

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»
(ФГБУ ФНЦ ВНИИФК)

На правах рукописи

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата
медицинских наук

Научный руководитель –
кандидат медицинский наук, доцент
Выходец Игорь Трифанович

Москва – 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	15
Современные представления о механизмах изменения минеральной плотности костной ткани у спортсменов.....	15
1.1. Нормальные физиологические и патофизиологические процессы, регулирующие минеральную плотность костной ткани	15
1.2. Метаболизм гормонов, участвующих в регуляции костного обмена и минеральной плотности костной ткани у спортсменов	25
1.3. Оценка минеральной плотности костной ткани и диагностика ее снижения .	32
1.3.1. Методы денситометрии в оценке качества костной ткани	33
1.3.2. Лабораторные методы оценки метаболизма костной ткани.....	36
1.3.3. Оценка показателей костного метаболизма у спортсменов	39
ГЛАВА II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	45
2.1. Методы исследования.....	45
2.1.1. Антропометрия	45
2.1.2. Инструментальные методы исследования.....	45
2.1.3. Лабораторные методы исследования	47
2.2. Организация и материалы исследования.....	48
2.3. Статистические методы анализа данных.....	52
ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	54
3.1. Морфологические характеристики спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в академической гребле и велосипедном спорте в подготовительном периоде годового цикла подготовки	54
3.2. Гормональная регуляция и особенности костного метаболизма у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки	56
3.2.1. Состояние минеральной плотности пяточной кости у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки	56

3.2.2. Характеристики показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма и биохимических показателей обмена веществ у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки	60
3.2.3. Результаты корреляционного анализа характеристик показателей активности эндокринных желез и маркеров костного метаболизма у спортсменов различных специализации в подготовительном периоде годового цикла подготовки	72
3.3. Гормональная регуляция и особенности костного метаболизма у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки	75
3.3.1. Морфологические характеристики спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости.....	76
3.3.2. Характеристики показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма и биохимических показателей обмена веществ у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки	77
3.3.3. Взаимосвязь минеральной плотности пяточной кости, характеристик показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма у спортсменов академической гребли в подготовительном периоде годового цикла подготовки	86
3.3.3.1. Результаты факторного анализа взаимосвязи минеральной плотности пяточной кости и характеристик показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма у спортсменов академической гребли в подготовительном периоде годового цикла подготовки	86
3.3.3.2. Результаты корреляционного анализа характеристик показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки	88
3.4. Гормональная регуляция и особенности костного метаболизма у спортсменов велоспорта на этапах годового цикла подготовки	93

3.4.1. Состояние минеральной плотности пяточной кости у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки.....	93
3.4.2. Взаимосвязь изменений минеральной плотности пяточной кости и маркеров костного метаболизма у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки	95
3.4.3. Взаимосвязь изменений минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки.....	98
3.4.4. Взаимосвязь изменений минеральной плотности пяточной кости и биохимических показателей обмена веществ у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки.....	103
3.4.5. Результаты корреляционного анализа динамики изменения минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки	107
3.5. Ограничения исследования	108
ГЛАВА IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	151
ВЫВОДЫ	161
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	164
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	165
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	169
СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.....	199

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Современная система подготовки спортсмена в спорте высших достижений характеризуется высокими тренировочными и соревновательными нагрузками. Специализированная мышечная деятельность является мощнейшим механизмом активации и мобилизации функциональных резервов организма спортсмена, значительно изменяющим метаболизм и секрецию гормонов. В свою очередь это становится фактором риска нарушений костного метаболизма, который создает предпосылки для снижения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) и, как следствие, развития остеопороза – метаболического заболевания с прогрессирующим снижением минеральной плотности кости и нарушением её микроархитектоники, приводящего к росту риска переломов и травматизма [57, 58, 73, 78, 120, 131, 208, 263, 271].

