

Никитина Ксения Игоревна

**ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ КОСТНОГО
МЕТАБОЛИЗМА В УСЛОВИЯХ НАПРЯЖЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Работа выполнена на базе лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр физической культуры и спорта»

Научный руководитель:

Кандидат медицинских наук,
доцент

Выходец Игорь Трифанович

Официальные оппоненты:

Самойлов Александр Сергеевич доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства

Павлов Владимир Иванович доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением функциональной диагностики и спортивной медицины, Государственное автономное учреждение здравоохранения города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»

Защита состоится «_____» _____ 2025 года в ____ часов на заседании Диссертационного совета 21.2.058.03 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 117513, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, дом 1, стр. 6.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (Пироговский Университет) по адресу: 117513, г. Москва, ул. Островитянова, дом 1, стр. 6 и на сайте <http://rsmu.ru/>.

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат медицинских наук, доцент

Тохтиева Наталья Вячеславовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности

Положительное влияние физической активности на состояние кости доказано многими исследователями (Свешников А.А., 2003; Марченкова Л. А., 2016; Kambas A., 2017). Профессиональная спортивная деятельность – модель постоянного воздействия физической нагрузки на организм человека, выступает мощнейшим механизмом активации и мобилизации функциональных резервов спортсмена, значительно изменяет активность эндокринных желез, затрагивая в том числе и костный метаболизм (Кулиненков О.С., 2016; Солодков А.С., 2016; Иорданская Ф.А., 2022). Прогрессивный рост объема, интенсивности и длительности воздействия физической нагрузки уже в молодом возрасте у спортсменов проявляется нарастанием травматизма, снижая спортивную работоспособность на длительный срок, одной из ведущих причин которого являются и остеопоротические изменения (O'Brien M., 2001; Ключников С.О., 2017; MacKnight J.M., 2017; Mountjoy M., 2018; Wilson D.J., 2019; Самойлов А.В., 2023).

Регуляция костного метаболизма подчиняется воздействию как непосредственно факторов фосфорно-кальциевого обмена и ремоделирования кости, так и влиянию активности эндокринных желез, обеспечивающих в том числе механизмы общей адаптации организма к напряженной мышечной деятельности (Рожинская Л.Я., 2000; Риггз Б.Л., 2000; Лесняк О.М., 2016; Солодков А.С., 2016; Кулиненков О.С., 2016). Исследования гормональной регуляции костного метаболизма в основном касаются общепопуляционного аспекта, не затрагивая в полной мере вопросов, связанных с профессиональной спортивной деятельностью с выделением факторов риска его нарушений, как предикторов остеопороза.

В видах спорта с ограничением действия гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета уровень минеральной плотности костной ткани (МПКТ) снижен (Rector R.S., 2008; Banfi G., 2010; Hinrichs T., 2010; Chen Z., 2022). Минеральная плотность пяточной кости (МППК), оцененная методом количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД), отражает влияние специфики спортивной деятельности с выделением данных видов спорта в группу риска по снижению костной массы (Студеникина Н.Н., 2005; Абрамова Т.Ф., 2013).

Учитывая целостность регуляции процессов адаптации подсистем и систем организма, высокую интенсификацию профессиональной спортивной деятельности, повышенный риск остеопоротических изменений, как предиктора травматизма у спортсменов, представляется целесообразным исследование гормональной регуляции и особенностей костного метаболизма у спортсменов с целью выявления приоритетных маркеров риска снижения массы кости в условиях напряженной мышечной деятельности спорта высших достижений в том числе с учетом этапов тренировочного процесса у спортсменов высокой квалификации.

Цель исследования

Определить особенности костного метаболизма и приоритетные маркеры риска его нарушения у высококвалифицированных спортсменов в условиях напряженной мышечной деятельности с учетом показателей активности эндокринных желез, регулирующих метаболизм кости.

Задачи исследования

1. Изучить маркеры костного метаболизма у высококвалифицированных спортсменов мужского пола с учетом спортивной специализации.
2. Проанализировать активность эндокринных желез у высококвалифицированных спортсменов мужского пола с учетом специфики вида спорта.
3. Определить динамику маркеров костного метаболизма и показателей активности эндокринных желез у высококвалифицированных спортсменов мужского пола на этапах многолетнего цикла спортивной подготовки.
4. Выявить приоритетные маркеры риска нарушения костного метаболизма у высококвалифицированных спортсменов в процессе напряженной мышечной деятельности с учетом этапов тренировочного процесса.

Научная новизна исследования

Впервые изучены особенности костного метаболизма и его гормональной регуляции у высококвалифицированных спортсменов различных видов спорта с выделением факторов риска потери массы кости с учетом этапов годичного цикла подготовки.

Выявлена дифференцированная значимость ведущих маркеров костного метаболизма в зависимости от этапов годичного цикла подготовки. В подготовительном периоде годичного цикла костный метаболизм определяется спецификой вида спорта: высокая скорость костного ремоделирования с ростом остеорезорбции соотносится с повышением доли участия анаэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения. В соревновательном периоде костный метаболизм определяется балансом катаболической (кортизол, свободный тироксин) и анаболической (общий тестостерон, инсулин, пролактин) составляющих функциональной активности эндокринных желез: повышение секреции гормонов, проявляющих остеокатаболические эффекты, и снижение пролактина наряду с приоритетом процессов катаболизма (снижение соотношения общий тестостерон/кортизол и повышение соотношения кортизол/инсулин) соотносится с замедлением костеобразования и активацией костной резорбции.

Установлено, что маркеры костного ремоделирования взаимосвязаны с уровнем развития лабильных компонентов состава массы тела – морфофункциональных показателей общей физической подготовленности, указывая на парциальную роль костного обмена в формировании целостной адаптации организма к напряженной мышечной деятельности. Активация резорбтивных процессов соотносится со сниженным уровнем мышечного и повышенным уровнем жирового компонентов состава массы тела, отражая снижение адаптационных резервов организма спортсмена.

Выявлены дифференцированные маркеры риска патологии костной ткани в зависимости от этапов тренировочного процесса: в подготовительном периоде годичного цикла подготовки высокая скорость костного ремоделирования приоритетно определяется активацией остеорезорбции; в соревновательном – смещение баланса активности эндокринных желез в сторону катаболизма

проявляется замедлением остеосинтеза и ростом резорбции.

Активация остеорезорбции (повышение β -Cross laps и снижение соотношения остеокальцин/ β -Cross laps) у спортсменов в процессе многолетней профессиональной подготовки маркирует риск более быстрой потери костной массы с выделением группы риска по гипотрофическим состояниям костной ткани.

Практическая значимость

Результаты исследования особенностей изменения показателей костного метаболизма и активности эндокринных желез, регулирующих обмен костной ткани, на этапах годового цикла многолетней подготовки могут быть использованы:

- для оптимизации программ динамического контроля за состоянием здоровья спортсменов с применением комплексной оценки костного метаболизма: маркеров костного ремоделирования и показателей фосфорно-кальциевого обмена;
- с целью мониторинга состояния здоровья в программах текущих наблюдений и углубленных медицинских обследований спортсменов для повышения эффективности медико-биологического контроля;
- для проведения своевременной профилактики травматизма и развития дегенеративных изменений опорно-двигательного аппарата (ОДА), особенно в видах спорта с ограничением гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета;
- в разработке научно-методических рекомендаций для специалистов;
- в процессе обучения и повышения квалификации специалистов по спортивной и восстановительной медицине.

Теоретическая значимость

Полученные результаты расширяют и дополняют знания спортивной и восстановительной медицины об особенностях изменчивости и балансе костного метаболизма и показателей функциональной активности эндокринных желез спортсменов, регулирующих процессы адаптации и костный обмен, с учетом особенностей вида спорта, что определяет пусковые маркеры изменения состояния костной ткани в условиях напряженной мышечной деятельности.

