеживается в показателе прыжка в длину с места, где участники группы ПС продемонстрировали статистически значимо более низкие результаты по сравнению с группами ПА и ПВ. Однако отсутствие значимых различий в других тестах позволяет предположить,

что влияние витамина D на двигательные функции может быть избирательным и требующим дальнейшего изучения с учетом дополнительных факторов.

В ходе проведенного исследования выполнен сравнительный анализ антропометрических показателей и уровня витамина D у участников, разделенных на две группы в соответствии с перцентильным распределением сывороточной концентрации 25(OH)D. Группа, находящаяся в 25 перцентиле - IID ($n = 43$, 25,3% от общей выборки), характеризовалась достоверно более низким уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D, составившим $15,04 \pm 2,31$ нг/мл, что соответствует недостаточности витамина D. В то же время группа, отнесенная к 75 перцентилю - IIE ($n = 43$, 25,3%), продемонстрировала значительно более высокие значения данного показателя - $42,04 \pm 11,13$ нг/мл, что находится в пределах референсных значений нормального статуса витамина D. Статистический анализ подтвердил высокую значимость различий между группами по этому параметру ($p=0,000$).

При этом важно отметить, что несмотря на существенную разницу в уровне сывороточной концентрации 25(OH)D, сравнительный анализ антропометрических характеристик не выявил статистически значимых различий между группами ни в возрасте ($p=0,192$), ни в росте ($p=0,073$), ни в массе тела ($p=0,242$), ни в ИМТ ($p=0,574$) (Таблица 12).

То есть существенные различия в статусе витамина D между группами IIE и IID не сопровождались сопутствующими различиями в основных антропометрических показателях. Это позволяет предположить, что вариабельность уровня витамина D в исследуемой популяции может быть обусловлена не столько антропометрическими характеристиками, сколько другими факторами, такими как особенности питания, уровень инсоляции, физическая активность или генетическая предрасположенность. Особого внимания заслуживает тот факт, что даже значительная разница в концентрации 25(OH)D (практически трехкратная) не ассоциировалась с различиями в ИМТ.

Таблица 12 – Антропометрические показатели у участников исследования, находящихся в 75 и 25 перцентиле по сывороточной концентрации 25(OH)D

Группа	Количество (n (%))	25(OH)D нг/мл	Возраст, годы	Рост, см	Масса тела, кг	ИМТ кг/м ²
ПД (25 перцентиль)	43 (25,3%)	15,04± 2,31	12,88± 2,69	161,4± 19,3	51,71± 19,53	18,96± 2,99
ПЕ (75 перцентиль)	43 (25,3%)	42,04± 11,13	13,89± 2,61	168,42± 14,25	55,96± 15,4	19,28± 2,6
<i>p</i>		<u>0,000</u>	0,192	0,073	0,242	0,574

В рамках проведенного исследования осуществлен сравнительный анализ показателей физических качеств и спортспецифичных навыков у участников, разделенных на группы по уровню сывороточной концентрации 25(OH)D, с использованием перцентильного подхода. Статистический анализ с использованием критерия значимости выявил, что единственным параметром, демонстрирующим достоверные различия между группами ($p=0,031$), оказался горизонтальный прыжок в длину с места. Примечательно, что данное различие сохраняет свою статистическую значимость даже после поправки на возможные факторы. Все остальные исследуемые параметры, включая скорость, взрывную силу, и нереактивную маневренность не продемонстрировали статистически значимых различий между группами ($p>0,05$) (Таблица 13).

Таблица 13 – Результаты тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков у участников исследования, находящихся в 75 и 25 перцентиле по сывороточной концентрации 25(OH)D

Группа	Количество (n (%))	Спринт 5 м, сек	Спринт 10 м, сек	Спринт 20 м, сек	Спринт 30 м, сек	СМЖ, см	Прыжок в длину с ме- ста, см	Дриблинг, сек	COD, сек	Т-тест, сек
IID (25-й перцентиль)	43 (25,3%)	1,14 ± 0,07	1,93 ± 0,11	3,35 ± 0,23	4,7± 0,37	35,98 ± 7,18	195,5± 26,31	10,13 ± 0,91	8,01 ± 0,46	9,15 ± 0,58
IE (75-й перцентиль)	43 (25,3%)	1,12 ± 0,10	1,9± 0,13	3,28 ± 0,27	4,58 ± 0,42	38,16 ± 7,93	215,06 ± 30,73	9,77± 0,77	7,85 ± 0,77	9,00 ± 0,60
<i>p</i>		0,77 4	0,59 8	0,38 6	0,32 6	0,357	<u>0,031</u>	0,125	0,21 3	0,61 7

В ходе проведенного исследования выполнен корреляционный анализ для оценки взаимосвязей между сывороточной концентрацией 25(OH)D и различными показателями физической работоспособности с использованием непараметрического коэффициента корреляции Спирмена. Полученные результаты выявили комплексную картину взаимосвязей, демонстрирующую избирательное влияние витаминного статуса на отдельные компоненты физических качеств. Выявленные взаимосвязи носят преимущественно слабый характер, что соответствует данным современных исследований о комплексном и многофакторном характере детерминации физических качеств. Наиболее выраженные корреляции наблюдались для показателей, требующих сложной межмышечной координации и взрывных усилий (горизонтальный прыжок в длину

с места, дриблинг, COD), что может свидетельствовать об особой роли витамина D в нейромышечной регуляции (Таблица 14).

Таблица 14 – Корреляционный анализ результатов тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков и сывороточной концентрации 25(OH)D у участников исследования

Тест	Корреляция	<i>p</i>
Спринт 5	-0,044	0,609
Спринт 10	-0,099	0,250
Спринт 20	-0,134	0,121
Спринт 30	-0,147	0,088
СМЖ	0,159	0,064
Горизонтальный прыжок в длину с места	0,209	<u>0,015</u>
Дриблинг	-0,214	<u>0,012</u>
COD	-0,225	<u>0,008</u>
Т-тест	-0,121	0,160

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕКЦИИ СТАТУСА ВИТАМИНА D

4.1. Результаты применения программы коррекции статуса витамина D у юных футболистов

В ходе проведенного исследования выполнен сравнительный анализ динамики показателей витаминно-минерального обмена у участников основной - IIIA (n=25) и контрольной - IIIB (n=23) групп до и после шестинедельного периода коррекции статуса витамина D. Исходные данные, полученные в точке 1 исследования (феврале), продемонстрировали статистически схожие значения сывороточной концентрации 25(OH)D в обеих группах: $15,59 \pm 2,66$ нг/мл в группе IIIA и $15,56 \pm 2,30$ нг/мл в группе IIIB ($p=0,971$), что соответствует состоянию дефицита витамина D и подтверждает сопоставимость групп.

После проведения шестинедельного вмешательства зафиксированы существенные различия в динамике изучаемых показателей между группами. В группе IIIA, получавшей диетическую добавку, содержащую холекальциферол, средняя сывороточная концентрация 25(OH)D в точке 2 (мае) составила $30,25 \pm 5,17$ нг/мл, что соответствует нижней границе референсных значений нормального статуса витамина D. В группе IIIB наблюдался значительно менее выраженный прирост показателя - до $20,59 \pm 5,56$ нг/мл ($p<0,001$). Анализ абсолютных изменений сывороточной концентрации 25(OH)D между точками исследования выявил статистически значимую разницу между группами: в группе IIIA прирост составил $14,66 \pm 5,98$ нг/мл, а в IIIB - $5,37 \pm 5,02$ нг/мл ($p<0,001$).

Также, после проведения шестинедельного вмешательства в группе IIIA, 60% участников достигли нормальных значений сывороточной концентрации 25(OH)D, в то время как в группе IIIB лишь один участник (4,3%) показал результат, соответствующий нормальному статусу витамина D. Этот факт имеет важное практическое значение, так как демонстрирует эффективность применяемой программы коррекции витаминной недостаточности.

При анализе других показателей витаминно-минерального обмена не выявлено статистически значимых различий между группами ни на одном из этапов исследования (Таблица 15).

Таблица 15 – Показатели кальциево-фосфорного обмена у участников исследования групп

Параметр	IIA (Основная группа) (n=25)	IIIB (Контрольная группа) (n=23)	p
Точка 1, сывороточная концентрация 25(OH)D (нг/мл)	15,59±2,66	15,56±2,30	0,971
Точка 2, сывороточная концентрация 25(OH)D (нг/мл)	30,25±5,17	20,59±5,56	<u><0,001</u>
Изменение сывороточной концентрации 25(OH)D между точкой 1 и точкой 2 (нг/мл)	14,66±5,98	5,37±5,02	<u><0,001</u>
Ионизированный кальций (ммоль/л)	1,21±0,02	1,19±0,07	0,684
Кальций (ммоль/л)	2,39±0,07	2,42±0,08	0,556
Паратиреоидный гормон (пг/мл)	39,44±16,90	48,61±20,02	0,514
Фосфор (мг/л)	262,61±13,72	274,17±18,01	0,325

Анализ динамики изменений уровня сывороточной концентрации 25(OH)D среди участников исследования выявил значимые межгрупповые различия в эффективности коррекции дефицита витамина D. Из 48 обследованных футболистов, у 36 (75% от общего количества обследуемых) зафиксировано изменение статуса витамина D, что свидетельствует о достаточно высокой общей восприимчивости к проводимым вмешательствам. В группе IIA лишь у 2 участников из 25 (8,00%) сохранился дефицитный статус витамина D после завершения курса вмешательства. Этот показатель существенно отличается от такового в группе IIIB, где 10 из 23 участников (43,47%) продолжали демонстрировать показатели, соответствующие дефицитному статусу витамина D.

4.2. Распространенность побочных эффектов среди юных футболистов, ассоциированных с приемом диетической добавки, содержащей холекальциферол

Настоящее исследование включало комплексную оценку переносимости диетической добавки, содержащей холекальциферол (витамин D3) среди юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции. Данная географическая характеристика обуславливает значительное снижение инсоляции, особенно в осенне-зимний период, что является ключевым фактором риска развития дефицита витамина D и потенциально может влиять на метаболизм экзогенно вводимого холекальциферола.

Для выявления возможных нежелательных явлений, потенциально ассоциированных с приемом диетической добавки, реализован проспективный многоуровневый мониторинг, включающий регулярные структурированные опросы участников, фиксацию сообщений о любых изменениях самочувствия от участников, родителей или тренеров, периодический осмотр участников исследовательской группой с акцентом на возможные признаки интоксикации витамином D, а также определение сывороточных уровней кальция (общего и ионизированного), фосфора, и ПТГ для выявления биохимических признаков потенциальных осложнений избыточного приема витамина D.

В ходе исследования, не зарегистрировано ни одного случая побочных реакций, которые участники исследования, их родители / законные представители или медицинский персонал связали бы с приемом исследуемой диетической добавки, содержащей холекальциферол. Не зафиксировано сообщений о стойких или тяжелых субъективных жалобах (таких как тошнота, рвота, запор, диарея, головная боль, выраженная утомляемость, мышечная слабость, жажда, учащенное мочеиспускание), которые возникли бы после начала приема диетической добавки, содержащей холекальциферол.

Результаты биохимического мониторинга у всех участников оставались в пределах референсных значений для соответствующей возрастной группы на

протяжении исследования. Не наблюдали признаков развития гиперкальциемии, гиперкальциурии, гиперфосфатемии или угнетения секреции ПТГ, что является ключевым индикатором безопасности применяемых доз холекальциферола. Благоприятный профиль переносимости поддерживает возможность использования данной диетической добавки, содержащей холекальциферол в качестве компонента нутритивной поддержки юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование, выполненное в рамках специальности 3.1.33, представляет собой комплексную работу, направленную на решение актуальной проблемы современного спорта и здравоохранения – высокой распространенности дефицита витамина D среди юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции. Интенсивность УФ-излучения зимой и осенью (УФ-индекс 0-3) в городе Москва, существенно ниже, чем в южных странах, а тренировочный процесс юных футболистов в осенне-зимний период преимущественно проходит в закрытых помещениях. Это сочетание географических и антропогенных факторов формирует условия для развития дефицита витамина D.

Исследование выполнено с применением методов анкетирования, анализа общего содержания 25(OH)D, кальция, ионизированного кальция, фосфора и паратиреоидного гормона в сыворотке крови методом жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии (февраль, май, август 2024), антропометрии, определения статуса соматического созревания, тестирования физических качеств и спортспецифичных навыков и коррекции состояния дефицита витамина D через пероральный прием комплексной пищевой добавки от компании «NOW Foods» (США) «Vitamin D-3».