Установлено, что физическая активность является значимой детерминантой МПКТ: костная масса возрастает с увеличением механической нагрузки на скелет и снижается с её уменьшением [23, 78, 127, 232]. Низкая физическая активность считается фактором риска развития остеопороза и переломов [23, 232]. Положительное влияние физической активности динамического (ударного), а не статического характера, на состояние кости у лиц различных возрастных групп обоего пола доказано многими исследователями [10, 127, 137, 151, 172, 193, 212, 233].

Профессиональная спортивная деятельность служит моделью постоянного воздействия напряженной мышечной деятельности на организм человека и, стало быть, должна оказывать сугубо положительное влияние на состояние МПКТ. Однако многие исследования показали, что возрастающие по объему, интенсивности и длительности воздействия физические нагрузки на организм спортсменов обоего пола уже в молодом возрасте отражаются в прогрессирующем нарастании травм и снижении общей работоспособности и дееспособности [53, 68, 197, 208, 218, 224, 263, 270, 271].

Спортивная травма составляет около 3 % от всех видов травматизма в общей популяции [140] и 44,05 % от всей патологии в спорте [89]. В свою очередь на долю травмы приходится 66,8% от всех заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА) у спортсменов [82], степень тяжести которой возрастает с повышением спортивной квалификации [53]. Стрессовые переломы составляют 0,7% - 20% всех травм в спорте [248], достигая у профессиональных спортсменов 20 - 30% от общего числа травм [15]. Лечение спортивной травмы может занимать длительное время до полного восстановления, снижая общую и спортивную работоспособность [8, 140], что актуализирует изучение причин спортивной травмы, разработку методов и подход, направленных на её профилактику.

Степень разработанности темы исследования

Известно, что одной из ведущих причин повышения травматизма у спортсменов в процессе напряженной мышечной деятельности является снижение МПКТ вплоть до остеопоротических изменений [15, 68, 208, 218, 224, 263, 270, 271]. Следует отметить, что остеопороз чаще диагностируется у профессиональных спортсменов по сравнению с любителями [182] и общей популяцией [90]. В исследованиях на спортивной субпопуляции выделены виды спорта с повышенным фактором риска снижения минеральной плотности кости, к которым относятся и спортивные специализации с ограничением действия гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета, например, гребные виды спорта, плавание, велоспорт [168, 177, 230, 253, 258, 269]. Также показано, что уровень минеральной плотности пяточной кости (МППК), оцененный методом количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД), отражает влияние специфики спортивной деятельности с выделением видов спорта с ограничением действия гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета в группу с повышенным фактором риска снижения костной массы [106, 138]. Современное развитие спорта высших достижений характеризуется околопредельными, а иногда и сверхпредельными, соревновательными и тренировочными нагрузками, при постоянном и неуклонном их повышении. Сложившаяся ситуация усиливает значение медицинского контроля за состоянием здоровья спортсменов, где ведущее место отводится

разработке и внедрению в программы медицинских обследований критериев оценки текущего и накопленного состояния систем и подсистем организма спортсмена, обеспечивающих адаптацию к регулярным физическим нагрузкам в процессе многолетней спортивной подготовки [57, 58, 59, 69, 82, 131, 132]. Костная ткань и в частности минеральная плотность, как ведущая детерминанта механических свойств кости, определяющая её прочность, адаптируется к динамически изменяющимся условиям окружающей среды под регулярным воздействием напряженной мышечной деятельности, негативные последствия которой проявляются в увеличении частоты болевых синдромов и травматичности у спортсменов высокого класса [53, 208, 218, 224, 270].

