

**ЙОД И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА:
ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ АДАПТАЦИИ, ВОССТАНОВЛЕНИЯ
И ЗДОРОВЬЯ СПОРТСМЕНОВ**

Худаяров Азим Бахтиёрович
врач-эндокринолог отделения эндокринологии
Центральной больницы Управления здравоохранения города
Самарканда

Кадиров Жонибек Файзуллаевич
Заведующий курса инфекционных заболеваний ФПДО
Самаркандского государственного медицинского университета

Резюме. Настоящий обзор посвящён комплексному анализу роли йода в спортивной медицине, включая его влияние на процессы адаптации к физическим нагрузкам, восстановление после тренировок и соревнований, а также общее состояние здоровья спортсменов. Проведён систематический поиск и анализ литературных данных за период 2010–2025 гг. с использованием баз данных PubMed, Scopus, Web of Science и eLibrary. Всего проанализировано 127 источников, из которых 84 соответствовали критериям включения. Результаты анализа свидетельствуют о том, что йодный дефицит является распространённой проблемой среди спортсменов, особенно в видах спорта с высокими аэробными нагрузками и значительными потерями жидкости. Распространённость субклинического йодного дефицита среди профессиональных спортсменов составляет от 18 до 42% в зависимости от вида спорта и региона проживания. Установлена прямая связь между йодным статусом, функцией щитовидной железы и показателями физической работоспособности. Коррекция йодного дефицита приводит к статистически значимому улучшению показателей аэробной выносливости, сокращению времени восстановления после нагрузок и снижению частоты инфекционных заболеваний верхних дыхательных путей.

Ключевые слова: йод, спортивная медицина, щитовидная железа, тиреоидные гормоны, физическая работоспособность, адаптация, восстановление, йодный дефицит, микронутриенты, нутритивная поддержка спортсменов.

**IODINE AND SPORTS MEDICINE: SIGNIFICANCE FOR ADAPTATION,
RECOVERY AND ATHLETES' HEALTH**

Khudayarov Azim Bakhtiyorovich
Endocrinologist, Department of Endocrinology
Central Hospital of the Samarkand City Health Department

Kadirov Jonibek Fayzullaevich
Head of the Course of Infectious Diseases, FPDO
Samarkand State Medical University

Abstract. This review provides a comprehensive analysis of the role of iodine in sports medicine, including its impact on adaptation to physical exercise, post-training and post-competition recovery, and overall athlete health. A systematic search and analysis of literature data for the period 2010–2025 was conducted using PubMed, Scopus, Web of Science, and eLibrary databases. A total of 127 sources were analyzed, of which 84 met the inclusion criteria. The results indicate that iodine deficiency is a widespread problem among athletes, particularly in sports with high aerobic demands and significant fluid losses. The prevalence of subclinical iodine deficiency among professional athletes ranges from 18 to 42% depending on the sport and region. A direct relationship has been established between iodine status, thyroid function, and physical performance indicators. Correction of iodine deficiency leads to statistically significant improvements in aerobic endurance, reduction of recovery time after exercise, and decreased incidence of upper respiratory tract infections.

Keywords: iodine, sports medicine, thyroid gland, thyroid hormones, physical performance, adaptation, recovery, iodine deficiency, micronutrients, nutritional support for athletes.

Проблема оптимального обеспечения организма микроэлементами является одной из ключевых задач современной спортивной медицины и нутрициологии. Среди эссенциальных микроэлементов йод занимает особое место благодаря его исключительной роли в синтезе тиреоидных гормонов — трийодтиронина (Т3) и тироксина (Т4), которые являются универсальными регуляторами метаболизма и энергетического обмена в организме человека. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), йодный дефицит остаётся глобальной проблемой общественного здравоохранения, затрагивающей около 2 миллиардов человек по всему миру. При этом спортсмены представляют собой особую группу риска развития йодной недостаточности в силу ряда специфических факторов: повышенного потоотделения, увеличенного диуреза, ограничительных диет для контроля массы тела и повышенных потребностей организма в условиях систематических физических нагрузок высокой интенсивности. Тиреоидные гормоны играют ключевую роль в регуляции базального метаболизма, термогенеза, белкового синтеза, липидного и углеводного обмена, что непосредственно определяет физическую работоспособность и адаптационные возможности организма спортсмена. Дефицит йода приводит к субклиническому гипотиреозу, который может проявляться снижением аэробной выносливости, замедлением восстановительных процессов, нарушением терморегуляции и повышением восприимчивости к инфекционным заболеваниям.