Результаты I этапа исследования с участием 209 юных футболистов академии высшего уровня в возрасте 7-18 лет продемонстрировала что в зимний период в феврале только 34,9% спортсменов имели нормальный статус витамина D ($25(\text{OH})\text{D} \geq 30$ нг/мл), в то время как недостаточность (20-30 нг/мл) диагностирована у 38,3%, а выраженный дефицит (< 20 нг/мл) – у 26,8% участников. Средняя концентрация 25(OH)D составила $27,45 \pm 11,48$ нг/мл, что значительно ниже рекомендуемых значений (Таблица 3). Принципиально важным является отсутствие значимых различий в распространенности дефицита между разными возрастными группами (6-9, 10-14, 15-18 лет) и фазами скачка роста, что указывает на актуальность этой проблемы для юных футболистов разных возрастов,

проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции (Таблицы 4 и 5). Среди факторов, обуславливающих широкую распространенность недостаточности витамина D среди участников проведенного исследования, можно выделить постоянное проживание в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, особенности учебного и тренировочного процессов (занятие в школе в закрытых помещениях до 15:00 и вечерние тренировки по футболу в манеже). Наличие этих факторов практически исключало возможность получения участниками исследования адекватной по длительности и интенсивности инсоляции, которая является основным источником эндогенного витамина D в организме человека. Дополнительным фактором могло быть отсутствие в рационе питания пищевых источников витамина D, что выявлено по результатам опроса участников – никто из участников исследования не использовал на регулярной основе необходимом количестве продукты, богатые витамином D (рыбий жир, морская рыба, устрицы, куриные яйца и грибы). Полученные данные подчеркивают системный характер проблемы, связанный прежде всего с внешними факторами (регион проживания, тренировочный режим, образ жизни и характер питания), а не с индивидуальными особенностями развития.

На I этапе исследования проведен анализ эффективности самостоятельно применяемых спортсменами мер профилактики дефицита витамина D. Данные, полученные с помощью валидированного для использования на русском языке опросника, показали, что несмотря на относительно высокую распространенность самостоятельного приема диетических добавок витамина D (52,6% от общего количества обследуемых), реальная эффективность этих мер оказалась низкой. Средняя сывороточная концентрация 25(OH)D среди самостоятельно принимающих диетические добавки с витамином D и их не принимающих участников была сопоставимо низкой и составила $28,06 \pm 10,63$ и $26,76 \pm 12,37$ ($p > 0,05$). Распространенность дефицита и недостаточности витамина D в этих группах также не имела статистически значимых различий ($p > 0,05$). Важно отметить, что единственным методом профилактики дефицита и недостаточности витамина D было применение диетических добавок с холекальциферолом. При

этом подавляющее большинство спортсменов (84,2% от общего количества обследуемых) не знали точной дозировки принимаемого холекальциферола, а в случаях, когда она была известна, данный показатель варьировался в диапазоне от 500 до 1500 МЕ в сутки (Таблицы 6 и 7). Таким образом, I этап исследования не только подтвердил высокую распространенность дефицита, но и продемонстрировал недостаточную эффективность единственного используемого юными футболистами метода профилактики дефицита и недостаточности витамина D, что создало научное обоснование для разработки структурированной программы коррекции.

Широкая распространенность недостаточности и дефицита витамина D среди юных футболистов, постоянно проживающих в регионах с низким уровнем инсоляции, диктует необходимость внедрения в практику системного использования различных мер профилактики с достаточной эффективностью, включая употребление богатых витамином D продуктов [69], диетических добавок, содержащих адекватное количество холекальциферола [267], использование солярия [273] и нахождение на открытом воздухе в период наиболее интенсивного УФ-излучения (с 10:00 до 15:00) [267] с открытой кожей без использования солнцезащитного крема [219, 256]. Продукты, богатые витамином D, включают рыбий жир (8400 МЕ/100 г), морскую рыбу (200-650 МЕ/100 г), устрицы (320 МЕ/100 г), куриные яйца (125 МЕ/100 г) и грибы (75 МЕ/100 г) [256] - по результатам заполненных анкет, в рационе участников большинство этих продуктов отсутствовали. Кроме того, их школьное расписание (с 9:00 утра до 15:00 дня) ограничивало их пребывание на открытом воздухе в часы наиболее активного солнечного света [141].

При изучении сезонной динамики статуса витамина D среди юных футболистов получены важные для практической деятельности результаты. Наблюдение за 61 юным футболистом с исходным дефицитом, не принимавшим диетических добавок, содержащих холекальциферол в весенне-летний период, продемонстрировало, что даже ежедневные тренировки на открытом воздухе длительностью около полутора часов недостаточны для поддержания на должном

уровне статуса витамина D у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции. Несмотря на то, что количество спортсменов с дефицитом в августе была ниже, чем в феврале (11,5% и 26,2%, соответственно), а количество спортсменов с нормальными значениями выросла (49,2% и 37,7%, соответственно) количество участников с недостаточным или дефицитным статусом оставалась высокой и составляло 50.8% от общего количества обследуемых (Таблицы 8 и 9). Таким образом, продемонстрировано, что естественная инсоляция в условиях проживания в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, не может рассматриваться как эффективный метод профилактики и коррекции дефицита витамина D у интенсивно тренирующихся юных спортсменов, что делает вопрос своевременного выявления и коррекции недостаточности дефицита витамина D в этой группе чрезвычайно актуальным.

На II этапе исследования изучено влияние статуса витамина D на физическую работоспособность и спортспецифичные навыки юных футболистов. Необходимо отметить, что в современной научной литературе имеющиеся до настоящего времени данные по этому вопросу можно считать противоречивыми. В связи с этим проведено тестирование физических качеств и спортспецифичных навыков 170 юных футболистов. Батарея тестирования состояла из релевантных для футбола тестов и включала линейные спринты на 5, 10, 20 и 30 метров, вертикальный прыжок с противодвижением, горизонтальный прыжок в длину с места, дриблинг, Т-тест, бег со сменой направления. Для проведения тестирований использовались система хронометража SmartSpeed Plus и прыжковый мат SmartJump (компания ValPerformance, Австралия), которые наиболее часто используются для проведения тестирований в ведущих спортивных организациях. Полученные данные продемонстрировали ограниченное влияние статуса витамина D на большинство анализируемых параметров (Таблицы 10-14). Статистически значимые различия между группами с дефицитом, недостаточностью и нормальным уровнем сывороточной концентрации 25(OH)D обнаружены лишь для одного показателя – горизонтального прыжка в длину с места ($p=0,046$): спортсмены с дефицитом витамина D показали худшие результаты при сравнении

со спортсменами с нормальными значениями ($196,33 \pm 29,18$ см и $212,28 \pm 30,15$ см, соответственно). Корреляционный анализ также выявил слабые, но значимые связи между сывороточной концентрацией 25(OH)D и горизонтальным прыжком в длину с места ($r=0,209$, $p=0,015$), дриблингом ($r=-0,214$, $p=0,012$) и бегом со сменой направления ($r=-0,225$, $p=0,008$). Однако отсутствие значимых различий в ключевых для успешности в футболе линейных спринтах, взрывной силе и комплексной ловкости, позволяет предположить, что влияние дефицита витамина D на физическую работоспособность у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции может быть менее выраженным, чем в общей популяции или у спортсменов более низкой квалификации, что может быть связано с высоким уровнем их тренированности.

На III этапе исследования проведен анализ эффективности и переносимости программы коррекции дефицита витамина D с использованием перорального применения диетических добавок с холекальциферолом в дозе 15 000 МЕ один раз в неделю в течение шести недель (суммарная доза 90 000 МЕ) у юных футболистов с исходно подтвержденным дефицитом (сывороточная концентрация 25(OH)D менее 20 нг/мл). Согласно имеющимся данным, именно пероральный прием диетических добавок, содержащих холекальциферол, является наиболее распространенным методом коррекции дефицита и недостаточности витамина D [52, 259], но также используются инъекционные формы, стратегии, связанные с приемом пищи и режимом питания [229].

Шестинедельный курс еженедельного приема холекальциферола в дозе 15 000 МЕ эффективно устраняет дефицит витамина D у юных футболистов, постоянно проживающих в географических регионах с низким уровнем инсоляции, при минимальном воздействии весенних тренировок на открытом воздухе, а также обладает хорошей переносимостью [253]. Полученные данные продемонстрировали эффективность и хорошую переносимость используемой программы коррекции дефицита витамина D. Среди участников, использующих диетические добавки, содержащие холекальциферол (основная группа) наблюдали значительное увеличение сывороточной концентрации 25(OH)D: с $15,59 \pm 2,66$ нг/мл

до $30,25 \pm 5,17$ нг/мл ($p < 0,001$). В то же время среди участников, не использующих диетические добавки, содержащие холекальциферол (контрольная группа) изменения были статистически незначимыми: $15,56 \pm 2,30$ нг/мл и $20,59 \pm 5,56$ нг/мл, соответственно ($p > 0,05$) (Таблица 15). Необходимо отметить, что при использовании перорального применения диетических добавок с холекальциферолом в дозе 15 000 МЕ один раз в неделю в течение шести недель не продемонстрировано повышения основных параметров кальциево-фосфорного обмена (ионизированный кальций, общий кальций, паратиреоидный гормон, фосфор) выше референсных значений, а также развитие сколь-либо клинически значимых побочных эффектов. Таким образом, полученные данные подтверждают не только эффективность используемой программы коррекции, но и его хорошую переносимость и безопасность в отношении юных спортсменов.

Таким образом, настоящее исследование вносит существенный вклад в спортивную медицину, предоставляя научно обоснованные решения для одной из самых распространенных проблем здоровья юных спортсменов в регионах с низкой инсоляцией. Она подтверждает высокую распространенность дефицита витамина D среди юных футболистов, демонстрирует неэффективность самостоятельно применяемых методов профилактики, устанавливает ограниченное влияние витаминного статуса на физические качества и спортспецифичные навыки у юных футболистов, а также демонстрирует эффективность и хорошую переносимость для программы коррекции дефицита витамина D с использованием 15 000 МЕ холекальциферола один раз в неделю в течение шести недель.

ВЫВОДЫ

1. Свыше 60% юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции имеют недостаточность и дефицит витамина D, а скачок роста не приводит к увеличению их распространенности.

2. Самостоятельно используемые методы профилактики дефицита и недостаточности витамина D, среди юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции являются недостаточно эффективными и не позволяют обеспечить необходимую сывороточную концентрацию 25(OH)D.

3. Статус витамина D не оказывает значимого влияния на большинство скоростно-силовых показателей и спортспецифичных навыков юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции.

4. Шестинедельная коррекция дефицита витамина D с использованием перорального приема холекальциферола в дозе 15 000 МЕ один раз в неделю у юных футболистов, постоянно проживающих в географическом регионе с низким уровнем инсоляции, можно признать эффективным и хорошо переносимым методом.

5. Роль тренировок юных футболистов с дефицитом витамина D на открытом воздухе в весенне-летний период для коррекции недостаточности и дефицита незначительна и не позволяет обеспечить необходимую концентрацию 25(OH)D у большинства из них.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Регулярный скрининг уровня сывороточной концентрации 25(OH)D следует проводить всем юным футболистам, постоянно проживающим в географических регионах с низким уровнем инсоляции, независимо от фазы скачка роста, так как дефицит (уровень сывороточной концентрации 25(OH)D <20 нг/мл) и недостаточность (20–30 нг/мл) широко распространены в данной группе.

2. Самостоятельные методы профилактики дефицита витамина D (например, нерегулярный прием добавок или эпизодическая коррекция рациона) демонстрируют низкую эффективность. Рекомендуется внедрение структурированных программ под контролем медицинских специалистов, включающих периодический мониторинг уровня сывороточной концентрации 25(OH)D.

3. Тренировки на открытом воздухе в весенне-летний период не могут рассматриваться как достаточный метод коррекции дефицита витамина D. Для достижения оптимального уровня сывороточной концентрации 25(OH)D необходимо сочетание инсоляции с пероральным приемом холекальциферола, особенно в условиях короткого светового дня.

4. Статус витамина D оказывает ограниченное влияние на силовые показатели юных футболистов, но при этом их влияние на скорость и нерективную маневренность является статистически не значимым. Однако поддержание его нормального уровня важно для долгосрочного здоровья костно-мышечной системы и профилактики травм.

5. Шестинедельная коррекция дефицита с использованием перорального приема холекальциферола в дозе 15 000 МЕ один раз в неделю является эффективным и хорошо переносимым методом для юных футболистов. Данный режим может быть рекомендован для внедрения в спортивных академиях, расположенных в географических регионах с низким уровнем инсоляции.