Выявленная задействованность костного метаболизма в процессах общей адаптации организма спортсмена свидетельствует о взаимосвязанности разноуровневых систем организации организма, дополняет и углубляет представления об адаптации к условиям напряженной мышечной деятельности.

Выявленное определяющее влияние катаболического приоритета функциональной активности эндокринных желез на усиление резорбтивных процессов кости дополняет и уточняет представления о факторах риска дезадаптации к напряженной мышечной деятельности в соревновательном периоде годового цикла подготовки.

Методология и методы исследования

Исследование проводилось на базе лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК). В работе применялись современные клинические, лабораторные, инструментальные и статистические методы исследования, которые

соответствовали принципам доказательной медицины. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ ФНЦ ВНИИФК (номер протокола 2.23 от 21.06.2023).

Основные положения, выносимые на защиту

1. Ускорение костного ремоделирования за счет активации остеорезорбции соотносится с повышением вклада анаэробной составляющей в энергообеспечении основного соревновательного упражнения и является фактором риска более быстрой потери костной массы у спортсменов.

2. Активация костной резорбции с замедлением остеосинтеза у спортсменов на этапах многолетнего цикла спортивной подготовки обусловлена смещением баланса остеокатаболической и остеоанаболической составляющих функциональной активности эндокринных желез в сторону процессов катаболизма, что выступает фактором риска развития остеопении у спортсменов.

3. Показатели костного ремоделирования на этапах многолетней подготовки являются маркерами метаболической адаптации кости и общей адаптации организма спортсмена к напряженной мышечной деятельности, отражая функциональную подготовленность спортсмена. Активация остеорезорбции, маркера риска потери костной массы, соотносится со сниженным уровнем развития мышечного и повышенным уровнем жирового компонентов состава массы тела.

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты научной работы по оценке маркеров костного метаболизма внедрены в практику подготовки клинических ординаторов кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова. Рекомендации по мониторингу маркеров костного метаболизма и активности желез внутренней секреции для определения групп риска развития остеопении среди спортсменов внедрены в практику Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации» Федерального медико-биологического агентства России.

Степень достоверности и апробация результатов

Исследование базировалось на данных обследования спортсменов высокой квалификации мужского пола, максимально соответствующих модели спортивной деятельности и видовой специфики, имеющих сопоставимый уровень общей физической подготовленности. Для обследования использовались современные методы лабораторной диагностики, включающие определение биохимических маркеров костного метаболизма и активности эндокринных желез в сыворотке крови методами электрохемилюминесцентного и иммуноферментного анализа. Показатели минеральной плотности кости оценивались методом КУЗД в области пяточной кости на денситометре "Achilles Express" (Lunar, USA). Методы статистических приемов позволили эффективно провести анализ полученных данных, выявить информативные маркеры риска снижения МПКТ у спортсменов.

Апробация диссертации состоялась 26 июля 2023 года на совместном заседании лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и кафедры теории и методики спортивной тренировки,

восстановительной и спортивной медицины ФГБУ ФНЦ ВНИИФК. Материалы диссертации доложены и обсуждены на всероссийских научных конференциях, в том числе с международным участием (Москва, 2009 г.; Курск, 2009 г.; Сочи, 2011 г.; Пенза, 2020 г.).

Вклад автора в проведенное исследование

Автором проанализированы данные отечественных и зарубежных литературных источников по изучаемой проблематике, определены цель и задачи исследования, отобраны группы спортсменов и контрольная группа, определены антропометрические данные и уровень МППК методом КУЗД, создана база данных, проведена их статистическая обработка и интерпретация, сформулированы выводы и практические рекомендации, написана диссертационная работа и научные статьи.

Публикации

Всего по теме диссертационной работы опубликовано 10 научных работ, из них 7 статьи в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ Минобрнауки для публикации научных результатов диссертации.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Область исследований диссертационной работы включает данные о показателях для медицинского контроля за функциональным состоянием лиц, занимающихся спортом, и направлена на предупреждение заболеваний и травм у спортсменов. Научные положения диссертации соответствуют паспорту научной специальности 3.1.33 – Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация.

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа содержит введение, четыре главы, заключение, выводы и практические рекомендации, список литературы, включающий 271 источник, из них 158 – отечественных и 113 – зарубежных. Работа изложена на 202 страницах машинописного текста, иллюстрирована 22 таблицами и 14 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе ФГБУ ФНЦ ВНИИФК в рамках научно-методического обеспечения подготовки спортсменов в течение трех лет.

Обследованы спортсмены высокой квалификации (мастер спорта (мс), мастер спорта международного класса (мсмк), заслуженный мастер спорта (змс), мужчины (Таблица 1), как наиболее соответствующие модели спортивной деятельности (Мартиросов Э.Г., 2009; Spiteri T., 2014), видов спорта близких по ограничению гравитационной нагрузки на осевой скелет, но различающихся особенностями соревновательной деятельности: гребля академическая (субмаксимальная-большая зона мощности, приоритетные механизмы энергообеспечения – аэробные (80%) и анаэробные), велосипедный спорт, велотрек (максимальная-субмаксимальная зона мощности – анаэробное алактатно-лактатное

энергообеспечение) и велошоссе (умеренная зона мощности – аэробное, более 95%) с большим объемом и длительностью нагрузок в велошоссе, чем в велотреке и гребле (Полищук Д.А., 1997; Студеникина Н.Н., 2005; Кулиненко О.С., 2016; Солодков А.С., 2016). Возраст спортсменов и мужчин группы контроля, не занимающихся спортом систематически (Таблица 1), соответствовал пику формирования костной массы, составляя 20-28 лет (Sale С., 2019; Белая Ж.Е., 2021).

Таблица 1. Основные характеристики выборки

Вид спорта/ группа	N	Возраст, лет	Квалификация	Стаж, лет
Академическая гребля	40	21,0 [20,0;23,0]	мс, мсмк, змс	8,5 [7,0;11,0]
Велотрек	23	21,0 [20,0;22,0]	мс, мсмк	8,0 [6,0;12,0]
Велошоссе	20	21,0 [20,0;23,7]	мс, мсмк, змс	9,0 [7,0; 12,7]
Контроль	20	21,5 [20,0;23,7]	отсутствует	отсутствует

Тестирование 83 спортсменов, специализаций академическая гребля, велотрек и велошоссе, и 20 человек группы контроля (Таблица 1) проводилось в скрининговом варианте в начале подготовительного периода годового цикла подготовки (отсутствие приема препаратов, влияющих на фосфорно-кальциевый обмен, в течение одного и более месяцев до исследования).

Представители велотрека (16 спортсменов) обследовались трижды: в начале подготовительного, в начале предсоревновательного, в начале соревновательного периодов каждого годового цикла подготовки на протяжении трех лет (схема приема и дозы препаратов, влияющих на фосфорно-кальциевый обмен, за весь период исследования не изменялись).

Всего проведено 342 КУЗД-измерений, определено 3429 биохимических показателей.

Методология и методы исследования

Методологической базой научной работы являлись исследования отечественных и зарубежных авторов по проблематике остеопоротических изменений и их связи с физической нагрузкой, по активности эндокринных желез и данным маркеров костного обмена в общей популяции и спорте, анализ данных, полученных в ходе исследования.

Антропометрия включала измерение длины и массы тела, обхватных размеров сегментов конечностей, калиперометрию 8 кожно-жировых складок на сегментах конечностей и туловище. Лабильные компоненты массы тела рассчитывались по формуле J. Mateigka, 1921 г. в модификации НИИ Антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова, 1970 г. (Абрамова Т.Ф., 2013).

Биохимические показатели фосфорно-кальциевого, углеводного, липидного, белкового и водно-электролитного обменов, печеночных трансаминаз, эритропоэза, маркеры активности эндокринных желез и костного ремоделирования определялись в сыворотке крови на базе ООО «Научного центра ЭФиС» с помощью биохимических, электрохемилюминесцентного и иммуноферментного методов на анализаторах: EXPRESS-PLUS, США, CIBA-CORNING, США, ELECSYS 1010 ROCHE, Швейцария.