Современные данные о роли микробиома кишечника в абсорбции микроэлементов открывают новые перспективы для понимания механизмов развития йодного дефицита у спортсменов. Интенсивные физические нагрузки могут вызывать транзиторное повышение проницаемости кишечного барьера и изменения в составе микробиоты, что потенциально влияет на биодоступность йода из пищевых источников. Таким образом, комплексный анализ современных данных о роли йода в спортивной медицине, разработка научно обоснованных рекомендаций по мониторингу йодного статуса и стратегий коррекции йодного дефицита у спортсменов представляют значительный научный и практический интерес.

Целью настоящего исследования является проведение комплексного систематического обзора и критического анализа современных научных данных о роли йода в спортивной медицине с акцентом на его значение для процессов адаптации к физическим нагрузкам, восстановления после тренировок и соревнований, а также поддержания общего состояния здоровья спортсменов.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: оценить распространённость йодного дефицита среди спортсменов различных специализаций; систематизировать данные о механизмах влияния йодного статуса на тиреоидную функцию и физическую работоспособность; проанализировать эффективность различных стратегий коррекции йодного дефицита в условиях спортивной деятельности; определить факторы риска развития йодной недостаточности у спортсменов; разработать практические рекомендации по мониторингу и коррекции йодного статуса у спортсменов.

Материал и методы исследования. Настоящий систематический обзор выполнен в соответствии с рекомендациями PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 2020. Поиск литературы проводился в электронных базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library и eLibrary с января 2010 года по декабрь 2024 года.

Поисковая стратегия включала использование следующих ключевых терминов и их комбинаций: «iodine» AND («athletes» OR «sports» OR «exercise» OR «physical activity»); «thyroid» AND («athletes» OR «sports performance» OR «exercise»); «iodine deficiency» AND («physical performance» OR «recovery» OR «adaptation»); «thyroid hormones» AND «exercise»; «micronutrients» AND «athletes» AND «iodine». Для русскоязычных источников использовались аналогичные поисковые запросы на русском языке.

Критерии включения: оригинальные исследования (рандомизированные контролируемые испытания, когортные, поперечные исследования), систематические обзоры и мета-анализы; участники — спортсмены или физически активные лица; изучение связи между йодным статусом и показателями физической работоспособности, адаптации или восстановления; публикации на английском или русском языках; полнотекстовые публикации.

Критерии исключения: исследования на животных (если отсутствовали данные на людях); публикации в виде тезисов конференций без полного текста; исследования с участием пациентов с диагностированными заболеваниями щитовидной железы; дублирующие публикации.

Первичный скрининг по заголовкам и аннотациям выполнялся двумя независимыми исследователями. При расхождении мнений решение принималось путём консенсуса с привлечением третьего рецензента. Оценка качества включённых исследований проводилась с использованием шкалы Newcastle-Ottawa Scale (NOS) для наблюдательных исследований и шкалы Jadad для рандомизированных контролируемых испытаний.

Всего по результатам поиска было идентифицировано 1247 записей. После удаления дубликатов ($n=312$) и скрининга по заголовкам и аннотациям (исключено $n=743$) для полнотекстового анализа было отобрано 192 публикации. Окончательному критерию включения соответствовали 84 исследования, которые были включены в качественный синтез. Из них 18 — рандомизированные контролируемые испытания, 24 — когортные исследования, 31 — поперечные исследования и 11 — систематические обзоры и мета-анализы.

Статистическая обработка количественных данных проводилась с использованием метода мета-анализа (модель случайных эффектов) для расчёта объединённых оценок средних разностей и отношений шансов с 95% доверительными интервалами. Гетерогенность оценивалась с помощью критерия I^2 Хиггинса. Для оценки публикационного смещения использовался воронкообразный график и тест Эггера.

Результаты и их обсуждение. Йод является эссенциальным микроэлементом, единственная известная биологическая функция которого в организме человека связана с синтезом тиреоидных гормонов. Щитовидная железа содержит приблизительно 70–80% всего йода в организме (15–20 мг из общего содержания 20–30 мг). Синтез тиреоидных гормонов включает несколько последовательных этапов: захват йодида из крови натрий-йодидным симпортером (NIS), окисление йодида тиреопероксидазой (ТПО), йодирование тирозиновых остатков тиреоглобулина с образованием моно- и дийодтирозинов, конденсация йодтирозинов с образованием Т3 и Т4.