6. Интеграция нутритивной поддержки в программы подготовки юных спортсменов должна включать образовательные мероприятия для тренеров и

родителей о важности витамина D, а также разработку индивидуальных планов коррекции его дефицита с учетом сезонности и тренировочного графика.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

25(OH)D – 25-гидроксивитамин D

ВАДА – Всемирное антидопинговое агентство

BDPЭ – витамин D-регуляторный элемент

ВЭЖХ-МС/МС – высокоэффективная жидкостная хроматография с tandemной масс-спектрометрией

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота

ИМТ – индекс массы тела

ИХЛА – иммунохемилюминесцентный анализ

МЕ — международная единица

нг/мл – нанограмм на миллилитр

ПЭ – побочные эффекты

ПТГ – паратиреоидный гормон

PBD – рецептор витамина D

РНК – рибонуклеиновая кислота

РХР – ретиноидный X-рецептор

СПКТ – стрессовые повреждения костной ткани

УМО – углубленное медицинское освидетельствование

УФ – ультрафиолет

ФДЭ – фосфодиэстераза

CMJ – countermovement jump, прыжок с противодвижением

D2 – эргокальциферол

D3 – холекальциферол

DBP – витамин D-связывающий белок

FFLQ – food frequency and lifestyle questionnaire, опросник частоты потребления пищевых продуктов и образа жизни

ISAK – The International Society for the Advancement of Kinanthropometry,

Международное общество кинантропометрии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ уровня витамина D в сыворотке крови пациентов в Ростовской области / О. В. Агуреева, Т. Жабрева, Е. А. Скворцова [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2016. – Т. 19. – № 2. – С. 47.
2. Бахтиярова, С. А. Дефицит витамина D среди пожилых людей / С. А. Бахтиярова, О. М. Лесняк // Общая врачебная практика. – 2004. – № 1. – С. 26–32.
3. Беневоленская, Л. И. Клинические рекомендации. Остеопороз. Диагностика, профилактика и лечение / Л. И. Беневоленская. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 176 с.
4. Витамин D и его биологическая роль в организме. Сообщение 3. Методы профилактики и лекарственной коррекции недостаточности витамина D / А. Н. Касьянова, С. В. Долбня, В. А. Курьянинова [и др.] // Вестник молодого ученого. – 2016. – Т. 12. – № 1. – С. 6–13.
5. Генетические особенности чувствительности к витамину D и распространенность дефицита витамина D среди пациентов поликлиники / А. Ю. Полуэктова, Е. Ю. Мартынова, И. Р. Фатхутдинов [и др.] // Русский медицинский журнал. – 2018. – Т. 1. – № 1. – С. 11–17.
6. Гигиеническое значение дефицита витамина d у населения иркутской области и пути его профилактики / Т. А. Спасич, Е. П. Лемешевская, Л. А. Решетник [и др.] // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2014. – № 6. – С. 44-47.
7. Дефицит витамина D – фактор риска развития ожирения и сахарного диабета 2-го типа у женщин репродуктивного возраста / Т. Л. Каронова, Е. П. Михеева, Е. И. Красильникова [и др.] // Артериальная гипертензия. – 2012. – Т. 18. – № 1. – С. 25-31.
8. Дефицит витамина D в России: первые результаты регистрового неинтервенционного исследования частоты дефицита и недостаточности витамина D в различных географических регионах страны / Суплотова Л. А., Авдеева В. А.,

Пигарова Е. А. [и др.] // Проблемы эндокринологии. – 2021. – Т. 67. – № 2. – С. 84–92.

9. Дефицит витамина D. Клинические рекомендации / Российская ассоциация эндокринологов. – М., 2024. – 56 с.

10. Динамика сезонных изменений сывороточной концентрации 25(ОН)D у юных футболистов / Э. М. Усманова, Э. Н. Безуглов, М. А. Виноградов [и др.] // Вопросы практической педиатрии. – 2025. – Т. 20. – № 4. – С. 30–35.

11. Каронова, Т. Л. Уровень обеспеченности витамином D у жителей Северо-западного региона РФ и значение дефицита витамина d для здоровья / Т. Л. Каронова, Е. Гринева, И. Л. Никитина // Остеопороз и остеопатии. – 2013. – Т. 16. – № 3. – С. 3–7.

12. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых / Е. А. Пигарова, Л. Я. Рожинская, Ж. Е. Белая [и др.] // Проблемы эндокринологии. – 2016. – Т. 62. – № 4. – С. 60–84.

13. Коробицына, Р. Д. Статус витамина d населения россии репродуктивного возраста за последние 10 лет: систематический обзор / Р. Д. Коробицына, Т. Ю. Сорокина // Российская Арктика. – 2022. – Т. 18. – № 3. – С. 44–55.

14. Коровина, Н. А. Современные представления о физиологической роли витамина D у здоровых и больных детей / Н. А. Коровина, И. Н. Захарова, Ю. А. Дмитриева // Педиатрия. – 2008. – Т. 87. – № 4. – С. 124–129.

15. Мальцев, С. В. Обеспеченность витамином D детей раннего возраста из группы медико-социального риска / С. В. Мальцев, А. М. Закирова, Г. Ш. Мансурова // Практическая медицина. – 2016. – № 8. – С. 29–37.

16. Малявская, С. И. Уровни витамина D у представителей различных групп населения города Архангельска / С. И. Малявская, Г. Н. Кострова, А. В. Лебедев // Экология человека. – 2018. – № 1. – С. 60–64.

17. Маркова, Т. Н. Распространенность дефицита витамина D и факторов риска остеопороза у лиц молодого возраста / Т. Н. Маркова, Д. С. Марков, Т. Н. Маркелова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – № 3. – С. 441–446.
18. На заметку клиницисту: современный взгляд на метаболизм витамина D и полиморфизм гена рецептора витамина D / А. М. Пальшина, С. Г. Пальшина, С. Л. Сафонова, В. Г. Пальшин // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия Медицинские науки. – 2018. – Т. 13. – № 3. – С. 34-42.
19. Нарушения метаболизма витамина D при ожирении / И. И. Дедов, Н. В. Мазурина, Н. А. Огнева [и др.] // Ожирение и метаболизм. – 2011. – Т. 8. – № 2. – С. 3-10.
20. Национальная программа «Недостаточность витамина D у детей и подростков Российской Федерации: современные подходы к коррекции» / Союз педиатров России. – М: ПедиатрЪ, 2018. – 96 с.
21. Недостаточность и дефицит витамина D: что нового? / И. Н. Захарова, Ю. А. Дмитриева, С. В. Яблочкова, Е. А. Евсеева // Вопросы современной педиатрии. – 2014. – Т. 13. – № 1. – С. 134–140.
22. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. – М., 2008. – 72 с.
23. Нурлыгаянов, Р. З. Распространённость дефицита витамина d у лиц старше 50 лет, постоянно проживающих в республике Башкортостан, в период минимальной инсоляции / Р. З. Нурлыгаянов, Е. Р. Сыртланова // Остеопороз и остеопатии. – 2012. – Т. 15. – № 3. – С. 7–9.
24. Обеспеченность витамином D детей грудного возраста / И. Н. Захарова, Л. Я. Климов, В. А. Курьянинова [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2016. – Т. 61. – № 6. – С. 68–76.
25. Обеспеченность витамином D населения различных возрастных групп, проживающих в городе Архангельске / С. И. Малявская, И. Н. Захарова, Г. Н.

Кострова [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2015. – Т. 14. – № 6. – С. 681–5.

26. Обеспеченность витамином D пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, проживающих в Ханты-Мансийском автономном округе / К. А. Черепанова, В. И. Корчин, Е. А. Угорелова, Т. Я. Корчина // Журнал медико-биологических исследований. – 2020. – Т. 8. – № 1. – С. 45-53.

27. Обеспеченность витамином D различных возрастных групп населения г. Архангельска / С. И. Малявская, Г. Н. Кострова, А. В. Лебедев, Е. В. Голышева // Экология человека. – 2016. – № 12. – С. 37–42.

28. Особенности диагностики и лечения пациентов с дефицитом витамина d в условиях реальной клинической практики / Е. А. Пигарова, В. С. Глазьева, А. А. Поваляева [и др.] // Ожирение и метаболизм. – 2024. – Т. 21. – № 2. – С. 151-160.

29. Остеопороз у детей / Н. А. Коровина, Т. М. Творогова, Л. П. Гаврюшова [и др.]. – М., 2002. – 52 с.

30. Оценка обеспеченности витамином D детей Москвы и Московской области / Е. И. Кондратьева, Е. В. Лошкова, И. Н. Захарова [и др.]. // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2021. – Т. 66. – № 2. – С. 78–84.

31. Оценка обеспеченности витамином d юных спортсменов / С. А. Столярова, П. Л. Огороков, И. В. Зябкин, Е. П. Исаева // Педиатрия. – 2023. – Т. 102. – № 5. – С. 216–221.

32. Петрушкина, А. А. Эпидемиология дефицита витамина D в Российской Федерации / А. А. Петрушкина, Е. А. Пигарова, Л. Я. Рожинская // Остеопороз и остеопатии. – 2019. – Т. 21. – № 3. – С. 15–20.

33. Пигарова, Е. А. Витамин D – вопросы всасывания и метаболизма в норме и при заболеваниях желудочно-кишечного тракта / Е. А. Пигарова, Л. Е. Дзеранова, Д. А. Яценко // Ожирение и метаболизм. – 2022. – Т. 19. – № 1. – С. 123–133.

34. Проблемные вопросы диагностики и лечения дефицита витамина d у пожилых больных / И. Г. Никитин, Л. А. Бруцкая, Н. А. Гульятеева, А. С.

Подхватилина // Клиническое питание и метаболизм. – 2022. – Т. 3. – № 4. – С. 230-245.

35. Проект федеральных клинических рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D / И. И. Дедов, Г. А. Мельниченко, Н. Г. Мокрышева [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2022. – Т. 24. – № 4. – С. 4–26.

36. Профилактика и лечение дефицита витамина D: выбор оптимального подхода / Г. А. Мельниченко, Л. С. Намазова-Баранова, О. А. Громова [и др.]. // Вопросы современной педиатрии. – 2021. – Т. 20. – № 4. – С. 338–345.

37. Распространенность дефицита и недостаточности витамина D среди населения, проживающего в различных регионах Российской Федерации: результаты 1-го этапа многоцентрового поперечного рандомизированного исследования / Е. А. Пигарова, Л. Я. Рожинская, Н. Н. Катамадзе [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2021. – Т. 23. – № 4. – С. 4–12.

38. Распространенность и лечение дефицита витамина D у юных российских футболистов мужского пола в зимний период / Э. Н. Безуглов, А. А. Тихонова, А. В. Зуева [и др.] // Nutrients. – 2019. – Т. 11. – № 10. – С. 2405.

39. Результаты третьего этапа первого российского многоцентрового неинтервенционного регистрового исследования по изучению частоты дефицита и недостаточности витамина D в Российской Федерации у взрослых / Т. Л. Каронова, К. А. Головатюк, А. А. Михайлова [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2023. – Т. 26. – № 1. – С. 13–23.

40. Романцова, Е. Обеспеченность витамином d детского и взрослого населения Амурской области / Е. Романцова, Е. Борисенко, Е. Бабцева // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2016. – Т. 60. – № 1. – С. 57–61.

41. Статус витамина D у детей юга России в осенне-зимнем периоде года / Л. Я. Климов, И. Н. Захарова, В. А. Курьянинова [и др.] // Медицинский совет. – 2015. – № 14. – С. 9–14.

42. Суплотова, Л. А. Статус витамина D у жителей Тюменского региона / Л. А. Суплотова, В. А. Авдеева, Л. Я. Рожинская // Ожирение и метаболизм. – 2019. – Т. 16. – № 2. – С. 69–74.
43. Уровень витамина D у лиц старше 50 лет, постоянно проживающих в республике Башкортостан, в период максимальной инсоляции / Р. З. Нурлыгаянов, Э. Р. Сыртланов, Т. Б. Минасов, И. В. Борисов // Остеопороз и остеопатии. – 2015. – Т. 18. – № 1. – С. 7–9.
44. УФ-индекс планеты [Электронный ресурс]. URL: <https://www.foreca.com/ru/weathermap/uv-index>. (Дата обращения: 09.08.2025)
45. Хазова, Е. Л. Сезонные колебания уровня 25-гидроксиколекальциферола у беременных, проживающих в Санкт-Петербурге / Е. Л. Хазова, Л. В. Ширинян, И. Е. Зазерская // Гинекология. – 2015. – Т. 17. – № 4. – С. 38–42.
46. Шварц, Г. Я. Витамин D и D-гормон / Г. Я. Шварц. – М.: Анахарсис, 2005. – 152 с.
47. Шилин, Д. Е. Дефицит витамина D в Москве – межсезонный фактор риска остеопороза и падений «без пола и возраста» / Д. Е. Шилин, Т. А. Осипова, Л. В. Костина // Остеопороз и остеопатии. – 2010. – № 1. – С. 37.
48. Экспрессия гена VDR и развитие лейкозов / А. Г. Жумина, А. В. Ходков, З. Т. Сакенова, Г. П. Погосян // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 4. – С. 21–25.
49. Эффективность профилактики и коррекции гиповитаминоза D у детей раннего возраста в России в зависимости от региона проживания (по материалам исследования РОДНИЧОК-2) / И. Н. Захарова, О. А. Громова, Л. Я. Климов [и др.] // Медицинский Совет. – 2018. – № 2. – С. 32–41.
50. A higher dose of vitamin D reduces the risk of falls in nursing home residents: a randomized, multiple-dose study / K. E. Broe, T. C. Chen, J. Weinberg [et al.] // J. Am. Geriatr. Soc. – 2007. – Vol. 55. – № 2. – P. 234-9.