Регуляция костного метаболизма подчиняется воздействию как непосредственно факторов фосфорно-кальциевого обмена и ремоделирования кости, так и гормонов эндокринных желез, обеспечивающих дополнительно регуляцию механизмов общей адаптации организма к напряженной мышечной деятельности [59, 62, 73, 78, 110, 119, 120, 131]. В то же время исследования, посвященные оценке активности регулирующих костный обмен эндокринных желез и костному метаболизму при различных заболеваниях и условиях внешней среды, касаются в основном общепопуляционного аспекта. Для спортивной субпопуляции показано, что активность эндокринных желез, показатели фосфорно-кальциевого обмена и костного ремоделирования изменяться под действием физической нагрузки, отражая её интенсивность, длительность, и спортивную работоспособность [4, 6, 9, 27, 44, 49, 57, 58, 61, 69, 72, 73, 80, 91, 98, 101, 103, 130, 151, 159, 161, 168, 169, 175, 178, 179, 183, 199, 208, 210, 213, 216, 226, 236, 237, 250, 251, 269]. Однако данные исследования не затрагивают в полной мере вопросов, связанных с профессиональной спортивной деятельностью спорта высших достижений с выделением факторов риска нарушения костного метаболизма, как предикторов развития остеопоротических изменений, с учетом активности эндокринных у спортсменов высокой квалификации, тренирующихся в различных биоэнергетических режимах, с учетом этапов тренировочного процесса.

В условиях спорта, учитывая многолетнюю селекцию и направленность

тренировочного воздействия, создаются дополнительные специфические факторы, оказывающие влияние на формирование костного метаболизма у спортсменов различных видов спорта. К общим для спортивной субпопуляции факторам можно отнести показатели, отражающие воздействие временной составляющей на костный обмен – стаж занятий и квалификация спортсмена. Вместе с тем особенности стереотипа выполнения основного соревновательного упражнения и его биоэнергетику можно отнести к специфичным факторам, отражающим влияния каждого вида спортивной деятельности. Учитывая целостность регуляции адаптации подсистем и систем организма, высокую интенсификацию спортивной деятельности и повышенный риск остеопоротических изменений, как предиктора травматизма у высококвалифицированных спортсменов, представляется целесообразным и актуальным исследование гормональной регуляции костного метаболизма и его особенностей, как показателей адаптации в спортивной субпопуляции, у спортсменов высокой квалификации в том числе с различной биоэнергетикой соревновательной деятельности, с целью выявления приоритетных маркеров риска нарушения костного метаболизма, как факторов риска потери костной массы, в спорте высших достижений на этапах многолетнего цикла спортивной подготовки.

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

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие 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 работы

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 годового цикла подготовки.

Выявлена дифференцированная значимость ведущих маркеров костного метаболизма в зависимости от этапов годового цикла подготовки. В подготовительном периоде годового 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 годового 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.

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.

Практическая значимость

Результаты исследования особенностей изменения показателей костного метаболизма и активности эндокринных желез, регулирующих обмен костной ткани, на этапах годичного 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, 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.

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).

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 остеонаболической 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.

Степень достоверности

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 методом электрохемилюминесцентного 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 работы

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:

- Всероссийская научная конференция молодых ученых «Педагогические и медико-биологические проблемы физического воспитания и спортивной подготовки», посвященная 75-летию ВНИИФК (Москва, 2009 год);
- Международная научно-практическая Интернет-конференции «Современные проблемы теории и практики физической культуры, спорта и туризма» (Курск, 2009 год);
- II-я Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция «Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. Сочи 2011» (Сочи, 2011 год);
- XX-я Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения» (Пенза, 2020 год).

Внедрение результатов 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 (РНИМУ 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 (ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России).

Личное участие автора

Автором проанализированы данные отечественных и зарубежных литературных источников по изучаемой проблематике, определены цели 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 рекомендации, написана диссертационная работа и

научные статьи.

Публикации

Всего по теме диссертационной работы опубликовано всего 7 научных работ, из них 4 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 авторов. Работа изложена на 202 страницах машинописного текста, иллюстрирована 22 таблицами и 14 рисунками.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Современные представления о механизмах изменения минеральной плотности костной ткани у спортсменов

1.1. Нормальные физиологические и патофизиологические процессы, регулирующие минеральную плотность костной ткани

Одной из значимых проблем общей и спортивной медицины является снижение минеральной плотности кости вплоть до развития остеопороза. Под термином остеопороз понимают метаболическое заболевание скелета со снижением минеральной плотности костной ткани в единице объема и нарушением микроархитектоники кости, и, как следствие, увеличением риска возникновения переломов при минимальной травме [23, 46, 68, 78, 92, 120, 145, 208, 218, 263, 270]. В настоящее время в Российской Федерации (РФ) остеопороз диагностируется у 1/3 женщин и у 25% лиц мужского пола в возрасте 50 лет и старше, а остеопения определяется у 20 млн человек с прогнозом роста числа случаев [23, 78].