Соотношение общих тестостерон/кортизол (Т/К, индекс анаболизма) рассчитывалось по формуле: (общий тестостерон:кортизол)х100% (Чурганов О.А.,

2022). Соотношение остеокальцин/ β -Cross laps (OC/ β -Cross laps) определялось по формуле: остеокальцин: β -Cross laps. Соотношение кортизол/инсулин (кортизол/инсулин) рассчитывалось по формуле: кортизол:инсулин.

По рекомендации ВОЗ оценка МПКТ проводится относительно пиковой нормы костной ткани (Т-критерий) и возрастной нормы (Z-критерий). МПКТ по Т-критерию оценивается в процентах от соответствующей нормы и в единицах стандартных отклонений (SD): норма – значения МПКТ от 87,1 до 113% или $\pm 1SD$; снижение МПКТ в пределах 87–68% или от -1 до -2,5SD – остеопения; менее 68% или $\leq -2,5SD$ – остеопороз (Дедов И.И., 2016; Лесняк О.М., 2016; Студеникина Н.Н., 2005). МПКТ определялась по Т-критерию в области правой и левой пяточной кости исследуемого методом КУЗД на денситометре "Achilles Express" (Lunar, USA). МППК средняя рассчитывалась как среднее арифметическое по формуле: (МППК правая + МППК левая):2.

Статистическая обработка данных проводилась с применением IBM SPSS Statistics 23 for Windows, «MS Office Excel 2010». Для описания данных применялись непараметрические методы статистики с определением медианы (Me), 25-го и 75-го процентиля (25%;75%); достоверности различий для независимых (критерии Манна-Уитни, Краскел-Уоллиса) и зависимых выборок (критерии Вилкоксона, Фридмана) со статистической значимостью $p < 0,05$, при необходимости с использованием поправки Бонферрони; корреляционный анализ методом ранговой корреляции по Спирмену (r); факторный анализ (Лапач С.Н., 2001; Жижин К.С., 2007).

Результаты и обсуждения исследования

Группы спортсменов сопоставимы по возрасту с контрольной группой. Спортсмены изучаемых специализаций не отличались по возрасту и стажу занятий, соответствовали морфологическим моделям (Мартиросов Э.Г., 1978, 2009), имея хорошую и близкую по уровню общую физическую подготовленность: схожее развитие относительных уровней мышечной и жировой масс состава массы тела (ММ % и ЖМ %, соответственно) (Абрамова Т.Ф., 2013), что делало репрезентативным сопоставление групп (Таблица 2).

Показатели МППК во всех изучаемых группах (Таблица 3) соответствовал норме. Уровень МППК минимален в группах велотрека и академической гребли и максимален – в велошоссе, статистически значимо при сравнении велотрека и велошоссе для МПКТ в области правой пяточной кости. МППК в группе контроля сопоставима с МППК в изучаемых спортивных специализациях (Таблица 3).

Показатели активности эндокринных желез, соответствуя норме во всех изучаемых группах (Таблица 4), маркировали особенности адаптации спортсменов к напряженной мышечной деятельности статистически значимо для маркеров соотношения активности липидного и углеводного обменов (соматотропный гормон (СТГ) и С-пептид), водно-электролитного обмена (альдостерон), работы щитовидной железы (свободный тироксин (Т4), процессов анаболизма (общий тестостерон (ОТ), ответа организма на действие стрессового фактора (пролактин) (Дедов И.И., 2000; Курляндская Р.М., 2002; Некрасов А.Н., 2003; Кубасов Р.В., 2014; Середенко Л.П., 2009; Кулиненков О.С., 2018). Два последних маркера и Т/К

статистически значимо отличали группу контроля от всех групп спортсменов (Таблица 4), отражая напряженность переносимости тренировочного воздействия в спорте (Макарова Г.А., 2014; Черницына Н.В., 2016).

У спортсменов маркеры костного ремоделирования превышали показатели нормы, тогда как их высокие значения являются доказанным фактором риска более быстрой потери массы кости в общей популяции (Белая Ж.Е., 2021): для остеокальцина (ОС) – во всех видах спорта, для β -Cross laps – в гребле и велотреке (Таблица 4) со статистически значимо более низкой скоростью ремоделирования и остеорезорбции в велощоссе. Различия группы контроля от спортсменов (Таблица 4) связаны с активностью остеосинтеза – ОС и общая щелочная фосфатаза (ОЩФ).

Корреляционный анализ показал взаимосвязь костного ремоделирования с углеводным и жировым обменами, косвенно отражая влияние интенсивности напряженной мышечной деятельности на задействованность костного метаболизма в обеспечении энергообмена у спортсменов: в велощоссе корреляция уровней С-пептида и ОС ($r=-0,570$, $p=0,042$), С-пептида и ОЩФ ($r=-0,565$, $p=0,035$), глюкозы и ОС ($r=-0,537$, $p=0,039$); в академической гребле – С-пептида и β -Cross laps ($r=-0,367$, $p=0,020$), β -Cross laps и абсолютной ЖМ ($r=0,344$, $p=0,030$); β -Cross laps и абсолютной ММ ($r=-0,394$, $p=0,012$), ОС/ β -Cross laps и абсолютной ММ ($r=0,338$, $p=0,033$); в велотреке – ОС/ β -Cross laps и ЖМ % ($r=0,519$, $p=0,033$).

Показатели фосфорно-кальциевого обмена (Таблица 4) соответствовали норме во всех группах и отражали особенности энергообмена в каждом виде спорта при более избирательном распределении значений ионизированного кальция (Ca^{++}), маркируя дополнительно активность остеорезорбции у спортсменов (Таблица 4). Большой уровень паратиреоидного гормона (ПТГ) у спортсменов по сравнению с контролем, соотносился с необходимостью поддержания должного уровня кальция в крови на фоне его высоких трат в условиях напряженной мышечной деятельности, что подтверждалось взаимосвязью между уровнями β -Cross laps и ПТГ у спортсменов: в гребле ($r=0,339$, $p=0,032$), велотреке ($r=0,524$, $p=0,037$), велощоссе ($r=0,654$, $p=0,015$), отражая активацию остеорезорбции под действием ПТГ, как в общей популяции (Рожинская Л.Я., 2000) (Таблица 4).

Биохимические показатели обмена веществ, включающие углеводный, липидный, белковый и водно-электролитный обмены, печеночных трансаминаз, эритропоеза (Таблица 4), отражая особенности адаптации каждого вида спорта к напряженной мышечной деятельности, соответствовали норме во всех группах, за исключением значений креатинфосфокиназы (КФК) у большинства спортсменов, что, наряду с уровнем креатинина, маркировали интенсивность физической работы у спортсменов по сравнению с контрольной группой (Vanfi G., 2012).

Костный метаболизм и активность эндокринных желез не одинаковы у спортсменов различных видов спорта и формируются под влиянием специализированной мышечной деятельности, отражая процесс долговременной адаптации организма к выполнению тренировочных нагрузок, различающихся по времени, интенсивности и приоритетным механизмов энергообеспечения соревновательного упражнения. Ускорение ремоделирования кости с активацией остеорезорбции выступает фактором риска снижения МПКТ у спортсменов.