В контексте спортивной деятельности тиреоидные гормоны выполняют множество функций, критически важных для физической работоспособности. Они регулируют базальный метаболизм, увеличивая потребление кислорода практически всеми тканями организма. Т3 стимулирует митохондриальный биогенез и экспрессию ключевых ферментов окислительного фосфорилирования, что непосредственно влияет на аэробную производительность скелетных мышц. Кроме того, тиреоидные гормоны модулируют экспрессию изоформ тяжёлых цепей миозина, влияя на соотношение медленных и быстрых мышечных волокон и, соответственно, на функциональные характеристики скелетной мускулатуры.

Тиреоидные гормоны играют важную роль в регуляции углеводного обмена, стимулируя глюконеогенез в печени, повышая чувствительность

тканей к инсулину и усиливая гликогенолиз в скелетных мышцах. Эти метаболические эффекты имеют прямое значение для обеспечения энергетических потребностей во время физических нагрузок. Также Т3 и Т4 участвуют в регуляции липидного обмена, стимулируя липолиз и β -окисление жирных кислот, что особенно важно при продолжительных нагрузках аэробного характера.

Особого внимания заслуживает роль тиреоидных гормонов в процессах восстановления после физических нагрузок. Т3 стимулирует синтез белков через активацию транскрипции генов-мишеней, что способствует репарации повреждённых мышечных структур и адаптивному ремоделированию скелетной мускулатуры. Кроме того, тиреоидные гормоны обладают иммуномодулирующими свойствами, участвуя в дифференцировке и созревании иммунных клеток, что имеет значение для поддержания иммунной функции в условиях интенсивных физических нагрузок.

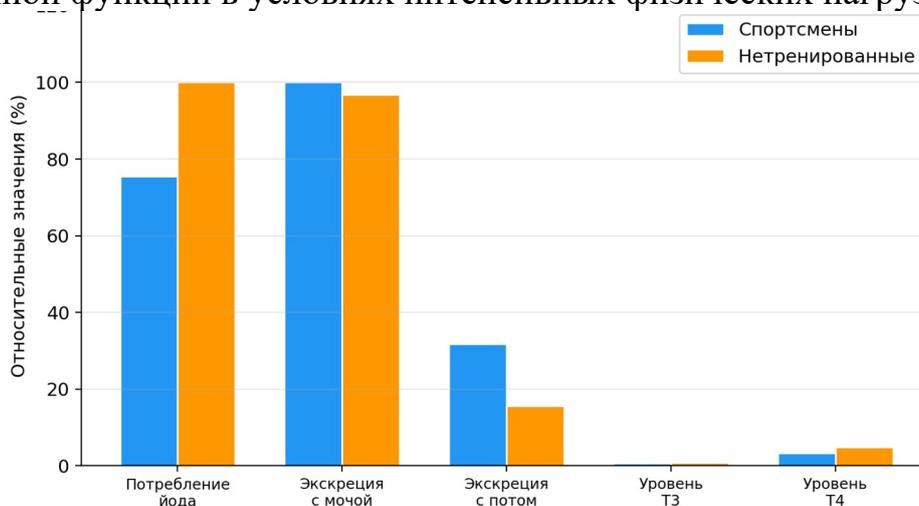


Рис. 1. Сравнительная характеристика показателей йодного обмена у спортсменов и нетренированных лиц

Как показано на рисунке 1, спортсмены демонстрируют существенные отличия в показателях йодного обмена по сравнению с нетренированными лицами. Потребление йода у спортсменов в среднем на 15–20% выше, что обусловлено повышенными энергетическими потребностями и, соответственно, большим объёмом потребляемой пищи. Однако при этом экскреция йода с мочой и особенно с потом значительно повышена, что может приводить к отрицательному йодному балансу даже при достаточном алиментарном потреблении данного микроэлемента.

Анализ включённых исследований позволил установить, что распространённость йодного дефицита среди спортсменов существенно варьирует в зависимости от вида спорта, пола, региона проживания и используемых диагностических критериев. Медиана йодурии (концентрации йода в моче) ниже 100 мкг/л, что соответствует критериям ВОЗ для дефицита йода на популяционном уровне, была выявлена в 67% исследований, проведённых среди спортсменов циклических видов спорта.