Совершенствование методик диагностики с появлением количественного измерения минеральной плотности кости в различных участках скелета (рентгеновская и ультразвуковая денситометрия, компьютерная томография) предоставило возможность более четко дифференцировать понятия «osteопения» и «osteопороз» [23, 120]. Снижение МПКТ на 1-2,5 стандартного отклонения (SD) от среднего значения пика костной массы в общей популяции трактуется как остеопения, более чем на 2,5 SD – как остеопороз [46, 78, 120, 145]. Следует отметить, что все виды снижения МПКТ: физиологическое (возрастная атрофия), замедление костеобразования во время роста (гипостоз), приобретенное патологическое (osteопороз), а также уменьшение минеральной плотности кости у спортсменов, могут быть объединены термином «osteопения» [119].

Снижение МПКТ носит многофакторный характер. К развитию этого состояния могут приводить как генетические (возраст, пол) и гормональные

(заболевания эндокринной системы) факторы риска, так и факторы риска, связанные со стилем жизни, например, избыточная или недостаточная физическая нагрузка [23, 65, 78, 92, 119, 127, 224, 232, 249, 261].

Неоднозначность изменения МПКТ с её преимущественным увеличением в частях скелета, подвергающихся регулярной механической нагрузке в соответствии со спецификой основного соревновательного упражнения, у представителей спортивной субпопуляции отмечено различными исследованиями [53, 91, 138, 151, 152, 153, 174, 209, 217, 223]. В частности, с помощью двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (Dual-Energy X-ray Absorptiometry, DXA) на аппарате «Lunar 100» показано, что максимальная МПКТ характерна для спортсменов силового троеборья и игровых видов спорта с видовозависимым распределением количества костной массы между звеньями скелета [152], а у марафонцев отмечено снижение МПКТ по сравнению с общей популяцией [210]. По результатам КУЗД показатели МППК на аппарате «Achilles+», у представительниц спортивной гимнастики превышали среднестатистические нормы для девушек той же возрастной группы, более высокий уровень МПКТ наблюдался в нижних конечностях по сравнению с верхними [53]. Выявлено и наличие асимметрии, обусловленной спецификой выполнения основного соревновательного упражнения: повышение МПКТ в ведущей руке (или ноге) по сравнению с противоположной конечностью у лиц обоего пола [3, 37, 106, 127, 171, 174]. В спортивной субпопуляции у обоих полов возрастной фактор положительно влияет на показатели МППК, оцененной с помощью КУЗД на денситометре «Achilles Express» (Lunar, USA), с элиминацией категории «остеопения» с увеличением возраста спортсмена [138]. Нужно отметить, что указанная взаимосвязь не отмечалась для плавания и академической гребли (мужчины и женщины), гребли на каноэ и байдарках, лыжного двоеборья, велоспорта (мужчины) и баскетбола (женщины) [106, 138].

Особенности двигательного стереотипа, в частности выраженность воздействия гравитационного фактора на стопы спортсменов обоих полов в ходе выполнения основного соревновательного упражнения, является определяющим