Таблица 2. Характеристики основных морфологических параметров и лабильных компонентов состава массы тела у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, p					
	Контроль, n=20, (I)	Академическая гребля, n=40, (II)	Велотрек, n=23, (III)	Веложоссе, n=20, (IV)	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV
Масса тела, кг	79,9[74,5;85,6]	87,8[75,1;94,4]	79,4[74,9;81,2]	70,7[68,0;72,4]	0,039	0,289	<0,001	0,003	<0,001	<0,001
Длина тела, см	176,1 [174,3;178,0]	188,2 [180,3;190,9]	178,8 [174,1;181,1]	173,7 [171,6;177,1]	<0,001	0,073	0,077	<0,001	<0,001	0,009
Мышечная масса, кг	36,6 [35,9;37,1]	46,9 [41,0;49,4]	42,5 [38,6;44,0]	36,9 [36,0;38,7]	<0,001	<0,001	0,319	0,006	<0,001	<0,001
Мышечная масса, %	46,8 [41,9;49,2]	53,0 [52,1;54,6]	53,9 [52,2;55,1]	52,9 [52,7;53,3]	<0,001	<0,001	<0,001	0,272	0,364	0,053
Жировая масса, кг	16,8[15,1;19,3]	8,2[6,9;10,1]	7,3[6,7;8,2]	6,1[5,6;6,9]	<0,001	<0,001	<0,001	0,071	<0,001	0,004
Жировая масса, %	21,3[19,6;22,2]	9,1[7,8;12,0]	9,3[8,5;10,1]	8,8[8,0;9,9]	<0,001	<0,001	<0,001	0,909	0,373	0,217

Таблица 3. Характеристики минеральной плотности пяточной кости у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, p					
	Контроль, n=20, (I)	Академическая гребля, n=40, (II)	Велотрек, n=23, (III)	Веложоссе, n=20, (IV)	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV
МППК (средняя), %	106,2 [91,1;112,8]	99,2 [85,7;114,6]	97,0 [90,0;110,0]	114,7 [93,6;128,6]	0,452	0,408	0,120	0,819	0,045	0,037
МППК (правая), %	106,0 [92,2;112,8]	99,0 [86,2;116,5]	98,0 [90,0;112,0]	118,5 [95,7;130,0]	0,388	0,205	0,113	0,705	0,017	0,014
МППК (левая), %	105,0 [90,0;110,0]	101,5 [86,7;114,0]	100,0 [90,0;108,0]	111,0 [91,0;128,0]	0,712	0,617	0,116	0,830	0,124	0,144
МППК – минеральная плотность пяточной кости										

Таблица 4. Характеристики костного метаболизма, активности эндокринных желез, углеводного, липидного, белкового и водно-электролитного обменов, печеночных трансаминаз, эритропоэза у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Нормальные значения, единицы изменения	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, p					
		Контроль, n=20, (I)	Академическая гребля, n=40, (II)	Велотрек, n=23, (III)	Велошоссе, n=20, (IV)	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV
ОС	11-43 нг/мл	32,5 [22,0;34,8]	50,6 [38,7;63,8]	62,1 [52,6;67,3]	46,3 [32,6;50,6]	<0,001	<0,001	<0,001	0,043	0,098	<0,001
β-Cross laps	до 0,58 нг/мл	0,48 [0,43;0,52]	0,82 [0,65;1,25]	1,00 [0,60;1,32]	0,42 [0,38;0,51]	<0,001	<0,001	0,278	0,965	<0,001	<0,001
ОС/β-Cross laps	18,9-74,1	66,8 [52,7;74,5]	57,2 [48,9;67,2]	71,9 [47,7;91,3]	91,6 [80,2;123,3]	0,190	0,286	<0,001	0,116	<0,001	0,006
ОЩФ	до 117 Ед/л	67,0 [57,2;79,0]	92,0 [67,2;109,0]	91,5 [87,2;115,7]	82,0 [68,0;116,0]	0,001	<0,001	0,011	0,261	0,863	0,079
ТТГ	0,4-4,0 мкЕд/мл	1,7[1,4;2,9]	1,7[1,4;2,1]	1,4[1,1;2,2]	1,2 [1,0;1,4]	0,741	0,232	<0,001	0,302	<0,001	0,079
Т4	10,3-24,5 пмоль/л	17,8 [16,2;19,5]	16,4 [15,4;17,2]	17,2 [16,3;20,0]	12,8 [11,8;15,0]	0,030	1,000	<0,001	0,020	<0,001	<0,001
СТГ	0,06-10 нг/мл	0,53 [0,37;0,70]	0,43 [0,12;0,83]	0,13 [0,10;0,77]	0,70 [0,57;1,85]	0,655	0,046	0,016	0,232	0,010	0,004
ОТ	9,0-42,0 нмоль/л	24,1 [19,6;29,6]	19,5 [18,2;21,1]	14,8 [13,5;27,1]	13,3 [10,8;15,0]	0,003	0,033	<0,001	0,067	<0,001	0,012
Кортизол	150-770 нмоль/л	456,5 [437,0;503,2]	497,0 [410,2;613,2]	506,0 [356,0;605,0]	373,0 [331,7;624,0]	0,151	0,618	0,099	0,502	0,012	0,169
Т/К	>3 %	5,4[3,9;6,5]	3,9[3,3;5,1]	3,8[2,6;5,0]	3,1[2,1;3,7]	0,004	0,027	<0,001	0,521	0,006	0,144
Инсулин	3-24 мкЕд/мл	5,2[4,3;8,5]	5,1[3,9;5,7]	5,1[4,1;6,3]	5,2[3,8;11,6]	0,218	0,411	0,860	0,721	0,376	0,473
С-пептид	0,15-1,3 нмоль/л	0,47 [0,33;0,98]	0,39 [0,37;0,42]	0,59 [0,51;0,66]	0,66 [0,55;0,88]	0,045	0,364	0,342	<0,001	<0,001	0,097
Пролактин	64-650 мЕд/мл	337,0 [304,5;455,0]	204,5 [179,5;248,2]	252,7 [190,8;325,1]	132,8 [100,2;175,0]	<0,001	0,001	<0,001	0,072	<0,001	<0,001
Альдостерон	35-350 пг/мл	84,4 [74,9;105,1]	138,5 [103,0;191,0]	93,6 [83,0;103,7]	106,8 [102,2;231,0]	<0,001	0,211	0,002	<0,001	0,571	0,005

Продолжение таблицы 4

Показатель	Нормальные значения, единицы изменения	Контроль, n=20, (I)	Академическая гребля, n=40, (II)	Велотрек, n=23, (III)	Велошоссе, n=20, (IV)	Достоверность различий, p					
						I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV
ПТГ	8-74 пг/мл	29,1 [22,0;37,0]	43,3 [37,1;58,5]	54,0 [30,4;67,2]	41,3 [23,4;59,9]	<0,001	0,009	0,033	0,593	0,469	0,539
Ca	2,02-2,65 ммоль/л	2,28 [2,18;2,34]	2,48 [2,38;2,59]	2,52 [2,44;2,59]	2,32 [2,26;2,48]	<0,001	<0,001	0,072	0,753	0,001	0,001
Ca ⁺⁺	1,05-1,30 ммоль/л	1,16 [1,12;1,20]	1,20 [1,18;1,22]	1,24 [1,21;1,25]	1,11 [1,10;1,22]	0,001	<0,001	0,831	0,013	0,016	0,003
Магний	0,65-1,05 ммоль/л	0,81[0,71;0,84]	0,80[0,74;0,96]	0,82[0,73;0,94]	0,89 [0,82;0,96]	0,153	0,404	0,002	0,781	0,080	0,084
Фосфор	0,80-1,61 ммоль/л	1,19 [1,18;1,25]	1,18 [0,93;1,33]	1,18 [1,08;1,26]	1,07 [0,78;1,10]	0,001	0,310	<0,001	0,638	0,016	0,003
АЛТ	5-40 Ед/л	23,0 [19,2;24,7]	20,5 [17,2;22,7]	19,0 [14,0;27,0]	22,0 [19,9;28,0]	0,023	0,209	0,854	0,742	0,101	0,188
АСТ	5-40 Ед/л	21,0 [19,0;24,0]	24,0 [24,0;30,7]	24,0 [19,0;29,0]	36,0 [29,0;39,2]	<0,001	0,146	<0,001	0,057	0,002	0,001
КФК	25-200 Ед/л	94,5 [63,2;110,5]	211,0 [185,2;286,0]	194,5 [130,7;310,2]	276,0 [177,0;500,0]	<0,001	<0,001	<0,001	0,369	<0,001	0,048
Креатинин	62-97 мкмоль/л	64,5 [62,2;73,0]	90,6 [82,0;93,5]	83,1 [78,6;109,7]	74,3 [71,7;83,1]	<0,001	<0,001	0,001	0,381	0,146	0,003
Мочевина	2,5-7,5 ммоль/л	5,1[4,0;6,0]	6,1[5,3;6,6]	5,8[4,6;6,3]	5,4[4,8;6,6]	0,004	0,114	0,223	0,403	0,255	0,736
Глюкоза	3,9-6,4 ммоль/л	4,6[4,0;5,1]	5,6[5,2;5,8]	5,1[4,5;5,3]	4,7[4,3;5,45]	<0,001	0,031	0,395	<0,001	<0,001	0,371
Общий белок	6,4-8,6 мг%	7,1[6,8;7,3]	7,1[6,9;7,2]	6,8[6,7;6,9]	6,6[6,3;7,0]	0,925	0,061	0,009	0,003	<0,001	0,157
Холестерин	3,1-5,2 ммоль/л	4,5[4,1;4,7]	4,2[4,0;4,4]	4,5[3,8;4,9]	4,9[4,6;5,2]	0,065	0,815	0,028	0,139	0,001	0,065
Эритропоэтин	6,0-34,0 мкЕд/мл	7,5[6,8;9,2]	9,2[7,4;10,9]	8,2[6,7;10,2]	9,5[7,0;14,0]	0,021	0,570	0,072	0,233	0,480	0,169
Билирубин прямой	до 0,5 мг%	0,18 [0,15;0,22]	0,33 [0,28;0,42]	0,18 [0,14;0,22]	0,17 [0,16;0,23]	<0,001	0,747	0,907	<0,001	<0,001	0,913