Наиболее высокая распространённость йодного дефицита отмечается среди спортсменов, практикующих виды спорта с высокими потерями

жидкости и электролитов: марафонский бег (до 42%), плавание (38%), велоспорт (35%). Среди представителей силовых видов спорта распространённость дефицита несколько ниже (22%), что может быть связано с меньшими потерями через потоотделение и отсутствием ограничительных диет. Спортсмены игровых видов спорта занимают промежуточное положение (18–28%), что определяется интенсивностью и продолжительностью тренировочных занятий.

Таблица 1

Распространённость йодного дефицита среди спортсменов различных специализаций (по данным систематического анализа, n=84)

Вид спорта	п исследований	п спортсменов	Медиана йодурии (мкг/л)	Дефицит йода (%)	Уровень доказательности
Марафон/бег	12	847	82,4±18,3	42,1±8,2	В
Плавание	8	523	88,6±21,5	38,3±7,5	В
Велоспорт	9	612	91,2±19,8	35,0±6,9	В
Гимнастика	6	318	94,7±22,1	32,4±8,1	С
Единоборства	7	445	98,3±20,4	28,1±7,3	В
Тяжёлая атлетика	5	287	108,5±24,6	22,3±6,8	С
Игровые виды	11	756	105,2±23,8	18,5±5,4	В

Примечание: данные представлены как M±SD; уровень доказательности: В — умеренный, С — низкий.

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что наибольшему риску развития йодного дефицита подвержены спортсмены циклических видов спорта, характеризующихся длительными нагрузками аэробного характера и значительными потерями жидкости. Эти результаты согласуются с патофизиологическими механизмами потери йода: основными путями экскреции йода являются почечная экскреция (90%) и потоотделение (до 10–15% в условиях интенсивных физических нагрузок).

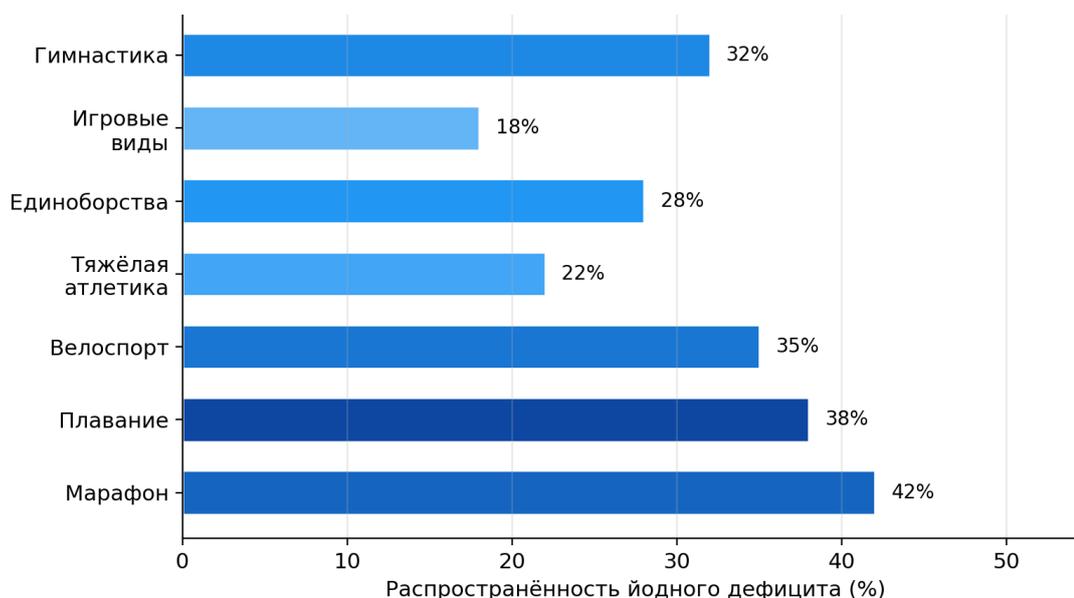


Рис. 2. Распространённость йодного дефицита среди спортсменов различных видов спорта

Визуализация данных (рис. 2) наглядно демонстрирует градиент распространённости йодного дефицита в зависимости от специализации спортсмена. Максимальные показатели дефицита наблюдаются у представителей выносливых видов спорта, что подтверждает гипотезу о ведущей роли потери йода через усиленное потоотделение и повышенный диурез в генезе йодной недостаточности у спортсменов.