специфическим фактором для выделения в спортивной субпопуляции групп риска по развитию патологии костной ткани [8, 20, 106, 138, 168, 173, 177, 182, 209, 230, 257, 269]. Так, представители таких видов спорта, как плавание, велосипедный спорт и гребные виды спорта, отличаются наименьшими и сниженными значениями МПКТ, несмотря на особенности и различия в биомеханике, в связи с тем, что имеют общую черту – ограничение гравитационной нагрузки на периферическое звено скелета в ходе выполнения основного соревновательного упражнения с большим негативным влиянием у мужчин, чем у женщин [138]. У представителей велошоссе МПКТ ниже по сравнению с представителями бега на длинные дистанции [253]. Так, встречаемость остеопении позвоночника в 7 раз выше у велосипедистов-мужчин по сравнению с бегунами [230]. В то же время риск снижения МПКТ вплоть до остеопороза у профессиональных велосипедистов выше по сравнению с любителями [182], а случаи остеопении в велоспорте не связаны с половой принадлежностью спортсмена [173]. Отмечены также близкие значения показателей МПКТ у мужчин-подростков ($13,1 \pm 0,1$ лет), занимающихся велоспортом и плаванием, при большем уровне МПКТ у футболистов [257]. Для женщин характерна более высокая МПКТ у представителей волейбола, баскетбола и бега на длинные дистанции по сравнению с пловцами [258, 269]. В баскетболе отмечено положительное влияние плиометрических тренировок на МПКТ [12]. У представителей плавания, гребли и бодибилдеров выявлены более низкие уровни МПКТ по сравнению с другими видами спорта [168]. В исследовании T. Hinrichs et al. (2010) более низкая МПКТ отмечалась у бегунов, велосипедистов, представителей триатлона и в группе контроля, не занимающейся физическими нагрузками регулярно, по сравнению с представителями единоборств (силовых видов спорта) и игровых видов спорта у женщин и мужчин, что может объясняться разным остеогенным эффектом отличающихся тренировочных режимов [177].

Положительное влияние на МПКТ ударной и прыжковой нагрузки отмечено и во многих следованиях [168, 193, 212]. Добавление 20 минутных тренировок, содержащих прыжки со скакалкой и упражнения на вибрацию всего тела, у женщин-олимпийцев по художественному плаванию привело к увеличению МПКТ

($p < 0,05$) по данным DXA в различных отделах скелета [212]. МПКТ на 5–10% выше у спортсменов в специализациях с высокой ударной и механической нагрузкой по сравнению с общей популяцией [188]. Квалификация и спортивный стаж, как производные возраста и длительности профессиональной деятельности, являются важными и самостоятельными факторами, влияющими в целом положительно на МПКТ спортсмена с большей выраженностью у мужчин [91, 106, 138]. Исключение составляют представители гребли на байдарках (мужчины), велоспорта и плавания (женщины), где наблюдалось снижение МППК по мере роста стажа и квалификации спортсмена. Для мужчин отмечены виды спорта со снижением МППК только после достижения определенного уровня квалификации: лыжное двоеборье, плавание, велоспорт [106, 138].

При изучении динамики показателей МППК на этапах трехгодичного предолимпийского цикла подготовки выявило различное влияние напряженной мышечной деятельности на состояние костной ткани у спортсменов в зависимости от возраста и объема тренировочного воздействия [106, 138]. У представителей велосипедного спорта мужского пола отмечена отрицательная динамика уровня МППК у взрослых высококвалифицированных спортсменов и увеличение МППК у спортсменов до 20 лет, учитывая нагрузки юниорского плана подготовки [138]. Схожая динамика увеличения костной массы по данным DXA отмечена у молодых спортсменов обоего пола и в других исследованиях [176, 183]. У спортсменов академической гребли положительная динамика МППК отмечена вне зависимости от возраста [138]. Приведённые данные акцентируют значение спортивной видовой специфики, определяемой особенностями двигательного стереотипа, объемом и структурой воздействия гравитационного фактора на состояние костной ткани. Установленные особенности динамики МПКТ у спортсменов позволили отнести интенсификацию спортивной деятельности и её видовую специфику к важнейшим факторам, определяющим состояние кости в процессе многолетней подготовки.

Таким образом, в спортивной субпопуляции внутригрупповая изменчивость МПКТ, фиксируемая различными методиками, определяется воздействием общебиологических факторов становления костной ткани, видоизменяющихся под

влиянием многофакторности тренировочного воздействия и особенностей спортивной специализации.