51. A quantitative point-of-need assay for the assessment of vitamin D3 deficiency / S. Vemulapati, E. Rey, D. O'Dell [et al.] // *Sci. Rep.* – 2017. – Vol. 7. – № 1. – P. 14142.
52. A randomized, double-blind, parallel study to evaluate the dose-response of three different vitamin D treatment schemes on the 25-hydroxyvitamin d serum concentration in patients with vitamin D deficiency / M. L. Schleck, J. C. Souberbielle, B. Jandrain [et al.] // *Nutrients.* – 2015. – Vol. 7. – № 7. – P. 5413-22.
53. A systematic review of the influence of skin pigmentation on changes in the concentrations of vitamin D and 25-hydroxyvitamin D in plasma/serum following experimental UV irradiation / F. Xiang, R. Lucas, F. de Gruijl, M. Norval // *Photochem. Photobiol. Sci.* – 2015. – Vol. 14. – № 12. – P. 2138-46.
54. Addressing the health benefits and risks, involving vitamin D or skin cancer, of increased sun exposure / J. Moan, A. C. Porojnicu, A. Dahlback, R. B. Setlow // *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* – 2008. – Vol. 105. – № 2. – P. 668-73.
55. Agility Testing in Youth Football (Soccer)Players; Evaluating reliability, validity, and correlates of newly developed testing protocols / A. Krolo, B. Gilic, N. Foretic [et al.] // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2020. – Vol. 17. – № 1. – P. 294.
56. Aiello, G. Exploring vitamin D synthesis and function in cardiovascular health: a narrative review / G. Aiello, M. Lombardo, S. Baldelli // *Appl. Sci.* – 2024. – Vol. 14. – № 11. – P. 4339.
57. Alnafisah, R. Y. The Impact and efficacy of vitamin D Fortification / R. Y. Alnafisah // *Nutrients.* – 2024. – Vol. 24. – № 16. – P. 4322.
58. Alshahrani, F. Vitamin D: deficiency, sufficiency and toxicity / F. Alshahrani, N. Aljohani // *Nutrients.* – 2013. – Vol. 9. – № 5. – P. 3605-3616.
59. An evaluation of the levels of vitamin D and bone turnover markers after the summer and winter periods in polish professional soccer players / A. Kopeć, K. Solarz, F. Majda [et al.] // *J. Hum. Kinet.* – 2013. – Vol. 38. – P. 135-40.
60. Analytical methods for 25-hydroxyvitamin D: advantages and limitations of the existing assays / A. Tripathi, M. Ansari, P. Dandekar, R. Jain // *J. Nutr. Biochem.* – 2022. – Vol. 109. – P. 109123.

61. Andrzejewski, M. Sprinting activities and distance covered by top level europa league soccer players / M. Andrzejewski // *Int. J. Sports Sci. Coaching*. – 2015. – Vol. 10. – № 1. – P. 39-50.
62. Aranow, C. Vitamin D and the immune system / C. Aranow // *J. Investig. Med.* – 2011. – Vol. 59. – № 6. – P. 881-886.
63. Asif, A. Vitamin D toxicity / A. Asif, N. Farooq. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025.
64. Assessment and evaluation of football performance / D. Rösch, R. Hodgson, T. L. Peterson [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2000. – Vol. 28. – № 5. – P. S29-39.
65. Assessment of the free fraction of 25-hydroxyvitamin D in serum and its regulation by albumin and the vitamin D-binding protein / D. D. Bikle, E. Gee, B. Halloran [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 1986. – Vol. 63. – № 4. – P. 954-9.
66. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function / G. L. Close, J. Russell, J. N. Cobley [et al.] // *J. Sports Sci.* – 2013. – Vol. 31. – № 4. – P. 344-53.
67. Association between vitamin D and musculoskeletal injuries: a systematic review / N. Maai, F. A. Frank, A. Meuris, N. Ferreira // *Cureus*. – 2025. – Vol. 17. – № 4. – P. e82495.
68. Association of 25-hydroxy vitamin D level with the blood pressure response to a maximum exercise test among professional indoor athletes / P. Bauer, L. Kraushaar, O. Dörr [et al.] // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2020. – Vol. 120. – № 8. – P. 1931-1941.
69. Association of physical activity and vitamin D deficiency with cognitive impairment in older adults: a population based cross-sectional analysis / J. Guo, H. Mo, L. Zuo, X. Zhang // *Front. Nutr.* – 2024. – Vol. 11. – P. 1390903.
70. Association of plasma 25-hydroxyvitamin D with physical performance in physically active children / I. Bezrati, R. Hammami, M. K. Ben Fradj [et al.] // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* – 2016. – Vol. 41. – № 11. – P. 1124-1128.

71. Bekris, E. The dribbling agility test as a potential tool for evaluating the dribbling skill in young soccer players / E. Bekris, I. Gissis, S. Kounalakis // *Res. Sports Med.* – 2018. – Vol. 26. – № 4. – P. 425-435.
72. Beneficial effects of uv-radiation: vitamin D and beyond / C. Trummer, M. Pandis, N. Verheyen [et al.] // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2016. – Vol. 13. – № 10. – P. 1028.
73. Bennett, S. L. Dispelling myths about sunscreen / S. L. Bennett, A. Khachemoune // *J. Dermatol. Treatm.* – 2022. – Vol. 33. – № 2. – P. 666-670.
74. Bikle, D. D. Vitamin D assays / D. D. Bikle. – Karger AG, 2018. – P. 14–30.
75. Bikle, D. D. Vitamin D metabolism, mechanism of action, and clinical applications / D. D. Bikle // *Chem. Biol.* – 2014. – Vol. 21. – № 3. – P. 319–329.
76. Bikle, D. D. Vitamin D: newer concepts of its metabolism and function at the basic and clinical level / D. D. Bikle // *J. Endocrine Soc.* – 2020. – Vol. 4. – № 2. – P. 15-16.
77. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications / R. M. Malina, A. D. Rogol, S. P. Cumming [et al.] // *Br. J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 49. – № 13. – P. 852-9.
78. Bizzini, M. FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide-a narrative review / M. Bizzini, J. Dvorak // *Brit. J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 49. – № 9. – P. 577–579.
79. Bleizgys, A. Vitamin D dosing: basic principles and a brief algorithm / A. Bleizgys // *Nutrients.* – 2021. – Vol. 13. – № 12. – P. 4415.
80. Body composition, eicosapentaenoic acid, and vitamin D are associated with army combat fitness test performance / J. L. Heileson, J. M. McGowen, J. M. Moris [et al.] // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* – 2022. – Vol. 19. – № 1. – P. 349-365.
81. Bone age assessments by quantitative ultrasound (sonicbone) and hand x-ray based methods are comparable / M. Rachmiel, L. Naugolni, K. Mazor-Aronovitch [et al.] // *Isr. Med. Assoc. J.* – 2017. – Vol. 19. – № 9. – P. 533-538.
82. Borel, P. Vitamin D bioavailability: state of the art / P. Borel, D. Caillaud, N. J. Cano // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* – 2015. – Vol. 55. – № 9. – P. 1193–1205.

83. Brandenburg, V. Vitamin D and secondary hyperparathyroidism in chronic kidney disease: a critical appraisal of the past, present, and the future / V. Brandenburg, M. Ketteler // *Nutrients*. – 2022. – Vol. 15. – № 14. – P. 3009.
84. Burns-Whitmore, B. Vitamin D and calcium—an overview, review of metabolism, and the importance of co-supplementation / B. Burns-Whitmore, E. Froyen, K. Isom // *Dietetics*. – 2024. – Vol. 3. – № 4. – P. 588–608.
85. Calcifediol: a review of its pharmacological characteristics and clinical use in correcting vitamin D deficiency / E. Jodar, C. Campusano, R. T. de Jongh, M. F. Holick // *Eur. J. Nutr.* – 2023. – Vol. 62. – № 4. – P. 1579-1597.
86. Calcium and vitamin D supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits / J. Lappe, D. Cullen, G Haynatzki [et al.] // *J. Bone Miner. Res.* – 2008. – Vol. 23. – № 5. – P. 741-9.
87. Cameron, N. The Tanner-Whitehouse II skeletal maturity method: rationale and applicability / N. Cameron // *Clin. Pediatr. Endocrinol.* – 1993. – Vol 2. – Suppl. 1. – P. 9–18.
88. Campillo I López, F. Vitamin D levels in an area of low solar radiation in the north of the Iberian Peninsula / F. Campillo I López // *Rev. Pediatr. Atenc. Primaria*. – 2024. – № 102. – P. 12-13.
89. Can supplementation of vitamin D improve aerobic capacity in well trained youth soccer players? / M. Jastrzębska, M. Kaczmarczyk, M. Michalczyk [et al.] // *J. Hum. Kinet.* – 2018. – Vol. 61. – P. 63-72.
90. Characteristics of vitamin D concentration in elite israeli olympic athletes / O. Abulafia, E. Ashkenazi, Y. Epstein [et al.] // *Nutrients*. – 2024. – Vol. 16. – № 16. – P. 2627.
91. Chau, Y.-Y. Vitamin D in chronic kidney disease / Y.-Y. Chau, J. Kumar // *Ind. J. Pediatr.* – 2012. – Vol. 79. – № 8. – P. 1062–1068.
92. Christensen, E. I. Megalin and cubilin: multifunctional endocytic receptors / E. I. Christensen, H. Birn // *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* – 2002. – Vol. 3. – № 4. – P. 256–266.

93. Clinical toxicology of vitamin D in pediatrics: a review and case reports / J. Levita, G. Wilar, I. Wahyuni [et al.] // *Toxics*. – 2023. – Vol. 11. – № 7. – P. 642.
94. Comparative analysis of maturation prediction methods (Moore, Mirwald, BAUSportTM): croatian female volleyball youth team example / D. Cular, T. Beslija, M. Cavala [et al.] // *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* – 2025. – Vol. 10. – № 2. – P. 171.
95. Comparative analysis of speed-power performance and sport-specific skills among elite youth soccer players with different start procedures / E. Bezuglov, A. Emanov, T. Vakhidov [et al.] // *Sports (Basel)*. – 2025. – Vol. 13. – № 10. – P. 341.
96. Consensus statement on vitamin D status assessment and supplementation: whys, whens, and hows / A. Giustina, J. P. Bilezikian, R. A. Adler [et al.] // *Endocr. Rev.* – 2024. – Vol. 45, № 5. – P. 625-654.
97. Construct validity of age at predicted adult height and BAUS skeletal age to assess biological maturity in academy soccer / L. Ruf, S. Cumming, S. Härtel [et al.] // *Ann. Hum. Biol.* – 2021. – Vol. 48. – № 2. – P. 101-109.
98. Controlled randomized open label clinical study comparing the safety and efficacy of loading schedules in vitamin D deficient patients / I. Takacs, B. Bakos, Z. Nemeth [et al.] // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* – 2023. – Vol. 231. – P. 106330.
99. Correction to: “Evaluation, treatment, and prevention of vitamin d deficiency: an endocrine society clinical practice guideline” // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2024. – Vol. 109. – № 10. – P. e1991.
100. Current vitamin D status in European and Middle East countries and strategies to prevent vitamin D deficiency: a position statement of the European Calcified Tissue Society / P. Lips, K. D. Cashman, C. Lamberg-Allardt [et al.] // *Eur. J. Endocrinol.* – 2019. – Vol. 180. – № 4. – P. P23-P54.
101. Dahlquist, D. T. Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery / D. T. Dahlquist, B. P. Dieter, M. S. Koehle // *J. Int. Soc. Sports Nutrit.* – 2015. – Vol. 12. – № 1. – P. 12-13.
102. Delrue, C. Vitamin D and vitamin d-binding protein in health and disease / C. Delrue, M. M. Speeckaert // *Int. J. Mol. Sci.* – 2023. – Vol. 24. – № 5. – P. 4642.

103. Determination of free 25(OH)D concentrations and their relationships to total 25(OH)D in multiple clinical populations / J. B. Schwartz, J. C. Gallagher, R. Jorde [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2018. – Vol. 103. – № 9. – P. 3278-3288.

104. Differential diagnosis of vitamin D-related hypercalcemia using serum vitamin D metabolite profiling / M. Kaufmann, K. P. Schlingmann, L. Berezin [et al.] // J. Bone Miner. Res. – 2021. – Vol. 36. – № 7. – P. 1340-1350.

105. Dik, D. Prevalence of vitamin D deficiency and associated risk factors among adults in Chandigarh / D. Dik, M. Kaur // Int. J. Adv. Med. Health Res. – 2020. Vol. 7. – № 2. – P. 67.

106. Does vitamin D affect strength and speed characteristics and testosterone concentration in elite young track and field athletes in the North European summer? / E. Bezuglov, M. Shoshorina, A. Lazarev [et al.] // Nutr. J. – 2023. – Vol. 22. – № 1. – P. 16.

107. Early predisposition to osteomalacia in Indian adults on phenytoin or valproate monotherapy and effective prophylaxis by simultaneous supplementation with calcium and 25-hydroxy vitamin D at recommended daily allowance dosage: a prospective study / G. Krishnamoorthy, R. Nair, U. Sundar [et al.] // Neurol. India. – 2010. – Vol. 58. – № 2. – P. 213-9.

108. Effect of carbohydrate mouth rinse on muscle strength and muscular endurance: A systematic review with meta-analysis / I. G. Rodrigues Oliveira-Silva, M. P. P. Dos Santos, S. K. Lears da Silva Santos Alves [et al.] // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 2023. – Vol. 63. – № 27. – P. 8796-8807.

109. Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: a systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes / K. Thorborg, K. K. Krommes, E. Esteve [et al.] // Br. J. Sports Med. – 2017. – Vol. 51. – № 7. – P. 562-571.

110. Effect of the COVID-19 pandemic on lower extremity injuries in Japanese collegiate men's basketball players / Y. Sekine, K. Kamada, T. Koyama [et al.] // Orthop. J. Sports Med. – 2023. – Vol. 11. – № 5. – P. 23259671231173367.

111. Effects of complex training on sprint, jump, and change of direction ability of soccer players: a systematic review and meta-analysis / R. K. Thapa, D. Lum, J. Moran, R. Ramirez-Campillo // *Front. Psychol.* – 2021. – Vol. 11. – P. 627869.

112. Effects of the FIFA 11 training program on injury prevention and performance in football players: a systematic review and meta-analysis / M. Gomes Neto, C. S. Conceição, A. J. A. de Lima Brasileiro [et al.] // *Clin. Rehabil.* – 2017. – Vol. 31. – № 5. – P. 651-659.

113. Effects of vitamin D deficiency on blood lipids and bone metabolism: a large cross-sectional study / P. Gu, B. Pu, B. Chen [et al.] // *J. Orthop. Surg. Res.* – 2023. – Vol. 18. – № 1. – P. 20.

114. Effects of vitamin D in skeletal muscle: falls, strength, athletic performance and insulin sensitivity / C. M. Girgis, R. J. Clifton-Bligh, N. Turner [et al.] // *Clin. Endocrinol. (Oxf).* – 2014. – Vol. 80. – № 2. – P. 169-81.

115. Effects of vitamin D supplementation on haematological values and muscle recovery in elite male traditional rowers / J. Mielgo-Ayuso, J. Calleja-González, A. Urdampilleta [et al.] // *Nutrients.* – 2018. – Vol. 10. – № 12. – P. 1968.

116. Effects of vitamin D supplementation on muscle strength in athletes: a systematic review / C. M. Chiang, A. Ismaeel, R. B. Griffis, S. Weems // *J. Strength Cond. Res.* – 2017. – Vol. 31. – № 2. – P. 566-574.

117. Effects of vitamin D supplementation on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and physical performance in athletes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / F. Farrokhyar, G. Sivakumar, K. Savage [et al.] // *Sports Med.* – 2017. – Vol. 47. – № 11. – P. 2323-2339.

118. Engelsen, O. The relationship between ultraviolet radiation exposure and vitamin D status / O. Engelsen // *Nutrients.* – 2010. – Vol. 2. – № 5. – P. 482–495.

119. Evaluation of a vitamin D screening and treatment protocol using a seasonal calculator in athletes / W. L. Hollabaugh, P. J. Meirick, C. P. Matarazzo [et al.] // *Curr. Sports Med. Rep.* – 2022. – Vol. 21. – № 2. – P. 53-62.

120. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline / M. F. Holick, N. C. Binkley, H. A. Bischoff-Ferrari [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2011. – Vol. 96. – № 7. – P. 1911-30.

121. Extended-release calcifediol effectively raises serum total 25-hydroxyvitamin d even in overweight nondialysis chronic kidney disease patients with secondary hyperparathyroidism / C. W. Bishop, S. A. Strugnell, P. Csomor [et al.] // *Am. J. Nephrol.* – 2022. – Vol. 53. – № 6. – P. 446-454.

122. Fernandes, M. R. Association between physical activity and vitamin D: A narrative literature review / M. R. Fernandes, W. D. R. Barreto Junior // *Rev. Assoc. Méd. Bras.* – 2017. – Vol. 63. – № 6. – P. 550–556.

123. Fiamenghi, V. I. Vitamin D deficiency in children and adolescents with obesity: a meta-analysis / V. I. Fiamenghi, E. D. D. Mello // *J. Pediatr.* – 2021. – Vol. 97. – № 3. – P. 273–279.

124. Fleet, J. C. Differences in the absorption and metabolism of vitamin D2, vitamin D3, and 25 hydroxyvitamin D / J. C. Fleet // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* – 2025. – № 249. – P. 106718.

125. Fleet, J. C. The role of vitamin D in the endocrinology controlling calcium homeostasis / J. C. Fleet // *Mol. Cell. Endocrinol.* – 2017. – № 453. – P. 36–45.

126. FokI polymorphism in the vitamin D receptor gene (VDR) and its association with lumbar spine pathologies in the Italian population: a case-control study / A. Colombini, M. Brayda-Bruno, G. Lombardi [et al.] // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9. – № 5. – P. e97027.

127. Fortification of staple foods for household use with vitamin d: an overview of systematic reviews / P. N. Nyakundi, Z. Némethné Kontár, A. Kovács [et al.] // *Nutrients.* – 2023. – Vol. 15. – № 17. – P. 3742.

128. Free 25-Hydroxyvitamin D: impact of vitamin D binding protein assays on racial-genotypic associations / C. M. Nielson, K. S. Jones, R. F. Chun [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2016. – Vol. 101. – № 5. – P. 2226-34.

129. Gabr, S. Correlation between vitamin D levels and muscle fatigue risk factors based on physical activity in healthy older adults / S. Gabr, S. E. Al-Eisa, A. H. Alghadir // *Clinical interventions in aging*. – Berlin, 2016. – S. 513.
130. Galior, K. Development of vitamin D toxicity from overcorrection of vitamin D deficiency: a review of case reports / K. Galior, S. Grebe, R. Singh // *Nutrients*. – 2018. – Vol. 10. – № 8. – P. 953.
131. Gariballa, S. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of vitamin D supplementation with or without calcium in community-dwelling vitamin D deficient subjects / S. Gariballa, J. Yasin, A. Alessa // *BMC Musculoskelet. Dis.* – 2022. – Vol. 23. – № 1. – P. 63-64.
132. Genetic variation in GC and CYP2R1 affects 25-hydroxyvitamin D concentration and skeletal parameters: A genome-wide association study in 24-month-old Finnish children / A. Kämpe, M. Enlund-Cerullo, S. Valkama [et al.] // *PLoS Genet.* – 2019. – Vol. 15. – № 12. – P. e1008530.
133. Göring, H. Vitamin D deficiency in Europeans today and in Viking settlers of Greenland / H. Göring, S. Koshuchowa // *Biochemistry (Moscow)*. – 2016. – Vol. 81. – № 12. – P. 1492–1497.
134. Grigalavicius, M. Layer Thickness of SPF 30 sunscreen and formation of pre-vitamin D / M. Grigalavicius, V. Iani, A. Juzeniene // *Anticancer Res.* – 2016. – Vol. 36. – № 3. – P. 1409–1415.
135. HaliLoğlu, Ö. Seasonal vitamin D status and endothelial function in healthcare workers / Ö. HaliLoğlu, T. Kasaci, D. Yavuz // *Turkish J. Med. Sci.* – 2016. – Vol. 46. – P. 72–78.
136. Hanel, A. Skin colour and vitamin D: An update / A. Hanel, C. Carlberg // *Exp. Dermatol.* – 2020. – Vol. 29. – № 9. – P. 864–875.
137. Heureux, N. Vitamin D testing-where are we and what is on the Horizon? / N. Heureux // *Adv. Clin. Chem.* – 2017. – Vol. 78. – P. 59–101.
138. High prevalence of vitamin D deficiency among the South Asian adults: a systematic review and meta-analysis / M. H. Siddique, B. Bhattacharjee, U. R. Siddiqi, M. MeshbahurRahman // *BMC Public Health*. – 2021. – Vol. 21. – № 1. – P. 1823.

139. High prevalence of vitamin D insufficiency in black and white pregnant women residing in the northern United States and their neonates / L. M. Bodnar, H. N. Simhan, R. W. Powers [et al.] // *J. Nutr.* – 2007. – Vol. 137. – № 2. – P. 447-52.

140. Higher 25-hydroxyvitamin D concentrations are associated with better lower-extremity function in both active and inactive persons aged ≥ 60 y / H. A. Bischoff-Ferrari, T. Dietrich, E. J. Orav [et al.] // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2004. – Vol. 80. – № 3. – P. 752-8.

141. Holick, M. F. Biological effects of sunlight, ultraviolet radiation, visible light, infrared radiation and vitamin D for health / M. F. Holick // *Anticancer Res.* – 2016. – Vol. 36. – № 3. – P. 1345–1356.

142. Holick, M. F. Sunlight, UV radiation, vitamin d, and skin cancer: how much sunlight do we need? / M. F. Holick // *Adv. Exp. Med. Biol.* – 2020. – № 1268. – P. 19–36.

143. Holick, M. F. The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention / M. F. Holick // *Rev. Endocr. Metab. Dis.* – 2017. – Vol. 18. – № 2. – P. 153–165.

144. Holick, M. F. Vitamin D deficiency / M. F. Holick // *N. Engl. J. Med.* – 2007. – Vol. 357. – № 3. – P. 266–281.

145. Huh, S. Y. Vitamin D deficiency in children and adolescents: Epidemiology, impact and treatment / S. Y. Huh, C. M. Gordon // *Rev. Endocr. Metab. Dis.* – 2008. – Vol. 9. – № 2. – P. 161–170.

146. Human plasma transport of vitamin D after its endogenous synthesis / J. G. Haddad, L. Y. Matsuoka, B. W. Hollis [et al.] // *J. Clin. Invest.* – 1993. – Vol. 91. – № 6. – P. 2552-5.

147. Hypercalcemic disorders in children / V. J. Stokes, M. F. Nielsen, F. M. Hannan, R. V. Thakker // *J. Bone Miner. Res.* – 2017. – Vol. 32. – № 11. – P. 2157-2170.

148. Impact of vitamin D on physical efficiency and exercise performance-a review / M. Wiciński, D. Adamkiewicz, M. Adamkiewicz [et al.] // *Nutrients.* – 2019. – Vol. 11. – № 11. – P. 2826.

149. Institute of medicine (US) committee to review dietary reference intakes for vitamin D and calcium dietary reference intakes for calcium and vitamin D / Institute of Medicine (US) Committee to review dietary reference intakes for vitamin D and calcium / eds. A. C. Ross [et al.]. – Washington (DC): National Academies Press (US), 2011.

150. Insufficient sun exposure has become a real public health problem / L. Alfredsson, B. K. Armstrong, D. A. Butterfield [et al.] // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2020. – Vol. 14. – № 17. – P. 5014.

151. Intake of vitamin D and risk of type 1 diabetes: a birth-cohort study / E. Hyppönen, E. Läärä, A. Reunanen [et al.] // *Lancet*. – 2001. – Vol. 358. – № 9292. – P. 1500-3.

152. Jensen, M. B. Vitamin D and male reproduction / M. B. Jensen // *Nat. Rev. Endocrinol.* – 2014. – Vol. 10. – № 3. – P. 175–186.

153. Jones, G. Diagnostic aspects of vitamin d: clinical utility of vitamin D metabolite profiling / G. Jones, M. Kaufmann // *JBMR plus*. – 2021. – Vol. 5. – № 12. – P. e10581.

154. Karagol, C. Evaluation of vitamin D levels and affecting factors of vitamin D deficiency in healthy children 0–18 years old / C. Karagol, A. Duyan Camurdan // *Eur. J. Pediatr.* – 2023. – Vol. 182. – № 9. – P. 4123–4131.

155. Kearns, M. D. Large, single-dose, oral vitamin D supplementation in adult populations: a systematic review / M. D. Kearns, J. A. Alvarez, V. Tangpricha // *Endocr. Pract.* – 2014. – Vol. 20. – № 4. – P. 341–351.

156. Kerstetter, J. E. Low protein intake: the impact on calcium and bone homeostasis in humans / J. E. Kerstetter, K. O. O'Brien, K. L. Insogna // *J. Nutrit.* – 2003. – Vol. 133. – № 3. – P. 855S-861S.

157. Khamis, H. J. Predicting adult stature without using skeletal age: the Khamis-Roche method / H. J. Khamis, A. Roche // *Pediatrics*. – 1994. – Vol. 94. – № 4. – P. 504–507.

158. Khazai, N. Calcium and vitamin D: Skeletal and extraskeletal health / N. Khazai, S. E. Judd, V. Tangpricha // *Curr. Rheumatol. Rep.* – 2008. – Vol. 10. – № 2. – P. 110–117.