ОС – остеокальцин, ОС/β-Cross laps – соотношение ОС/β-Cross laps, ОЩФ – общая щелочная фосфатаза, ПТГ – паратгормон, ТТГ – тиреотропный гормон, Т4 – свободный тироксин, СТГ – соматотропный гормон, ОТ – общий тестостерон, Т/К – соотношение общий тестостерон/кортизол, Са – кальций общий, Са⁺⁺ – кальций ионизированный, АЛТ – аланинаминотрансфераза, АСТ – аспаратаминотрансфераза, КФК – креатинфосфокиназа

Для изучения механизмов гормональной регуляции костного метаболизма с выявлением факторов риска снижения минеральной плотности кости с учетом значений МППК проведено исследование комплекса изучаемых показателей у представителей академической гребли, разделенных на три группы по уровню МППК (Таблица 5), включая категории ниже нормы (МПКТ 68–87%), норма (МПКТ 87,1–113%), превышение референсных значений (МПКТ >113%).

Спортсмены академической гребли с МППК 68-87% характеризовались статистически значимо более низкой ММ (%) и высокой ЖМ (% и абсолютной) состава массы тела, что отражало их сниженный уровень общей физической подготовленности (Абрамова Т.Ф., 2010, 2013) по сравнению спортсменами групп гребли с МППК 87–113% и МППК >113% (Таблица 5).

Таблица 5. Характеристики состава массы тела и её лабильных компонентов у представителей академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Спортсмен академической гребли			Достоверность различий,		
	МППК 68-87 %, n=12, (I)	МППК 87,1- 113% n=17, (II)	МППК > 113 %, n=11, (III)	p		
				I-II	I-III	II-III
МППК (средняя), %	84,5 [81,6;85,5]	100,5 [94,2;104,2]	124,5 [118,5;126,5]	<0,001	<0,001	<0,001
Масса тела, кг	88,9 [77,6;96,9]	82,7 [73,7;90,2]	90,0 [82,7;93,7]	0,126	0,758	0,145
Мышечная масса, кг	46,3 [40,4;48,2]	43,9 [40,5;48,0]	49,4 [42,6;50,9]	0,707	0,175	0,066
Мышечная масса, %	52,1 [49,0;53,4]	53,4 [52,7;55,4]	54,0 [52,7;54,6]	0,006	0,006	0,906
Жировая масса, кг	10,1 [9,9;15,6]	7,7 [5,2;8,3]	7,9 [6,8;8,4]	<0,001	<0,001	0,423
Жировая масса, %	12,9 [12,1;16,0]	8,4 [7,1;10,1]	8,7 [7,7;9,2]	<0,001	<0,001	0,541

Маркеры костного ремоделирования превышали значения нормы для β -Cross Laps и ОС в большинстве групп спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК (Таблица 6) при максимальной активности остеорезорбции в группе с МППК 68–87% и минимальной – в группе с МППК >113%, которая маркировалась следующими показателями: соотношение ОС/ β -Cross Laps, β -Cross Laps и ОЩФ. Показатели фосфорно-кальциевого обмена (Таблица 6) сопоставимы в группах академической гребли с различным уровнем МППК.

Показатели активности эндокринных желез у спортсменов гребли с различным уровнем МППК (Таблица 6), находясь в рамках нормы во всех группах гребли, у спортсменов с МППК 68-87% характеризовали их более сниженный уровень общей подготовленности по сравнению с гребцами с МППК более 87% в связи с уменьшением адаптационных возможностей, стрессоустойчивости и остеообразования (пролактин) и ростом риска нарушения водно-электролитного обмена (альдостерон), со статистически значимо большей задействованностью механизмов гликолиза (С-пептид, инсулин) (Некрасов А.Н., 2003; Середенко Л.П.,

2009; Макарова Г.А., 2014; Кубасов Р.В., 2014; Мироманов А.М., 2021).

Таблица 6. Характеристики костного метаболизма и активности эндокринных желез у представителей академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Показатель	Спортсмен академической гребли			Достоверность различий, р		
	МППК 68-87 %, n=12, (I)	МППК 87,1-113 % n=17, (II)	МППК > 113 %, n=11, (III)	I-II	I-III	II-III
Остеокальцин	53,9[45,4;76,5]	49,0[35,3;58,0]	42,4[32,7;64,0]	0,425	0,218	0,888
β -Cross laps	1,07[0,71;1,50]	0,94[0,66;1,33]	0,73[0,54;0,89]	0,506	0,023	0,034
OC/ β -Cross laps	55,8[50,3;61,5]	50,9[47,2;59,0]	72,4[58,3;82,9]	0,330	0,014	0,006
ОЩФ	89,5 [70,0;96,5]	71,0 [59,5;106,0]	110,0 [99,0;120,0]	0,658	0,003	0,016
СТГ	0,38[0,08;0,66]	0,41[0,09;1,75]	0,51[0,38;0,83]	0,464	0,139	0,944
ТТГ	2,1[1,6;2,6]	1,5[1,3;1,9]	1,6[1,4;2,0]	0,041	0,174	0,369
T4	16,2[16,0;16,6]	16,9[14,6;17,6]	16,8[15,6;17,2]	0,451	0,338	0,944
Пролактин	183,5 [159,7;207,5]	212,0 [182,0;367,0]	231,0 [181,0;250,0]	0,033	0,029	0,541
Инсулин	6,40[5,41;6,95]	3,80[3,20;5,24]	5,01[4,03;5,37]	0,001	0,003	0,151
C-пептид	0,53[0,40;0,65]	0,38[0,35;0,40]	0,40[0,39;0,41]	0,001	0,016	0,019
Альдостерон	189,6 [152,9;351,2]	103,2 [75,6;135,3]	142,0 [107,0;192,7]	0,001	0,042	0,051
Кортизол	501,0 [404,7;613,2]	484,0 [387,0;633,5]	497,0 [490,0;587,0]	0,877	0,423	0,371
ОТ	19,3[18,4;21,1]	19,8[18,2;22,0]	19,8[18,2;21,1]	0,451	0,951	0,814
T/K	4,03[3,11;5,16]	4,39[3,15;5,32]	3,68[3,46;3,98]	0,690	0,580	0,312
СТ	19,3[15,8;24,2]	14,5[13,7;17,7]	14,1[10,2;17,6]	0,003	0,004	0,423
СТ/ОТ	1,07[0,88;1,37]	0,75[0,68;0,90]	0,73[0,52;0,87]	0,001	0,002	0,466
ПТГ	48,2[37,1;58,8]	41,9[37,8;58,5]	41,2[33,4;51,2]	0,912	0,712	0,689
Кальцитонин	2,6[1,8;3,5]	1,6[0,7;3,4]	3,7[0,3;5,9]	0,400	0,518	0,300
Магний	0,78[0,68;0,80]	0,88[0,79;1,00]	0,92[0,74;1,02]	0,012	0,069	0,944
Ca	2,49[2,44;2,52]	2,49[2,38;2,69]	2,42[2,38;2,56]	0,739	0,294	0,436
Ca ⁺⁺	1,21[1,19;1,22]	1,20[1,18;1,22]	1,20[1,18;1,22]	0,229	0,263	0,906
Фосфор	0,95[0,90;1,27]	1,20[1,01;1,35]	1,31[1,00;1,36]	0,199	0,268	0,724
СТ – свободный тестостерон, пмоль/л (норма 8,7-54,7)						