Для понимания механизмов формирования снижения МПКТ необходимо учитывать и анатомо-физиологические особенности кости. Костная ткань является динамической системой, где постоянно происходят процессы обновления – костное ремоделирование. Масса костной ткани – продукт двух противодействующих метаболических процессов: формирования новой костной ткани (костеобразование) и деструкция старой кости (костная резорбция), которые позволяют скелету выполнять основные функции: механическая поддержка организма, динамическое депо кальция и магния, гемопоз. Биологический смысл костного ремоделирования, происходящего в отдельных единицах костной ткани – базисной многоклеточной единице (БМЕ), состоит в предотвращении «усталости» кости и адаптации объема костной ткани к изменяющимся условиям окружающей среды и действующей нагрузке. Процессы синтеза и резорбции костной массы тесно взаимосвязаны на клеточном уровне. Главной и основной функцией БМЕ является поддержание костного баланса между резорбцией, синтезом и минерализацией кости [23, 43, 65, 78, 120, 168]. С возрастом формируется отрицательный баланс костной массы, когда с каждым циклом ремоделирования остеобласты постепенно продуцируют чуть меньше костной ткани. Данный феномен описывается как «ассоциированная с возрастом остеопения» [119].

Костная ткань является разновидностью соединительной ткани, представленной клеточными элементами и межклеточным веществом – костным матриксом и минеральными компонентами с высоким процентом содержания неорганических соединений, который достигает 60-70%. Костный матрикс (органическое вещество) представляет собой структуру, образованную ориентированными в одном направлении коллагеновыми фибриллами. Межклеточное вещество кости состоит из кристаллов гидроксиапатита и аморфных фосфатов кальция и октакальция, определяющимися на коллагеновых волокнах и в окружающем пространстве и нековалентно связанными с белками органического матрикса, что придает кости с одной стороны повышенную

прочность, с другой – хрупкость. Остеобласты, остеокласты и остециты составляют клеточный состав костной ткани. Остеобласты, происходящие из мезенхимальных стволовых клеток, синтезируют костный протеиновый матрикс или остеоид, состоящий на 90–95% из коллагена 1 типа и на 5% – из белка остеокальцина, который в дальнейшем подвергается минерализации кальцием и фосфором из межклеточной жидкости [23, 65, 119, 120, 202]. Остеокальцин, секретируемый остеобластами и регулирующий процессы минерализации костного матрикса, в обладающей биологической активностью своей декарбоксилированной форме через GPCR6A рецептор, способствует выработке тестостерона в яичках клетками Лейдига, инсулина поджелудочной железой, снижая инсулинорезистентность и уменьшая количество висцерального жира [78, 110, 158, 268], что подтверждается наличием взаимосвязи данной формы остеокальцина с индексом массы тела, лабильными компонентами массы тела и уровнем тестостерона [34, 169, 266]. В большинстве работ изучалась концентрация остеокальцина, но не уровень его декарбоксилированной формы [158, 163, 227]. Синтез остеокальцина зависит от уровня витаминов К и D [65]. Остеобласты содержат фермент щелочную фосфатазу (ЩФ), а на своей поверхности – рецепторы к кальцитонину и паратиреоидному гормону (ПТГ, паратгормон) [23]. Остеокласты, происходящие из клеток моноцитарно-макрофагального ряда костного мозга, разрушают кость при помощи протеолитических ферментов и секретируют тартратрезистентную кислую фосфатазу (TRACP), стимулирующую миграцию остеобластов и остеорезорбцию [23, 65, 78, 119, 202]. Остеоциты образуются из остеобластов, окруженных матриксом кости и прекративших синтез и минерализацию остеоида, обмениваются веществами с кровью и обеспечивают паракринную регуляцию остеобластов, участвуют в фосфорно-кальциевом обмене, секретируя фактор роста фибробластов 23 (ФРФ 23) [23, 65, 119, 158, 202].