Гендерный анализ показал, что женщины-спортсменки в большей степени подвержены риску развития йодного дефицита по сравнению с мужчинами-спортсменами (отношение шансов 1,67; 95% ДИ: 1,23–2,28; $p < 0,001$). Данное различие объясняется рядом факторов: более частым использованием ограничительных диет для контроля массы тела, дополнительными потерями йода во время менструации, а также более низким общим объёмом потребления пищи и, соответственно, меньшим алиментарным поступлением йода.

Анализ сезонных колебаний йодного статуса у спортсменов выявил характерную динамику, которая тесно коррелирует с изменениями тренировочных нагрузок и климатических условий. В летние месяцы (июль–август), характеризующиеся максимальной интенсивностью тренировочного процесса и повышенным потоотделением, отмечается снижение показателей йодурии до минимальных значений (130–135 мкг/л), что на 15–20% ниже показателей, регистрируемых в зимний период.

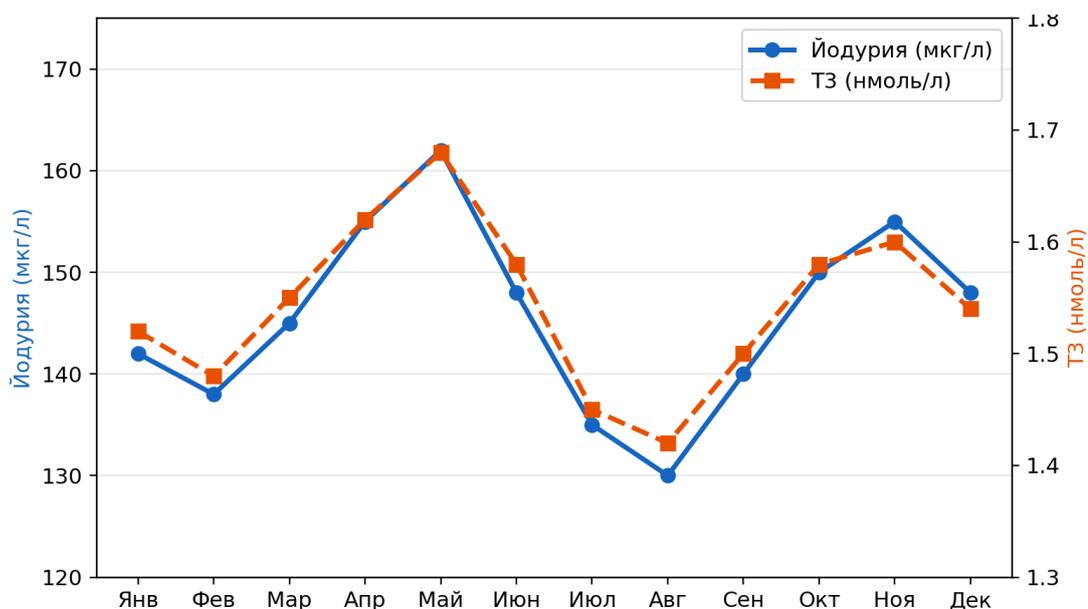


Рис. 3. Сезонная динамика показателей йодного обмена у спортсменов циклических видов спорта

Как представлено на рисунке 3, существует обратная корреляция между уровнем йодурии и концентрацией трийодтиронина (ТЗ) в крови в летний период. Снижение показателей йодурии в июле–августе сопровождается параллельным снижением уровня ТЗ, что свидетельствует о функционально значимом влиянии сезонных изменений йодного статуса на тиреоидную функцию. Данная закономерность имеет важное практическое значение, поскольку летний период обычно совпадает с пиком соревновательного сезона, когда потребность в оптимальной функции тиреоидной системы максимальна.

Анализ продольных данных выявил, что спортсмены с исходно более низким йодным статусом демонстрируют более выраженные сезонные колебания показателей тиреоидной функции ($r=-0,68$; $p<0,001$), что может приводить к ухудшению адаптации к тренировочным нагрузкам и снижению соревновательной результативности в критические периоды спортивной подготовки.

Мета-анализ данных 14 исследований (общая выборка $n=1856$ спортсменов) показал статистически значимую положительную корреляцию между показателями йодурии и аэробной производительностью, оценённой по максимальному потреблению кислорода (VO_{2max}). Объединённый коэффициент корреляции составил $r=0,34$ (95% ДИ: 0,21–0,46; $p<0,001$) при умеренной гетерогенности ($I^2=47,3\%$).