Достоверно большие уровни свободного тестостерона (СТ) и соотношения СТ/ОТ в группе с МППК 68-87%, чем в группах с МППК более 87%, отражали направленность процессов метаболизма в сторону роста СТ при возможном влиянии на уровень МПКТ: СТ положительно действует на массу кости (Ершова О.Б., 2013).

Корреляционный анализ изучаемых показателей у гребцов-академистов показал, что адаптация организма спортсмена в многолетней подготовке в определенной мере соотносится с уровнем МПКТ: в случае сниженного уровня МППК (МППК 68–87%) – повышается значимость маркеров костного ремоделирования, при нормальной и повышенной МППК – ведущая роль переходит к показателям эндокринных желез, обмена веществ, включая белковый, углеводный, водно-электролитный обмены, и эритропоэза (Таблица 7).

Таблица 7. Корреляционные взаимосвязи лабильных компонентов состава массы тела и показателей костного метаболизма, активности эндокринных желез, углеводного, липидного, белкового и водно-электролитного обменов, печеночных трансаминаз и эритропоза в группах академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель / r	Спортсмен академической гребли					
	МППК 68-87 %, n=12		МППК 87,1-113 %, n=17		МППК > 113 %, n=11	
	ММ %	ЖМ %	ММ %	ЖМ %	ММ %	ЖМ %
ОС/β-Cross laps	0,860*	-0,699*		-0,537*		
ОЩФ						-0,844*
Са		-0,595*				
Са ⁺⁺					-0,679*	
Фосфор	0,601*					
СТ				0,713*		
СТ/ОТ		0,587*		0,659*		
СТГ	0,643*	-0,853*				
Креатинин						0,623*
Холестерин		-0,717*				
Общий белок			0,526*			
Калий					-0,790*	0,749*
Эритропозтин						-0,651*
Глюкоза						0,785*

* приведенные в таблице данные о корреляционных взаимосвязях имеют статистическую значимость $p < 0,05$

Таким образом, костный метаболизм является составляющей общего обмена, обеспечивающего адаптацию организма к напряженной мышечной деятельности. Активация остеорезорбции, как фактор риска потери костной массы, находит свое отражение в показателях активности эндокринных желез, уровне лабильных компонентов состава массы тела и в значениях МППК, косвенно маркируя сниженный уровень общей физической подготовленности спортсмена.

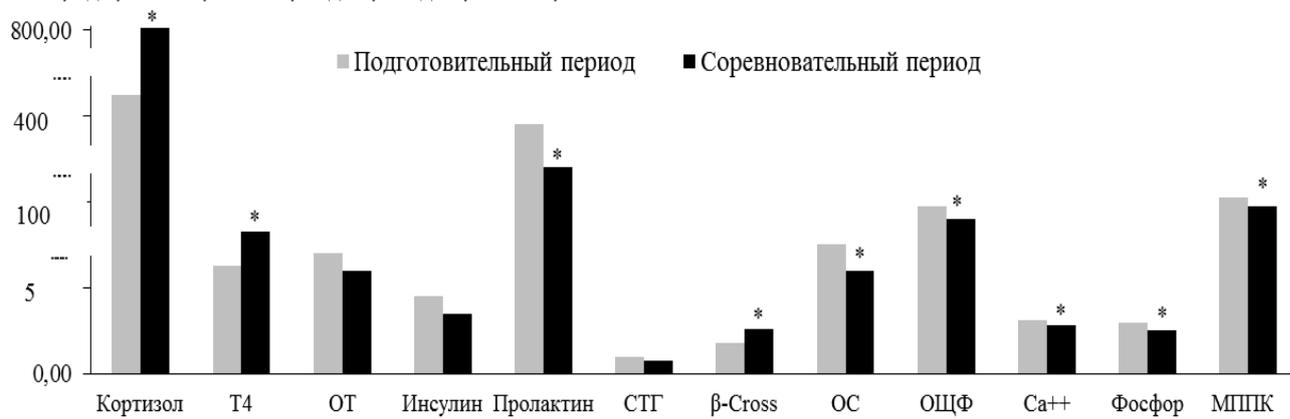
При исследовании спортсменов велотрека в рамках трехлетнего контроля в динамике установлено, что уровень МППК изменялся на этапах годичного цикла подготовки (тест Фридмана, $p=0,002$). Типичная картина динамики МППК за весь период наблюдения: уровень минеральной плотности статистически значимо снижался от подготовительного периода годичного цикла к соревновательному периоду (104,5 [95,0;120,2] % и 99,5 [90,0;114,2] %, соответственно, $p=0,001$) с восстановлением уровня МППК к началу подготовительного периода последующего года подготовки (101,8 [91,4;115,2] %, $p=0,440$ при сравнении двух подготовительных периодов) (Таблица 8, Рисунок 1).

Маркеры цикла костного ремоделирования статистически значимо изменялись от соревновательного периода к подготовительному периоду у спортсменов велотрека: повышение показателя резорбции кости – β-Cross Laps – маркера более высокого риска переломов в общей популяции (Лесняк О.М., 2016), и, напротив, снижение остеосинтеза – ОЩФ и ОС с преобладанием остеорезорбции над синтезом: снижение соотношения ОС/β-Cross Laps (Таблица 8, Рисунок 1).

Таблица 8. Изменения показателей активности эндокринных желез, костного метаболизма, углеводного, липидного и белкового обменов, эритропоеза и значений минеральной плотности пяточной кости у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Показатель	Период годовичного цикла подготовки спортсменов велотрека		Достоверность различий, p
	Подготовительный	Соревновательный	
МППК (средняя), %	104,5 [95,0;120,2]	99,5 [90,0;114,2]	0,001
ОЩФ	92,0 [90,0;105,5]	88,0 [83,5;100,0]	0,004
Остеокальцин	54,45 [51,10;62,25]	32,80 [31,13;38,10]	0,002
β -Cross laps	0,61 [0,52;0,95]	0,90 [0,73;1,11]	0,011
ОС/ β -Cross laps	88,6 [54,3;104,9]	41,3 [31,2;42,5]	0,002
Ca ⁺⁺	1,23 [1,22;1,24]	1,17 [1,13;1,18]	0,001
Фосфор	1,17 [1,00;1,34]	0,88 [0,81;1,01]	0,036
Са	2,45 [2,30;2,51]	2,58 [2,23;2,66]	0,374
Магний	0,85 [0,81;1,01]	0,88 [0,82;0,95]	0,767
СТГ	0,11 [0,10;0,26]	0,08 [0,06;0,23]	0,093
Пролактин	366,3 [278,4;422,0]	248,0 [186,6;412,0]	0,016
Инсулин	4,7 [3,4;6,1]	3,8 [1,4;6,7]	0,347
Кортизол/инсулин	95,8 [72,1;167,7]	221,4 [87,4;676,2]	0,039
ТТГ	1,80 [0,98;2,01]	3,23 [2,00;3,79]	0,002
T4	16,7 [16,0;17,1]	33,7 [28,6;78,2]	0,001
Кортизол	545,9 [356,0;668,0]	805,0 [556,0;933,5]	0,028
ОТ	21,5 [14,6;28,6]	15,4 [9,4;24,9]	0,402
T/K	3,8 [2,7;6,5]	2,7 [1,2;3,3]	0,013
Эритропоетин	7,8 [7,4;9,6]	8,8 [8,2;11,5]	0,041
Глюкоза	4,8 [4,5;5,1]	3,5 [3,1;4,2]	0,001
Креатинин	108,0 [88,3;110,2]	78,5 [74,8;89,5]	0,001
Холестерин	4,5 [4,2;4,6]	4,8 [4,5;5,6]	0,002
Общий белок	6,9 [6,8;7,1]	7,2 [7,0;7,4]	0,023