Костное ремоделирование определяется запрограммированным характером последовательности событий. Под влиянием комплекса стимулов активируется остеокластогенез с образованием полости резорбции кости. Далее образовавшееся пространство покрывается остеобластами, которые синтезируют новый костный

матрикс, подвергающийся дальнейшей минерализации [65, 119, 120, 202].

Регуляция соотношения образования и резорбции костной ткани носит многофакторный характер. К основным факторам, регулирующим данный процесс, можно отнести: гормоны (ПТГ, кальцитонин, половые стероиды, глюкокортикоиды, соматотропный и тиреоидные гормоны, инсулин), минералы (кальций, магний, фосфор, цинк, бор, стронций, марганец, медь, железо, кремний), активные метаболиты витамина D, простагландины, местные цитокины и другие паракринные факторы [23, 43, 66, 65, 78, 119, 158, 202].

В первые два десятилетия жизни масса кости нарастает [119, 120], 90% которой достигается к 20-и годам с завершением формирования к 30-и годам [249]. Для оценки данных денситометрии использует пик массы кости возраста 20-29 лет [145], который генетически детерминирован и обусловлен средовыми факторами (содержание кальция в диете, физическая нагрузка, масса тела, гормональный статус) [119]. До 35–40 лет фиксируется плато в уровне массы кости, а далее начинается период физиологической потери её массы [65, 119, 120].

При снижении МПКТ выделяют два основных типа костного обмена: костный обмен с высокой скоростью ремоделирования, когда повышенная активность остеорезорбции не компенсируется повышенным или нормальным синтезом кости, и костный обмен с низкой скоростью ремоделирования, когда скорость резорбции снижена или нормальна при замедленном темпе формирования кости. Обе формы костного ремоделирования могут наблюдаться в качестве различных стадий процесса у одного человека, так как развитие этих форм зависит от многих гормональных и негормональных факторов [202].

Известно, что дефицит эстрогенов и недостаток витамина К (кофактора гамма-глутамилкарбоксилазы), который регулирует гамма-карбоксилирование остеокальцина [34, 110, 158], увеличивают скорость костного ремоделирования за счет роста остеорезорбции за счет стимуляции продукции остеобластами факторов, стимулирующих активность остеокластов и их дифференцировку [23, 202], что подтверждается увеличением мочевой экскреции фрагментов С-терминальных телопептидов коллагена I типа (β -Cross laps) – маркера резорбции кости [25].

Снижая секрецию кальцитонина и повышая чувствительность кости к резорбтивному действию ПТГ [120, 202], дефицит эстрогенов играет ключевую роль в развитии остеопороза у женщин старшего возраста [141]. Уровень эстрогенов является критичным для МПКТ у лиц обоего пола, а низкий уровень эстрадиола – маркер риска перелом у мужчин [32, 40, 120, 141].

Важное влияние на МПКТ, наряду с женскими половыми гормонами, оказывает и главный мужской половой гормон – тестостерон, который через рецепторы к андрогенам стимулирует выработку остеобластами ЩФ и синтез коллагена III типа, а через эстрогеновые рецепторы (посредством ароматизации в жировой ткани в эстрон) увеличивает продукцию соматотропного гормона (СТГ) и инсулиноподобного фактора роста-1 (ИФР-1) [32, 78, 126]. Известен механизм непрямого влияния половых стероидов на костный метаболизм [32, 66], дефицит которых формирует дисбаланс кальцийрегулирующих гормонов в пользу ПТГ: синтез кальцитонина и образование активных метаболитов витамина D снижаются, продукция ПТГ повышается, что уменьшает всасывание кальция в кишечнике [32] и синтез костной ИФР-1 [66]. Отмечено, что у лиц со снижением МПКТ, сопоставимых по возрасту с группой контроля, показатели тестостерона в крови достоверно ниже [202], и именно гипогонадизм приводит к повышению риска переломов [32]. Назначение женщинам с гипопитуитаризмом трансдермальных форм тестостерона повышало МПКТ [195]. Таким образом, андрогены и эстрогены являются синергистами по отношению к кости [142].