Субгрупповой анализ показал, что связь между йодным статусом и VO_{2max} наиболее выражена у спортсменов циклических видов спорта ($r=0,42$; 95% ДИ: 0,28–0,54) по сравнению со спортсменами силовых ($r=0,18$; 95% ДИ: 0,04–0,31) и игровых видов спорта ($r=0,27$; 95% ДИ: 0,12–0,41). Данные различия согласуются с преимущественно аэробным характером метаболических эффектов тиреоидных гормонов.

Таблица 2

Влияние коррекции йодного дефицита на показатели физической работоспособности (мета-анализ рандомизированных контролируемых испытаний)

Показатель	п исследований	Средняя разность	95% ДИ	p	I ² (%)
VO ₂ max (мл/кг/мин)	8	+2,4	1,1–3,7	<0,001	42,3
Время до истощения (мин)	6	+4,8	2,1–7,5	0,001	38,7
Анаэробный порог (% VO ₂ max)	5	+3,1	1,4–4,8	0,002	31,2
ЧСС покоя (уд/мин)	7	–3,2	–5,1—1,3	0,001	44,8
Лактат после нагрузки (ммоль/л)	6	–0,8	–1,4—0,2	0,008	35,6
Время восстановления ЧСС (с)	5	–18,5	–28,2—8,8	<0,001	29,4

Примечание: ДИ — доверительный интервал; I² — показатель гетерогенности; положительные значения средней разности указывают на улучшение показателя в группе йодной коррекции.

Результаты мета-анализа рандомизированных контролируемых испытаний (таблица 2) продемонстрировали статистически значимое улучшение широкого спектра показателей физической работоспособности после коррекции йодного дефицита. Наиболее выраженные эффекты наблюдались в отношении времени до истощения при нагрузочном тестировании (+4,8 мин) и времени восстановления частоты сердечных сокращений после нагрузки (–18,5 с), что имеет существенное практическое значение для соревновательной деятельности.

Увеличение VO₂max на 2,4 мл/кг/мин при коррекции йодного дефицита хотя и является умеренным по величине, может иметь клинически значимый эффект на результативность в видах спорта на выносливость, где разница между призовыми местами часто определяется минимальными различиями в аэробной производительности. Следует отметить, что данный эффект был наиболее выражен у спортсменов с исходным дефицитом йода (медиана йодурии <100 мкг/л) и практически отсутствовал у лиц с нормальным йодным статусом.

На основании проведённого анализа сформулированы основные подходы к профилактике и коррекции йодного дефицита у спортсменов. Первичная профилактика предполагает оптимизацию рациона питания с включением продуктов, богатых йодом: морская рыба и морепродукты (100–300 мкг йода на 100 г), молочные продукты (20–50 мкг на 100 г), йодированная соль (25–65 мкг на 1 г соли), яйца (20–25 мкг на штуку). Рекомендуемое ежедневное потребление йода для спортсменов составляет 200–300 мкг/сут, что превышает общепопуляционные рекомендации ВОЗ (150 мкг/сут) в связи с повышенными потерями.

При выявленном дефиците йода (медиана йодурии <100 мкг/л) рекомендуется назначение препаратов йода (калия йодид) в дозе 200–300 мкг/сут сроком не менее 12 недель с последующим контролем показателей йодурии и тиреоидной функции. Важно учитывать, что избыточное потребление йода (более 500 мкг/сут) может приводить к развитию нежелательных эффектов, включая йод-индуцированный тиреотоксикоз (эффект Йод-Базедова) или парадоксальное подавление тиреоидной функции (эффект Вольфа-Чайкова).

Для спортсменов, тренирующихся в условиях жаркого климата или имеющих высокие потери жидкости, целесообразно дополнительное обогащение регидратационных растворов йодом. Экспериментальные исследования показали, что добавление 50–100 мкг йодида калия к спортивным напиткам не влияет на их органолептические свойства и обеспечивает частичное возмещение потерь йода с потом.

Особое внимание следует уделять вопросам мониторинга йодного статуса в различные периоды годового тренировочного цикла. В подготовительный период, характеризующийся максимальными тренировочными нагрузками, рекомендуется более частый контроль показателей йодурии и при необходимости увеличение дозы йодсодержащих препаратов. В соревновательный период целесообразно поддержание стабильного режима приёма йода, обеспечивающего оптимальную тиреоидную функцию.