нг/мл, Ед/л, нмоль/л, пмоль/л, мЕд/мл, мкЕд/мл, ммоль/л, %



* подготовительный период и соревновательный период годовичного цикла подготовки p<0,05

Рисунок 1. Динамика показателей костного ремоделирования и фосфорно-кальциевого обмена, активности эндокринных желез и минеральной плотности пяточной кости у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Изменения цикла ремоделирования кости у спортсменов велотрека соотносились с динамикой показателей фосфорно-кальциевого обмена (Таблица 8, Рисунок 1): статистически значимое снижение в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом фосфора и ионизированного кальция, как факторов риска потери МПКТ в общей популяции (Белая Ж.Е., 2021), которое дополнительно отражало интенсификацию энергетического и минерального обменов у спортсменов в период соревнований (Иорданская Ф.А., 2022).

В соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом у спортсменов велотрека выявлено статистически значимое усиление секреции кортизола и Т4, превышающих референсные значения и проявляющих тем самым остеокатаболический эффект, совместно с тиреотропным гормоном (ТТГ), и, напротив, снижение в рамках референса анаболических гормонов: ОТ, СТГ, инсулина и пролактина ($p=0,402$, $p=0,093$, $p=0,347$, $p=0,016$, соответственно), стимулирующих остеосинтез (Таблица 8, Рисунок 1). Доказано, что в общей популяции выявленные изменения гормональной секреции негативно влияют на МПКТ (Рожинская Л.Я., 2000; Вакс В.В., 2011; Elbornsson M., 2012; Лесняк О.М., 2016; Мироманов А.М., 2021) и могут, таким образом, выступать факторами риска потери костной массы у спортсменов.

Статистически значимые снижение соотношения Т/К, ниже нормы, и рост соотношения кортизол/инсулин (Таблица 8) от подготовительного периода к соревновательному периоду у спортсменов велотрека выступали маркерами изменения баланса активности анаболических и катаболических процессов с приоритетом последних в период соревнований (Лактионова А.И., 1990; Кулиненко О.С., 2018), влияя отрицательно на показатели МПКТ у спортсменов и выступая маркерами риска развития остеопении. Уровень катаболических гормонов является индикатором интенсивности физической нагрузки (Виру А.А., 1974; Матсин Т.А., 1978, 1980; Середенко Л.П., 2009), анаболических гормонов – регулятором её переносимости, отражая совместно с Т/К обеспеченность организма процессами анаболизма (Некрасов А.Н., 2003; Lombardi G., 2012; Кубасов Р.В., 2014; Макарова Г.А., 2014; Рахманов Р.С., 2017; Бадтиева В.А., 2018).

Установленная динамика активности эндокринных желез и показателей общего обмена, включая углеводный, липидный белковый обмены, и эритропоэза, достоверно для глюкозы, креатинина, холестерина, общего белка и эритропоэтина (Таблица 8), у спортсменов велотрека отражала адаптацию организма к физическим нагрузкам, в том числе изменения баланса костного обмена, и как результат обуславливали накопление изменений МПКТ, выступая фактором риска потери массы кости у спортсменов.

Выявлены динамические взаимосвязи между изменением уровня МППК и изучаемых показателей от подготовительного периода к соревновательному периоду у спортсменов велотрека: пролактин ($r=0,709$, $p=0,007$), СТГ ($r=-0,657$, $p=0,015$), соотношение Т/К ($r=0,590$, $p=0,034$), общий кальций ($r=0,588$, $p=0,035$), ОЩФ ($r=-0,598$, $p=0,031$), соотношение ОС/ β -Cross Laps ($r=-0,678$, $p=0,015$), АЛТ ($r=-0,583$, $p=0,037$), креатинин ($r=-0,656$, $p=0,015$), мочевины ($r=-0,561$, $p=0,046$). Снижение МППК сочеталось с ухудшением адаптации к гипоксии и

перетренированностью, активацией процессов катаболизма, напряженностью энергообмена в данной группе спортсменов (Lombardi G., 2012; Кубасов Р.В., 2014; Filoropoulos D., 2017; Кулиниенков О.С., 2018; Иорданская Ф.А., 2022); большая активность остеосинтеза в данной группе спортсменов, вероятно, направлена на сохранение костной массы.

В рамках подготовительных периодов трехлетнего динамического контроля (два цикла годичной подготовки) спортсменов велотрека отмечено, что уровни маркеров костного ремоделирования, фосфорно-кальциевого обмена, показатели активности эндокринных желез и биохимические показатели обмена веществ, эритропоэза восстанавливались к очередному подготовительному периоду, вместе с тем отмечалась тенденция к снижению значений МППК за весь период исследования в начале подготовительного периода в течение трех лет: 103,5 [92,5;120,2]% (первый год), 102,0 [89,75;116,0]% (второй год), 101,5 [92,50;115,7]% (третий год), соответственно, $p=0,136$ и $p=0,724$ при последовательном сравнении подготовительных периодов, соответственно, что актуализирует необходимость дальнейшего наблюдения за спортсменами и проведение профилактических мероприятий в группах риска по гипотрофическим состояниям кости.

ВЫВОДЫ

1. Маркеры костного метаболизма отражают особенности вида спорта: повышение доли участия анаэробных механизмов в энергообеспечении соревновательного упражнения спортсменов в ряду велошоссе – академическая гребля – велотрек соотносится с ускорением костного ремоделирования при больших значениях остеокальцина у спортсменов велотрека по сравнению с представителями велошоссе ($p<0,001$) и β -Cross Laps у спортсменов гребли и велотрека по сравнению с представителями велошоссе ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно) с активацией остеорезорбции (β -Cross Laps) и повышением показателей фосфорно-кальциевого обмена, а именно увеличением ионизированного кальция ($p=0,016$, $p=0,003$, $p=0,013$, соответственно), большие показатели общего кальция и фосфора у спортсменов гребли и велотрека по сравнению с представителями велошоссе ($p=0,001$ и $p=0,001$, соответственно, $p=0,016$ и $p=0,003$, соответственно). Сохраняется взаимосвязь паратиреоидного гормона с β -Cross Laps (гребля: $r=0,339$, $p=0,032$; велотрек: $r=0,524$, $p=0,037$; велошоссе: $r=0,654$, $p=0,015$).

2. Активность эндокринных желез формируется в процессе долговременной адаптации организма к напряженной мышечной деятельности. Повышение длительности основного соревновательного упражнения в ряду велотрек – академическая гребля – велошоссе соотносится со снижением гормонов анаболического звена метаболизма (общий тестостерон), стрессового воздействия (пролактин) и активности щитовидной железы (свободный тироксин) у представителей велошоссе по сравнению со спортсменами гребли и велотрека ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно, $p<0,001$ и $p=0,012$ соответственно, $p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), при росте показателя водно-электролитного обмена – большие уровни альдостерона у спортсменов гребли и велошоссе по сравнению с

представителями велотрека ($p < 0,001$ и $p = 0,005$; соответственно). Показатели соматотропного гормона и С-пептида совместно, ориентировано к приоритетным механизмам энергообеспечения основного соревновательного упражнения, маркируют активность углеводного и липидного обменов: соматотропный гормон, убывая в ряду велошоссе – академическая гребля – велотрек, выше у спортсменов велошоссе по сравнению с представителями гребли и велотрека ($p = 0,010$ и $p = 0,004$, соответственно); С-пептид выше у представителей велоспорта (велошоссе и велотрек) по сравнению со спортсменами гребли ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно).