159. Khundmiri, S. J. PTH and vitamin D / S. J. Khundmiri, R. D. Murray, E. Lederer // *Compr. Physiol.* – 2016. – Vol. 6. – № 2. – P. 561-601.
160. Kim, J. Association between blood vitamin D levels and regular physical activity in Korean adolescents / J. Kim, J. Park, W.-Y. So // *Healthcare.* – 2022. – Vol. 10. – № 7. – P. 1277.
161. Knechtle, B. Vitamin D and sport performance / B. Knechtle, P. T. Nikolaidis // *Nutrients.* – 2020. – Vol. 12. – № 3. – P. 841.
162. Kulda, V. Vitamin D metabolism / V. Kulda // *Vnitřní Lekarství.* – 2012. – Vol. 58. – № 5. – P. 400–404.
163. Langley, C. K. The prevalence of low vitamin d in elite para-athletes: a systematic review / C. K. Langley, C. I. Morse, Buffey A. J. // *Sports Med. Open.* – 2024. – Vol. 10. – № 1. – P. 96.
164. Letavernier, E. Vitamin D, hypercalciuria and kidney stones / E. Letavernier, M. Daudon // *Nutrients.* – 2018. – Vol. 10. – № 3. – P. 366.
165. Lim, K. Vitamin D toxicity / K. Lim, R. Thadhani // *J. Brasil. Nefrol.* – 2020. – Vol. 42. – № 2. – P. 238–244.
166. Longitudinal physical development of future professional male soccer players: implications for talent identification and development? / C. Saward, M. Hulse, J. G. Morris [et al.] // *Front. Sports Act. Living.* – 2020. – Vol. 2. – P. 578203.
167. Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes / K. H. Myburgh, J. Hutchins, A. B. Fataar [et al.] // *Ann. Intern. Med.* – 1990. – Vol. 113. – № 10. – P. 754-9.
168. Maier, J. D. Hypercalcemia in the intensive care unit: a review of pathophysiology, diagnosis, and modern therapy / J. D. Maier, S. N. Levine // *J. Intensive Care Med.* – 2015. – Vol. 30. – № 5. – P. 235–252.
169. Makras, P. Medical treatment of hypercalcaemia / P. Makras, S. E. Papapoulos // *Hormones.* – 2009. – Vol. 8. – № 2. – P. 83–95.
170. Mead, M. N. Benefits of sunlight: a bright spot for human health / M. N. Mead // *Environ. Health Perspect.* – 2008. – Vol. 116. – № 4. – P. A160-7.

171. Methods to predict the timing and status of biological maturation in male adolescent soccer players: A narrative systematic review / J. Sullivan, S. J. Roberts, J. Mckeown [et al.] // PLoS One. – 2023. – Vol. 18. – № 9. – P. e0286768.

172. Navigating complexities: vitamin d, skin pigmentation, and race / N. Singh Ospina, A. Diaz-Thomas, M. E. McDonnell [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2024. – Vol. 109. – № 8. – P. 1955-1960.

173. Nutritional factors that influence change in bone density and stress fracture risk among young female cross-country runners / J. W. Nieves, K. Melsop, M. Curtis [et al.] // PM R. – 2010. – Vol. 2. – № 8. – P. 740-50.

174. Nutritional supplement use by elite young UK athletes: fallacies of advice regarding efficacy / A. Petróczi, D. P. Naughton, G. Pearce [et al.] // J. Int. Soc. Sports Nutr. – 2008. – Vol. 5. – P. 22.

175. Nwosu, B. U. Vitamin D status and adiposity in pediatric malabsorption syndromes / B. U. Nwosu, L. Maranda // Digestion. – 2015. – Vol. 92. – № 1. – P. 1–7.

176. Nygaard Falch, H. Effect of different physical training forms on change of direction ability: a systematic review and meta-analysis / H. Nygaard Falch, H. Guldteig Rædergård, R. Tillaar van den // Sports Med. Open. – 2019. – Vol. 5. – № 1. – P. 53.

177. Ogan, D. Vitamin D and the athlete: risks, recommendations, and benefits / D. Ogan, K. Pritchett // Nutrients. – 2013. – Vol. 5. – № 6. – P. 1856–1868.

178. Owens, D. J. Vitamin D and the athlete: current perspectives and new challenges / D. J. Owens, R. Allison, G. L. Close // Sports Med. – 2018. – Vol. 48. – № 1. – P. 3–16.

179. Palacios, C. Is vitamin D deficiency a major global public health problem? / C. Palacios, L. Gonzalez // J. Steroid Biochem. Mol. Biology. – 2014. – Vol. 144. – P. 138–145.

180. Park, C. Y. Vitamin D and obesity / C. Y. Park, S. N. Han // Adv. Food Nutr. Res. – 2024. – Vol. 109. – P. 221–247.

181. Patrick, R. P. Vitamin D and the omega-3 fatty acids control serotonin synthesis and action, part 2: relevance for ADHD, bipolar disorder, schizophrenia, and

impulsive behavior / R. P. Patrick, B. N. Ames // *FASEB J.* – 2015. – Vol. 29. – № 6. – P. 2207–2222.

182. Pigarova, E. A. Absorption and metabolism of vitamin D in health and in gastrointestinal tract diseases / E. A. Pigarova, L. K. Dzeranova, D. A. Yatsenko // *Obes. Metab.* – 2022. – Vol. 19. – № 1. – P. 123–133.

183. Pigarova, E. A. Non-classical effects of vitamin D / E. A. Pigarova, A. A. Petrushkina // *Osteoporos. Bone Dis.* – 2018. – Vol. 20. – № 3. – P. 90–101.

184. Pike, J. W. The vitamin D receptor: new paradigms for the regulation of gene expression by 1,25-Dihydroxyvitamin D₃ / J. W. Pike, M. B. Meyer // *Endocrinol. Metab. Clin. N. Amer.* – 2010. – Vol. 39. – № 2. – P. 255–269.

185. Pludowski, P. Vitamin D supplementation guidelines / P. Pludowski // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* – 2018. – Vol. 175. – P. 125–135.

186. Porrati-Paladino, G. Effectiveness of plyometric and eccentric exercise for jumping and stability in female soccer players—a single-blind, randomized controlled pilot study / G. Porrati-Paladino, R. Cuesta-Barriuso // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2021. – Vol. 18. – № 1. – P. 294.

187. Prevalence and associations of 25-hydroxyvitamin D deficiency in US children: NHANES 2001-2004 / J. Kumar, P. Muntner, F. J. Kaskel [et al.] // *Pediatrics.* – 2009. – Vol. 124. – № 3. – P. e362-70.

188. Prevalence and novel risk factors for vitamin D insufficiency in elite athletes: systematic review and meta-analysis / T. Harju, B. Gray, A. Mavroedi [et al.] // *Eur. J. Nutr.* – 2022. – Vol. 61. – № 8. – P. 3857-3871.

189. Prevalence of vitamin D deficiency among young elite soccer players living above 55 degrees north latitude and evaluation of the effectiveness of self-used preventive methods / E. Bezuglov, E. Achkasov, M. Vinogradov [et al.] // *Translat. Sports Med.* – 2025. – № 1. – P. 2299710.

190. Ranatunga, K. Iatrogenic hypercalcemia induced acute pancreatitis following verapamil overdose: A case report / K. Ranatunga, K. Jayasekera // *Anuradhapura Med. J.* – 2022. – Vol. 16. – № 3. – P. 35.

191. Relationship between 25(OH)D levels and athletic performance in elite Polish judoists / A. Książek, W. Dziubek, J. Pietraszewska [et al.] // *Biol. Sport.* – 2018. – Vol. 35. – № 2. – P. 191-196.
192. Relationships and predictive capabilities of jump assessments to soccer-specific field test performance in division i collegiate players / R. G. Lockie, A. A. Stage, J. J. Stokes [et al.] // *Sports (Basel).* – 2016. – Vol. 4. – № 4. – P. 56.
193. Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players / P. Comfort, A. Stewart, L. Bloom, B. Clarkson // *J. Strength Cond. Res.* – 2014. – Vol. 28. – № 1. – P. 173-7.
194. Reliability and test-retest agreement of mechanical variables obtained during countermovement jump / A. A. Souza, M. Bottaro, V. A. Rocha 1 [et al.] // *Int. J. Exerc. Sci.* – 2020. – Vol. 13. – № 4. – P. 6-17.
195. Reliability and validity of field-based fitness tests in youth soccer players / J. H. Dugdale, C. A. Arthur, D. Sanders, A. M. Hunter // *Eur. J. Sport Sci.* – 2019. – Vol. 19. – № 6. – P. 745-756.
196. Reliability of field-based fitness tests in adults: a systematic review / M. Cuenca-Garcia, N. Marin-Jimenez, A. Perez-Bey [et al.] // *Sports Med.* – 2022. – Vol. 52. – № 8. – P. 1961-1979.
197. Risk factors for stress fractures in track and field athletes. A twelve-month prospective study / K. L. Bennell, S. A. Malcolm, S. A. Thomas [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 1996. – Vol. 24. – № 6. – P. 810-8.
198. Role of assay type in determining free 25-hydroxyvitamin d levels in diverse populations / C. M. Nielson, K. S. Jones, R. Bouillon [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2016. – Vol. 374. – № 17. – P. 1695-6.
199. Role of vitamin D in athletes and their performance: current concepts and new trends / M. de la Puente Yagüe, L. Collado Yurrita, M. J. Ciudad Cabañas, M. A. Cuadrado Cenzual // *Nutrients.* – 2020. – Vol. 2. – № 12. – P. 579.
200. Rowat, O. Technical and physical determinants of soccer match-play performance in elite youth soccer players / O. Rowat, J. Fenner, V. Unnithan // *J. Sports Med. Phys. Fitness.* – 2017. – Vol. 57. – № 4. – P. 369-379.

201. Schreiber, V. M. Stress fractures and overuse injuries in children and adolescents / V. M. Schreiber // J. Pediatr. Orthopaed. Soc. North America. – 2024. - № 7. – P. 100029.
202. Schwartz, G. G. UV, latitude, and spatial trends in prostate cancer mortality: All sunlight is not the same (United States) / G. G. Schwartz, C. L. Hanchette // Cancer Causes Control. – 2006. – Vol. 17. – № 8. – P. 1091–1101.
203. Seasonal effects of strength endurance vs. power training in young female soccer athletes / M. Lesinski, O. Prieske, H. Chaabene, U. Granacher // J. Strength Cond. Res. – 2021. – Vol. 35. – Suppl. 12. – P. S90-S96.
204. Seasonal variation in vitamin D status in professional soccer players of the English Premier League / J. P. Morton, Z. Iqbal, B. Drust [et al.] // Appl. Physiol. Nutr. Metab. – 2012. – Vol. 37. – № 4. – P. 798-802.
205. Şenışık, S. Vitamin D levels on sports injuries in outdoor and indoor athletes: a cross-sectional study / S. Şenışık, O. Köyağasıoğlu, N. Denerel // Physic. Sports Med. – 2022. – Vol. 50. – № 2. – P. 164–170.
206. Serum vitamin D insufficiency is correlated with quadriceps neuromuscular functions in patients with anterior cruciate ligament injury: A preliminary study / J. Qiu, C. Y. Choi, G. C. Man [et al.] // Asia Pac. J. Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Technol. – 2024. – Vol. 35. – P. 76-80.
207. Silva, M. C. Intestinal absorption of vitamin D: a systematic review / M. C. Silva, T. W. Furlanetto // Nutrit. Rev. – 2018. – Vol. 76. – № 1. – P. 60–76.
208. Skeletal and extraskeletal actions of vitamin d: current evidence and outstanding questions / R. Bouillon, C. Marcocci, G. Carmeliet [et al.] // Endocr. Rev. – 2019. – Vol. 40. – № 4. – P. 1109-1151.
209. Skeletal muscle and the maintenance of vitamin D status / M. S. Rybchyn, M. Abboud, D. A. Puglisi [et al.] // Nutrients. – 2020. – Vol. 12. – № 11. – P. 3270.
210. Steroid and xenobiotic receptor and vitamin D receptor crosstalk mediates CYP24 expression and drug-induced osteomalacia / C. Zhou, M. Assem, J. C. Tay [et al.] // J. Clin. Invest. – 2006. – Vol. 116. – № 6. – P. 1703-12.

211. Stokes, C. S. Analytical methods for quantification of vitamin D and implications for research and clinical practice / C. S. Stokes, F. Lammert, D. A. Volmer // *Anticancer Res.* – 2018. – Vol. 38. – № 2. – P. 1137–1144.

212. Talent identification in an English premiership rugby union academy: multidisciplinary characteristics of selected and non-selected male under-15 players / F. Dimundo, M. Cole, R. C. Blagrove [et al.] // *Front. Sports Act. Living.* – 2021. – Vol. 3. – P. 688143.

213. Taylor, P. N. A review of the growing risk of vitamin D toxicity from inappropriate practice / P. N. Taylor, J. S. Davies // *Brit. J. Clin. Pharmacol.* – 2018. – Vol. 84. – № 6. – P. 1121–1127.

214. Tebben, P. J. Vitamin D-mediated hypercalcemia: mechanisms, diagnosis, and treatment / P. J. Tebben, R. J. Singh, R. Kumar // *Endocr. Rev.* – 2016. – Vol. 37. – № 5. – P. 521–547.

215. Temporal trends in the standing broad jump performance of united states children and adolescents / B. K. Pinoniemi, G. R. Tomkinson, T. J. Walch [et al.] // *Res. Q. Exerc. Sport.* – 2021. – Vol. 92. – № 1. – P. 71-81.

216. The 24,25 to 25-hydroxyvitamin D ratio and fracture risk in older adults: The cardiovascular health study / C. Ginsberg, R. Katz, I. H. de Boer [et al.] // *Bone.* – 2018. – Vol. 107. – P. 124-130.

217. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis / J. G. Claudino, J. Cronin, B. Mezêncio [et al.] // *J. Sci. Med. Sport.* – 2017. – Vol. 20, № 4. – P. 397-402.

218. The dark side of the sunshine vitamin: a case of acute renal failure and hypercalcaemia from vitamin d overconsumption / S. Khan, M. W. Tariq, M. Akhtar [et al.] // *Cureus.* – 2024. – Vol. 16. – № 9. – P. e70237.

219. The effect of sunscreen on vitamin D: a review / R. E. Neale, S. R. Khan, R. M. Lucas [et al.] // *Br. J. Dermatol.* – 2019. – Vol. 181. – № 5. – P. 907-915.

220. The effect of vitamin D supplementation on serum total 25(OH) levels and biochemical markers of skeletal muscles in runners / A. Żebrowska, E. Sadowska-Krępa, A. Stanula [et al.] // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* – 2020. – Vol. 17. – № 1. – P. 18.

221. The effects of soccer specific exercise on countermovement jump performance in elite youth soccer players / M. Lyons Donegan, S. Eustace, R. Morris [et al.] // *Children (Basel)*. – 2022. – Vol. 9. – № 12. – P. 1861.

222. The effects of vitamin d-enriched mushrooms and vitamin d3 on cognitive performance and mood in healthy elderly adults: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial / I. T. Zajac, M. Barnes, P. Cavuoto [et al.] // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12. – № 12. – P. 3847.

223. The health effects of vitamin D supplementation: evidence from human studies / R. Bouillon, D. Manousaki, C. Rosen [et al.] // *Nat. Rev. Endocrinol.* – 2022. – Vol. 18. – № 2. – P. 96-110.

224. The prevalence and risk factors of vitamin D inadequacy among male athletes in Kuwait: A cross-sectional study / M. J. Alkoot, F. Boland, R. Brugha, R. Biesma // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* – 2019. – Vol. 187. – P. 76-81.

225. The relationship between change of direction tests in elite youth soccer players / B. Kadlubowski, M. Keiner, H. Hartmann [et al.] // *Sports (Basel)*. – 2019. – Vol. 7. – № 5. – P. 111.

226. The relationship of testosterone levels with sprint performance in young professional track and field athletes / E. Bezuglov, I. I. Ahmetov, A. Lazarev [et al.] // *Physiol. Behav.* – 2023. – Vol. 271. – P. 114344.

227. The role and development of sprinting speed in soccer / T. Haugen, E. Tønnessen, J. Hisdal, S. Seiler // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* – 2014. – Vol. 9. – № 3. – P. 432-41.

228. The validity of automatic methods for estimating skeletal age in young athletes: a comparison of the BAUSport ultrasound system and BoneXpert with the radiographic method of Fels / S. P. Cumming, R. Pi-Rusiñol, G. Rodas [et al.] // *Biol. Sport*. – 2024. – Vol. 41. – № 1. – P. 61-67.

229. The variability of vitamin D concentrations in short children with short stature from central poland-the effects of insolation, supplementation, and COVID-19 pandemic isolation / J. Smyczyńska, N. Pawelak, M. Hilczer [et al.] // *Nutrients*. – 2023. – Vol. 15. – № 16. – P. 3629.

230. The vitamin D receptor: contemporary genomic approaches reveal new basic and translational insights / J. W. Pike, M. B. Meyer, S. M. Lee [et al.] // *J. Clin. Invest.* – 2017. – Vol. 127. – № 4. – P. 1146-1154.

231. Tomlinson, P. B. Effects of vitamin D supplementation on upper and lower body muscle strength levels in healthy individuals. A systematic review with meta-analysis / P. B. Tomlinson, C. Joseph, M. Angioi // *J. Sci. Med. Sport.* – 2015. – Vol. 18. – № 5. – P. 575–580.

232. Total, bioavailable, and free 25(OH)D relationship with indices of bone health in elderly: a randomized controlled trial / M. El Sabeh, P. Ghanem, L. Al-Shaar [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2021. – Vol. 106. – № 2. – P. e990-e1001.

233. Trasciatti, S. Vitamin D and celiac disease / S. Trasciatti, F. Grizzi // *Adv. Food Nutrit. Res.* – 2024. – Vol. 109. – P. 249–270.

234. Trollfors, B. Ethnicity, gender and seasonal variations all play a role in vitamin D deficiency / B. Trollfors // *Acta Paediatr.* – 2022. – Vol. 111. – № 8. – P. 1596–1602.

235. UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research / J. Collins, R. J. Maughan, M. Gleeson [et al.] // *Br. J. Sports Med.* – 2021. – Vol. 55. – № 8. – P. 416.

236. Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies / M. Brughelli, J. Cronin, G. Levin, A. Chaouachi // *Sports Med.* – 2008. – Vol. 38. – № 12. – P. 1045-63.

237. UV radiation and the skin / J. D'Orazio, S. Jarrett, A. Amaro-Ortiz, T. Scott // *Int. J. Mol. Sci.* – 2013. – Vol. 14. – № 6. – P. 12222-48.

238. Validation of a vitamin D specific questionnaire to determine vitamin D status in athletes / D. E. Larson-Meyer, C. S. Douglas, J. J. Thomas [et al.] // *Nutrients.* – 2019. – Vol. 11. – № 11. – P. 2732.

239. Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review / S. Altmann, S. Ringhof, R. Neumann [et al.] // *PLoS One.* – 2019. – Vol. 14. – № 8. – P. e0220982.

240. Very high rates of vitamin D insufficiency in women of child-bearing age living in Beijing and Hong Kong / J. Woo, C. W. Lam, J. Leung [et al.] // *Br. J. Nutr.* – 2008. – Vol. 99. – № 6. – P. 1330-4.
241. Vitamin D and calcium: a systematic review of health outcomes / M. Chung, E. M. Balk, M. Brendel [et al.] // *Evid. Rep. Technol. Assess.* – 2009. – № 183. – P. 1-420.
242. Vitamin D and depression: mechanisms, determination and application / C. Geng, A. S. Shaikh, W. Han [et al.] // *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* – 2019. – Vol. 28. – № 4. – P. 689-694.
243. Vitamin D and exercise performance in professional soccer players / N. E. Koundourakis, N. E. Androulakis, N. Malliaraki, A. N. Margioris // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9. – № 7. – P. e101659.
244. Vitamin D and insulin-dependent diabetes: a systematic review of clinical trials / Y. Dadon, L. Hecht Sagie, F. B. Mimouni [et al.] // *Nutrients.* – 2024. – Vol. 16. – № 7. – P. 1042.
245. Vitamin D and malabsorptive gastrointestinal conditions: A bidirectional relationship? / A. Giustina, L. di Filippo, A. Allora [et al.] // *Rev. Endocr. Metab. Disord.* – 2023. – Vol. 24. – № 2. – P. 121-138.
246. Vitamin D and obesity/adiposity-a brief overview of recent studies / I. Bennour, N. Haroun, F. Sicard [et al.] // *Nutrients.* – 2022. – Vol. 14. – № 10. – P. 2049.
247. Vitamin D and stress fractures in sport: preventive and therapeutic measures-a narrative review / B. Knechtle, Z. Jastrzębski, L. Hill, P. T. Nikolaidis // *Medicina (Kaunas).* – 2021. – Vol. 57. – № 3. – P. 223.
248. Vitamin D and weight cycling: impact on injury, illness, and inflammation in collegiate wrestlers / J. N. Barcal, J. T. Thomas, B. W. Hollis [et al.] // *Nutrients.* – 2016. – Vol. 12. – № 8. – P. 775.
249. Vitamin D concentration in 342 professional football players and association with lower limb isokinetic function / B. Hamilton, R. Whiteley, A. Farooq, H. Chalabi // *J. Sci. Med. Sport.* – 2014. – Vol. 17. – № 1. – P. 139-43.

250. Vitamin D deficiency and risk of cardiovascular disease / T. J. Wang, M. J. Pencina, S. L. Booth [et al.] // *Circulation*. – 2008. – Vol. 117. – № 4. – P. 503-11.
251. Vitamin D deficiency in athletes: Laboratory, clinical and field integration / T. S. Ip, S. C. Fu, M. T. Ong, P. S. Yung // *Asia Pac. J. Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Technol.* – 2022. – Vol. 29. – P. 22-29.
252. Vitamin D deficiency in patients with intestinal malabsorption syndromes--think in and outside the gut / S. L. Margulies, D. Kurian, M. S. Elliott, Z. Han // *J. Dig. Dis.* – 2015. – Vol. 16. – № 11. – P. 617-33.
253. Vitamin D deficiency in young elite soccer players residing permanently in regions above 55 degrees north latitude / E. Bezuglov, M. Vinogradov, I. Anishchenko [et al.] // *J. Bone Metab.* – 2025. – Vol. 32. – № 2. – P. 114–122.
254. Vitamin D fortification and its effect on athletes' physical improvement: a mini review / C. Feng, X. Song, M. Chalamaiah [et al.] // *Foods*. – 2023. – Vol. 12. – № 2. – P. 256.
255. Vitamin D improves the angiogenic properties of endothelial progenitor cells / M. Grundmann, M. Haidar, S. Placzko [et al.] // *Am. J. Physiol. Cell. Physiol.* – 2012. – Vol. 303. – № 9. – P. C954-62.
256. Vitamin D in the light of current knowledge / N. Radlović, M. Mladenović, D. Simić, P. Radlović // *Srp. Arh. Celok. Lek.* – 2012. – Vol. 140. – № 1-2. – P. 110-4.
257. Vitamin D metabolites in captivity? Should we measure free or total 25(OH)D to assess vitamin D status? / D. Bikle, R. Bouillon, R. Thadhani, I. Schoenmakers // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* – 2017. – Vol. 173. – P. 105-116.
258. Vitamin D metabolites: analytical challenges and clinical relevance / N. Alonso, S. Zelzer, G. Eibinger, M. Herrmann // *Calcif. Tissue Int.* – 2023. – Vol. 112. – № 2. – P. 158-177.
259. Vitamin D oral replacement in children with obesity related asthma: VDORA1 randomized clinical trial / B. O'Sullivan, S. Ounpraseuth, L. James [et al.] // *Clin. Pharmacol. Ther.* – 2024. – Vol. 115. – № 2. – P. 231-238.

260. Vitamin D profile in National Football League players / J. C. Maroon, C. M. Mathyssek, J. W. Bost [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 2015. – Vol. 43. – № 5. – P. 1241-5.
261. Vitamin D status and its relation to exercise performance and iron status in young ice hockey players / J. Orysiak, J. Mazur-Rozycka, J. Fitzgerald [et al.] // *PLoS One.* – 2018. – Vol. 13. – № 4. – P. e0195284.
262. Vitamin D status in female military personnel during combat training / N. E. Andersen, J. P. Karl, S. J. Cable [et al.] // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* – 2010. – Vol. 7. – P. 38.
263. Vitamin D status in spanish elite team sport players / J. Valtueña, R. Aparicio-Ugarriza, D. Medina [et al.] // *Nutrients.* – 2021. – Vol. 13. – № 4. – P. 1311.
264. Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes / T. M. Halliday, N. J. Peterson, J. J. Thomas [et al.] // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2011. – Vol. 43. – № 2. – P. 335-43.
265. Vitamin D status, 1,25-dihydroxyvitamin D₃, and the immune system / M. T. Cantorna, Y. Zhu, M. Froicu, A. Wittke // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2004. – Vol. 80, № 6. – P. 1717S-20S.
266. Vitamin D supplementation for chronic liver diseases in adults / M. Bjelakovic, D. Nikolova, G. Bjelakovic, C. Gluud // *Cochrane Database Syst. Rev.* – 2021. – Vol. 8. – № 8. – P. CD011564.
267. Vitamin D supplementation: a review of the evidence arguing for a daily dose of 2000 International Units (50 µg) of vitamin D for adults in the general population / P. Pludowski, W. B. Grant, S. N. Karras [et al.] // *Nutrients.* – 2024. – Vol. 16. – № 3. – P. 391.
268. Vitamin D testing and treatment: a narrative review of current evidence / S. Pilz, A. Zittermann, C. Trummer [et al.] // *Endocr. Connect.* – 2019. – Vol. 8. – № 2. – P. R27-R43.
269. Vitamin D toxicity in a pediatric toxicological referral center; a cross-sectional study from Iran / F. Farnaghi, H. Hassanian-Moghaddam, N. Zamani [et al.] // *BMC Pediatr.* – 2020. – Vol. 20. – № 1. – P. 350.

270. Vitamin D toxicity masquerading as acute pancreatitis / A. Kohli, A. Chawla, S. Arora, S. Kalra // *Cureus*. – 2023. – Vol. 15. – № 6. – P. e40189.

271. Vitamin D toxicity: a 16-year retrospective study at an Academic Medical Center / J. P. Lee, M. Tansey, J. G. Jetton, M. D. Krasowski // *Lab. Med.* – 2018. – Vol. 49. – № 2. – P. 123-129.

272. Vitamin D toxicity-a clinical perspective / E. Marcinowska-Suchowierska, M. Kupisz-Urbańska, J. Łukaszkiwicz [et al.] // *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. – 2018. – Vol. 9. – P. 550.