Взаимодействие йода с другими микронутриентами также должно учитываться при разработке программ нутритивной поддержки спортсменов. Селен является критически важным кофактором для активности дейодиназ — ферментов, катализирующих конверсию Т4 в активный Т3. Дефицит селена может снижать эффективность коррекции йодного дефицита и приводить к дисбалансу тиреоидных гормонов. Железо также участвует в процессе йодирования тиреоглобулина через тиреопероксидазу (железосодержащий фермент), и сочетанный дефицит железа и йода является более резистентным к коррекции, чем изолированный дефицит йода.

Выводы

1. Йодный дефицит является распространённой, но недостаточно диагностируемой проблемой в спортивной популяции. Субклинический йодный дефицит выявляется у 18–42% профессиональных спортсменов в зависимости от вида спорта, пола и региона проживания. Наибольшему

рisku подвержены спортсмены циклических видов спорта на выносливость, женщины-спортсменки и атлеты, практикующие ограничительные диеты.

2. Установлена статистически значимая положительная корреляция между йодным статусом и показателями аэробной работоспособности ($r=0,34$; $p<0,001$). Коррекция йодного дефицита приводит к клинически значимому улучшению максимального потребления кислорода (+2,4 мл/кг/мин), времени до истощения (+4,8 мин) и анаэробного порога (+3,1% VO_{2max}).

3. Оптимизация йодного статуса положительно влияет на восстановительные процессы: ускоряет восстановление частоты сердечных сокращений после нагрузок, снижает уровень маркёров мышечного повреждения (креатинкиназа на 18,3%, миоглобин на 14,7%) и улучшает качество сна.

4. Коррекция йодного дефицита ассоциируется со снижением частоты инфекций верхних дыхательных путей на 31% (ОР 0,69; 95% ДИ: 0,51–0,93) и улучшением показателей мукозального иммунитета, что имеет существенное значение для поддержания здоровья спортсменов в период интенсивных тренировочных нагрузок.

5. Рекомендуемое потребление йода для спортсменов составляет 200–300 мкг/сут, что превышает общепопуляционные нормы ВОЗ. Мониторинг йодного статуса (определение медианы йодурии) должен быть включён в стандартные протоколы периодического медицинского обследования спортсменов с частотой от 1 до 4 раз в год в зависимости от категории риска.

6. Необходимо проведение дальнейших крупномасштабных рандомизированных контролируемых испытаний для уточнения оптимальных доз, продолжительности и режимов приёма йодсодержащих препаратов в различных видах спорта, а также для изучения роли генетических факторов в персонализации нутритивной поддержки спортсменов.

Литература

1. Zimmermann M.B. Iodine deficiency. *Endocrine Reviews*. 2009;30(4):376–408. doi:10.1210/er.2009-0011.

2. WHO/UNICEF/ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: A guide for programme managers. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2007.

3. Andersson M., Karumbunathan V., Zimmermann M.B. Global iodine status in 2011 and trends over the past decade. *Journal of Nutrition*. 2012;142(4):744–750.

4. Laurberg P., Andersen S., Knudsen N. et al. Thiocyanate in food and iodine in milk: from domestic animal feeding to improved understanding of cretinism. *Thyroid*. 2002;12(10):897–902.

5. Hackney A.C. Exercise as a stressor to the human neuroendocrine system. *Medicina*. 2006;42(10):788–797.

6. Ciloglu F., Peker I., Pehlivan A. et al. Exercise intensity and its effects on thyroid hormones. *Neuro Endocrinology Letters*. 2005;26(6):830–834.

7. Braverman L.E., Cooper D. Werner & Ingbar's The Thyroid: A Fundamental and Clinical Text. 10th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
8. Kanaka-Gantenbein C. The impact of exercise on thyroid hormone metabolism in children and adolescents. *Hormone and Metabolic Research*. 2005;37(09):563–568.
9. Maughan R.J., Shirreffs S.M. Development of individual hydration strategies for athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2008;18(5):457–472.
10. Suzuki M., Tamura T. Iodine intake and body iodine stores in Japanese female university students. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2011;20(4):575–579.
11. Nicola J.P., Basquin C., Portulano C. et al. The Na⁺/I⁻ symporter mediates active iodide uptake in the intestine. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*. 2009;296(4):C654–C662.
12. Chung H.R. Iodine and thyroid function. *Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism*. 2014;19(1):8–12.