3. Активация остеорезорбции в подготовительном периоде годового цикла подготовки (меньшие показатели соотношения остеокальцин/ β -Cross Laps, $p = 0,014$, за счет большего уровня β -Cross Laps, и общей щелочной фосфатазы, $p = 0,003$) соотносится с активностью эндокринных желез, регулирующих углеводный обмен (большие уровни инсулина, $p = 0,003$, и С-пептида, $p = 0,016$) и процессы анаболизма (большие уровни свободного тестостерона, $p = 0,004$, и соотношения свободный тестостерон/общий тестостерон, $p = 0,002$), включая сниженный уровень мышечного ($p < 0,001$) и повышенный жирового компонентов состава массы тела ($p < 0,001$), которые выступают морфофункциональными маркерами общей физической подготовленности спортсмена.

4. Динамика маркеров костного метаболизма и показателей активности эндокринных желез от подготовительного периода к соревновательному периоду годового цикла подготовки характеризуется нарастанием остеокатаболической активности и остеорезорбции: активация секреции кортизола ($p = 0,028$), и свободного тироксина ($p = 0,001$) наряду со снижением пролактина ($p = 0,016$) при суммарном приоритете катаболизма (снижение соотношения общий тестостерон/кортизол, $p = 0,013$, и повышение соотношения кортизол/инсулин, $p = 0,039$) проявляется в цикле костного ремоделирования замедлением остеосинтеза (снижение остеокальцина, $p = 0,002$, и общей щелочной фосфатазы, $p = 0,004$) и ростом резорбции (увеличение β -Cross Laps, $p = 0,011$, снижение соотношения остеокальцин/ β -Cross Laps, $p = 0,002$) и в показателях фосфорно-кальциевого обмена (снижение ионизированного кальция, $p = 0,001$, и фосфора, $p = 0,036$).

5. Маркерами риска потери массы кости в подготовительном периоде тренировочного процесса выступает высокая скорость костного ремоделирования с активацией остеорезорбции у спортсменов со сниженным уровнем общей физической подготовленности; в соревновательном периоде – сдвиг обменных процессов в сторону катаболизма, вызывающих замедление синтеза кости и рост её резорбции в сочетании со снижением показателей фосфорно-кальциевого обмена.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В программы мониторинга состояния здоровья спортсменов целесообразно включать оценку состояния кости: определение показателей костного ремоделирования, фосфорно-кальциевого обмена, активности эндокринных желез, оценку лабильных компонентов состава массы тела с учетом

этапов тренировочного процесса.

2. Мониторинг маркеров костного метаболизма и активности эндокринных желез рекомендовано проводить в начале подготовительного и соревновательного периодов годового цикла подготовки с формированием групп риска развития остеопении среди спортсменов для проведения своевременных профилактических мероприятий, направленных на поддержание качества кости.

3. На протяжении всего годового цикла подготовки необходимо оценивать маркеры костного ремоделирования: остеокальцин и β -Cross laps с расчетом их соотношения, общую щелочную фосфатазу; показатели фосфорно-кальциевого обмена: паратиреоидный гормон, кальций общий и ионизированный, фосфор.

4. В подготовительном периоде годового цикла подготовки дополнительно необходимо оценивать следующие показатели: относительный уровень мышечного и жирового компонентов состава массы тела и активность эндокринных желез с определением уровней инсулина, С-пептида, свободного тестостерона и общего тестостерона с расчетом их соотношения.

5. В соревновательном периоде годового цикла подготовки дополнительно необходимо оценивать следующие показатели активности эндокринных желез: общий тестостерон, кортизол, инсулин с расчетом соотношений общий тестостерон/кортизол и кортизол/инсулин, пролактин, свободный тироксин.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Никитина, К. И. Минеральная плотность пяточной кости в условиях напряженной мышечной деятельности / Т. Ф. Абрамова, К. И. Никитина, Т. М. Никитина // Вестник спортивной науки. – 2010. – Выпуск 1. – С. 19-24.

2. Никитина, К.И. Выявление гормональных маркеров риска снижения минеральной плотности пяточной кости у спортсменов в видах спорта с разной мощностью тренировочных нагрузок / К. И. Никитина, Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина, Н. И. Кочеткова // Наука и современность. – 2011. – Выпуск 11. – С. 152-156.

3. Никитина, К.И. Взаимосвязь нейрогуморального статуса и минеральной плотности пяточной кости у спортсменов академической гребли в условиях напряженной мышечной деятельности / Т. Ф. Абрамова, К. И. Никитина, Т. М. Никитина // **Вестник спортивной науки**. – 2016. – № 1. – С. 34-38.

4. Никитина, К. И. Минеральная плотность костной ткани и показатели костного ремоделирования у спортсменов высокой квалификации на этапах годового цикла подготовки/ К. И. Никитина, Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – № 4 (19). – С. 43-49.

5. Никитина, К.И. Динамика показателей минеральной плотности костной ткани и гормонального профиля у спортсменов велоспорта на этапах годового цикла подготовки / К. И. Никитина, Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина, Л. Н. Овчаренко // **Вестник спортивной науки**. – 2019. – № 5. – С. 46-51.

6. Никитина, К.И. Показатели фосфорно-кальциевого обмена и минеральной плотности пяточной ткани у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки / К. И. Никитина, Л. В. Сафонов, Т. Ф. Абрамова [и др.] // **Современные вопросы биомедицины.** – 2022. – Т. 6. – № 3. – С. 308-313.

7. Никитина, К.И. Особенности костного метаболизма у спортсменов велоспорта / К. И. Никитина, Л. В. Сафонов, Т. Ф. Абрамова [и др.] // **Современные проблемы науки и образования.** – 2022. – № 6 (часть 1). – С. 1-10.

8. Никитина, К.И. Особенности активности эндокринных желез у спортсменов велоспорта / К. И. Никитина, И. Т. Выходец, Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина // **Современные проблемы науки и образования.** – 2023. – № 5. – С. 3.

9. Никитина, К.И. Влияние профессиональной спортивной деятельности на минеральную плотность кости (обзор литературы) / К. И. Никитина, И.Т. Выходец, Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина // **Российский остеопатический журнал.** – 2024. – № 1. – С. 106-117.

10. Никитина, К.И. Связь уровня минеральной плотности кости с показателями костного обмена и активности эндокринных желез у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки / К. И. Никитина, И. Т. Выходец, Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина // **Вестник спортивной науки.** – 2024. – №3. – С.54-59.

Список используемых сокращений

АЛТ – аланинаминотрансфераза;	мсмк – мастер спорта
АСТ – аспаратаминотрансфераза;	международного класса;
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения;	ОДА – опорно-двигательный аппарат;
ЖМ – жировая масса;	ОТ – общий тестостерон;
ЖМ % – относительный уровень жировой массы;	ОЩФ – общая щелочная фосфатаза;
змс – заслуженный мастер спорта;	ПТГ – паратиреоидный гормон;
КУЗД – количественная ультразвуковая денситометрия;	кортизол/инсулин – соотношение кортизол/инсулин;
КФК – креатинфосфокиназа;	СТ – свободный тестостерон;
ММ – мышечная масса;	СТГ – соматотропный гормон;
ММ % – относительный уровень мышечной массы;	Т/К – соотношение общий тестостерон/кортизол;
МПКТ – минеральная плотность костной ткани;	Т4 – тироксин свободный;
МППК – минеральная плотность пяточной кости;	ТТГ – тиреотропный гормон;
мс – мастер спорта;	Са – кальций общий;
	Са ⁺⁺ – кальций ионизированный;
	ОС – остеокальцин;
	ОС/β-Cross laps – соотношение остеокальцин/β-Cross laps.