273. Vitamin D, sun, sunbeds and health / J. Moan, Z. Baturaite, A. Juzeniene, A. C. Porojnicu // *Public Health Nutr.* – 2012. – Vol. 15. – № 4. – P. 711-5.

274. Vitamin D: recent advances, associated factors, and its role in combating non-communicable diseases / Deepika, A. Kumari, S. Singh [et al.] // *NPJ Sci. Food.* – 2025. – Vol. 9, № 1. – P. 100.

275. Vogiatzi, M. G. Vitamin D supplementation and risk of toxicity in pediatrics: a review of current literature / M. G. Vogiatzi, E. Jacobson-Dickman, M. D. DeBoer // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2014. – Vol. 99. – № 4. – P. 1132-41.

276. Von Hurst, P. R. Vitamin D and skeletal muscle function in athletes / P. R. Von Hurst, K. L. Beck // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* – 2014. – Vol. 17. – № 6. – P. 539–545.

277. Walker, M. D. Hypercalcemia: a review / M. D. Walker, E. Shane // *JAMA*. – 2022. – Vol. 328. – № 16. – P. 1624.

278. WeatherOnline Ltd [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weatheronline.co.uk> (Дата обращения: 10.07.2025).

279. When and how do professional soccer players experience maximal intensity sprints in LaLiga? / J. M. Oliva-Lozano, V. Fortes, R. López-Del Campo [et al.] // *Sci. Med. Footb.* – 2023. – Vol. 7, № 3. – P. 288-296.

280. When and how do soccer players from a semi-professional club sprint in match play? / J. M. Oliva-Lozano, J. Cuenca-López, J. Suárez [et al.] // *J. Hum. Kinet.* – 2023. – Vol. 86. – P. 195-204.

281. When is a sprint a sprint? A review of the analysis of team-sport athlete activity profile / A. J. Sweeting, S. J. Cormack, S. Morgan, R. J. Aughey // *Front. Physiol.* – 2017. – Vol. 8. – P. 432.

282. Why should we measure free 25(OH) vitamin D? / O. Tsuprykov, X. Chen, C. F. Hoche [et al.] // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* – 2018. – Vol. 180. – P. 87-104.

Приложение А. Оригинальный опросник по изучению самостоятельного использования методов профилактики недостаточности и дефицита витамина D (опросник «food frequency and lifestyle questionnaire» (FFLQ))

Diet and Lifestyle Questionnaire										
Foods Section										
For each food listed, check the box indicating how often <u>on average</u> you have used the amount specified during the <u>last three months</u> (since you last completed this questionnaire).										
Foods Consumed	Never or < 1 per mo.	1-3 per month	1 per week	2-4 per week	5-6 per week	1 per day	2-3 per day	4-5 per day	6+ per day	
1. Milk, Vitamin D fortified, 1 cup										
2. Soy Milk or Rice Milk, Vitamin D fortified, 1 cup										
3. Cereal, Vitamin D fortified (Total Corn Flakes, Kellogg's Raisin Bran, Oat Bran, Cheerios), 3/4 cup										
4. Subway Sandwich, 6 inch										
5. Margarine, Vitamin D fortified (Promise, etc.), 1 teaspoon										
6. Orange Juice, Vitamin D fortified (Tropicana, Florida's Natural), 1 cup										
7. Liver, cooked, 3 1/2 oz.										
8. Egg, 1 whole										
9. Cod liver oil, 1 teaspoon										
10. Salmon, cooked, 3 1/2 oz										
11. Mackerel, cooked, 3 1/2 oz										
12. Sardines, canned in oil, 3 1/2 oz										
13. Eel, cooked, 3 1/2 oz										
14. Other Fatty Fish, 3 1/2 oz.										
15. Other Vitamin D fortified food, if applicable.										
Supplements Section										
For each supplement, check the box indicating how often <u>on average</u> you have used the amount specified during the <u>last three months</u> (since you last completed this questionnaire).										
Supplements Consumed	Never or < 1 per mo.	1-3 per month	1 per week	2-4 per week	5-6 per week	1 per day	2-3 per day	4-5 per day	6+ per day	
1. Multiple Vitamin, 1 Tablet										
2. Calcium Vitamin, 1 Tablet										
3. Vitamin D, 1 Tablet (list amount _____)										
4. Calcium + Vitamin D (Viaciv), 1 Tablet										
If you take any of the above three, please list which you use, brand name, etc.										
Sunlight Section										
For each, check the amount used in each situation during the <u>last three months</u> (since you last completed this questionnaire).										
	Never or < 1 hour per mo.	1-3 hr. per mo.	1 hr. per wk.	2-4 hr. per wk.	5-6 hr. per wk.	1/2 - 1 hr. per day	> 2 hrs per day			
1. How much leisure time is spent outside in the sun between 10 AM and 3 PM?										
2. How often do you use tanning beds?										
For each, circle the amount used in each situation during the last three months (since you last completed this questionnaire).										
3. How often do you use sunscreen? What SPF of sunscreen do you use?	Never	Sometimes		Usually		Always				
4. How many minutes are spent each day walking to and from class?	15 min.	30 min		45 min		1 hour	> 1 hour			
5. Where were you living in the last three months?	City:		State:							
6. If applicable, where did you spend Winter Break?	City:		State:							
7. If applicable, where did you spend Spring Break?	City:		State:							
8. What is your Race/Ethnicity?										
9. When you are outside (in the last few months) do you typically wear: (Circle all that apply)										
Long sleeves	Short sleeves	Shorts	No shirt	Sports bra						
Baseball Hat	Hat (other)	Pants	Gloves							
10. Have your sun exposure habits changed in the last two weeks. YES NO										

Приложение Б. Переведенный на русский язык и адаптированный опросник по изучению самостоятельного использования методов профилактики недостаточности и дефицита витамина D (опросник «food frequency and lifestyle questionnaire» (FFLQ))

Опросник по изучению самостоятельного использования методов профилактики недостаточности и дефицита витамина D (опросник «food frequency and lifestyle questionnaire» (FFLQ), адаптированный под пищевые предпочтения жителей соответствующего географического региона)

Продукты

Для каждого продукта выберите ячейку, которая наиболее соответствует потреблению в среднем данного продукта вами за последние 3 месяца

Потребляемый продукт	Никогда или менее 1 раза в месяц	1-3 в месяц	1 в неделю	2-4 в неделю	5-6 в неделю	1 в день	2-3 в день	4-5 в день	6+ в день
Молоко, обогащенное витамином D, 1 кружка									
Соевое/рисовое молоко, обогащенное витамином D, 1 кружка									
Хлопья, обогащенные витамином D, ¼ кружки									
Сэндвич									
Маргарин, обогащенный витамином D, 1 чайная ложка									
Апельсиновый сок, обогащенный витамином D, 1 кружка									
Печень, термически обработанная, 100 г									
Яйцо 1 штука, полностью									
Масло печени трески, 1 чайная ложка									
Лосось/семга, термически обработанный, 100 г									
Скумбрия, термически обработанная, 100 г									
Сардина консервированная в масле, 100 г									
Угорь, термически обработанный, 100 г									
Другие жирные сорта рыбы, термически обработанные, 100 г									
Говядина, термически обработанная, 100 г									
Твердые сыры (Гауда, Эдам), 100 г									
Шампиньоны, термически обработанные, 100 г									
Творог (9% жирности), 100 г									
Сметана (30% жирности), 100 г									
Сливки (25% жирности), 100 г									
Брынза (из коровьего молока), 100 г									
Сливочное масло, 100 г									
Коровье молоко, 100 мл									

Пищевые добавки (витамины, БАД)

Для каждой добавки выберите ячейку, которая наиболее соответствует потреблению в среднем данного продукта вами за последние 3 месяца

Потребляемая добавка	Никогда или <1 раза в месяц	1-3 в месяц	1 в неделю	2-4 в неделю	5-6 в неделю	1 в день	2-3 в день	4-5 в день	6+ в день
----------------------	-----------------------------------	----------------	---------------	-----------------	-----------------	-------------	---------------	---------------	--------------

Мультивитаминный комплекс, 1 таблетка									
Кальций, 1 таблетка									
Витамин D, 1 таблетка (укажите дозировку _____)									
Комплекс кальций + витамин D, 1 таблетка (укажите дозировку _____)									
Другие добавки, укажите название _____									

Воздействие солнечного света

Выберите ячейку, которая наиболее соответствует вашему образу жизни за последние 3 месяца

1.	Нисколько или менее 1 часа в месяц	1-2 часа в месяц	1 час в неделю	2-4 часа в неделю	5-6 часов в неделю	30 минут – 1 час в день	более 2 часов в день
Сколько свободного времени проводится на улице на солнце с 10:00 до 15:00?							

2.	Никогда или менее 10 минут в неделю	10-20 минут в неделю	20-30 минут в неделю	30-40 минут в неделю	40-50 минут в неделю	50-60 минут в неделю	более 60 минут в неделю
Как часто вы загораете в солярии?							

Выберите утверждение, которое наиболее соответствует вашему образу жизни за последние 3 месяца

3. Как часто вы пользуетесь солнцезащитным кремом? Никогда Иногда Часто Всегда
Если вы используете солнцезащитный крем, укажите его фактор защиты от UV-излучения (SPF) _____
4. Сколько минут занимает дорога из дома из школы и из школы домой? 15 минут 30 минут 45 минут 1 час более 1 часа
5. Где вы жили последние 3 месяца? Город: Страна:
6. Где вы проводили зимние каникулы? Город: Страна:
7. Где вы проводили весенние каникулы? Город: Страна:
8. Укажите вашу расу / национальность _____
9. Выберите одежду, которую вы в основном носили на улице, за последние 3 месяца:

Одежда с длинным рукавом	Одежда с коротким рукавом	Шорты	Без футболки	Спортивный топ
Кепка	Другие головные уборы	Штаны	Перчатки	

10. Изменились ли ваши привычки касательно нахождения на солнце / в солярии за последние 2 недели? ДА НЕТ

Приложение Г. Коэффициенты для формулы Хамиса-Роше

Коэффициенты для вычисления процента от прогнозируемого роста взрослого человека мужского пола с использованием формулы Хамиса-Роше представлены на рисунке Г.1.

TABLE 1, — Smoothed Values of the Intercepts (b0) and Regression Coefficients for White Males				
Chronological Age	b0	b1*stature (in)	b2*weight (lb)	b3*midparent stature (in)
4	-10,2567	1,23812	-0,0087235	0,50286
4,5	-10,7190	1,15964	-0,0074454	0,52887
5	-11,0213	1,10674	-0,0064778	0,53919
5,5	-11,1556	1,07480	-0,0057760	0,53691
6	-11,1138	1,05923	-0,0052947	0,52513
6,5	-11,0221	1,05542	-0,0049892	0,50692
7	-10,9984	1,05877	-0,0048144	0,48538
7,5	-11,0214	1,06467	-0,0047256	0,46361
8	-11,0696	1,06853	-0,0046778	0,44469
8,5	-11,1220	1,06572	-0,0046261	0,43171
9	-11,1571	1,05166	-0,0045254	0,42776
9,5	-11,1405	1,02174	-0,0043311	0,43593
10	-11,0380	0,97135	-0,0039981	0,45932
10,5	-10,8286	0,89589	-0,0034814	0,50101
11	-10,4917	0,81239	-0,0029050	0,54781
11,5	-10,0065	0,74134	-0,0024167	0,58409
12	-9,3522	0,68325	-0,0020076	0,60927
12,5	-8,6055	0,63869	-0,0016681	0,62279
13	-7,8632	0,60818	-0,0013895	0,62407
13,5	-7,1348	0,59228	-0,0011624	0,61253
14	-6,4299	0,59151	-0,0009776	0,58762
14,5	-5,7578	0,60643	-0,0008261	0,54875
15	-5,1282	0,63757	-0,0006988	0,49536
15,5	-4,5092	0,68548	-0,0005863	0,42687
16	-3,9292	0,75069	-0,0004795	0,34271
16,5	-3,4873	0,83375	-0,0003695	0,24231
17	-3,2830	0,93520	-0,0002470	0,12510
17,5	-3,4156	1,05558	-0,0001027	-0,00950

Рисунок Г.1 – Коэффициенты для расчета прогнозируемого роста взрослого человека мужского пола по формуле Хамиса-Роше

Приложение Д. Свидетельство о государственной регистрации базы данных

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных

№ 2025621203

**Влияние уровня биомаркера 25-гидроксикальциферола
плазмы крови на статус биологического созревания и
физическую работоспособность**

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования Первый
Московский государственный медицинский университет имени
И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской
Федерации (Сеченовский Университет) (RU)*

Авторы: *Безуглов Эдуард Николаевич (RU), Капралова Елизавета
Сергеевна (RU), Анищенко Ильсюяр Халиловна (RU), Малякин
Георгий Ильич (RU)*



Заявка № **2024625727**
Дата поступления **28 ноября 2024 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных **17 марта 2025 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 3062e70863001540241670bca2026
Подпись: Зубов Юрий Сергеевич
Действителен с 10.07.2024 по 03.10.2025