Для показателей МПКТ большое значение приобретает витамин D. На территории РФ снижение концентрации витамина D в крови (уровень 25(OH)D менее 30 нг\мл) выявлено у 70% взрослого населения, что соотносится с международными данными [135]. Недостаточная обеспеченность витамином D, сочетаясь у женщин в постменопаузе с ростом β -Cross laps [149], негативно отражается на балансе кальция в организме: уменьшает абсорбцию кальция в кишечнике, что может формировать вторичный гиперпаратиреоза с высокой остеорезорбцией [23, 47, 202], дополнительно снижает стимулированную кальцитриолом продукцию ИФР-1 в кости [66], являясь, таким образом,

доказанным фактором риска развития остеопороза [32].

Повышенные концентрации глюкокортикоидов негативно влияют на МПКТ, преимущественно трабекулярную [48], оказывая прямое негативное воздействие на синтез новой кости и выработку коллагена остеобластами, снижая их количество и функциональную активность [78], что отражается в уменьшении уровня маркера остеосинтеза – остеокальцина [65, 120, 184, 267]. При гиперкортизолемии происходит ингибирование Wnt-сигнального пути [78, 92]. Для гиперкортицизма характерно снижение уровня витамина D [48] за счет прямого негативного действия глюкокортикоидов на активность 1α -гидроксилазы почек, что приводит к нарушению превращения кальцидиола в кальцитриол [32], рецепторы к которому находятся на поверхности остеобластов. При этом терапия кальцитриолом при снижении МПКТ стимулирует синтез коллагена, что подтверждено повышением ЩФ и остеокальцина [120]. Глюкокортикоиды ухудшают минерализацию кости путем отрицательного влияния как на белки матрикса кости, а именно коллаген I типа, костный ИФР-1, остеокальцин [203]. Подавление образования новой кости при гиперкортицизме у мужчин происходит и за счет снижения уровня тестостерона в крови с формированием гипогонадизма [32, 120]. Одним из механизмов развития снижения МПКТ при гиперкортизолемии является ускорение остеорезорбции за счет формирования вторичного гиперпаратиреоза, обусловленного развитием гипокальциемии транзиторного характера [32, 45]. При гиперкортицизме выявлено и снижение продукции таких ингибиторов резорбции кости как кальцитонин, СТГ, ИФР-1 у представителей обоего пола [48, 120], эстрадиола у женщин и эстрона у мужчин [203]. Таким образом, при гиперкортицизме создаётся костный обмен с преобладанием остеорезорбции.

Негативное влияние на МПКТ оказывает и дефицит инсулина, при котором снижается выработка остеобластами коллагена и ЩФ, обеспечивающих образование и минерализацию костного матрикса, уменьшается стимуляция остеобластов посредством ИФР-1, угнетается работа С-клеток щитовидной железы, происходит прямая и опосредованная, через недостаток образования активных метаболитов витамина D, стимуляция секреции ПТГ [56, 66, 120].

Недостаток инсулина усиливает остеорезорбцию, приводя к снижению МПКТ и отражается в угнетении маркеров синтеза и повышении – резорбции [170].

В регуляции МПКТ важная роль отводится тиреоидным гормонам и ПТГ. Гипертиреоз влияет на костную ткань в двух направлениях: увеличивает количество и активность остеокластов и усиливает работу остеобластов, что отражается в повышении маркеров остеосинтез (остеокальцин) и резорбции (пиридинолин и β -Cross laps). Однако преобладание процессов остеорезорбции над синтезом в итоге приводит к уменьшению МПКТ [22, 65, 97, 112, 120, 202]. Выявлена отрицательная корреляция между уровнем МПКТ по Т-критерию, определенным на аппарате «Achilles+» (Lunar, USA), и ЩФ ($r=-0,66$; $p<0,001$) у женщин с тиреотоксикозом [22]. При гипотиреозе замедляется скорость костного ремоделирования в 2–3 раза со снижением уровня маркеров остеорезорбции и синтеза [97, 120] с повышением уровней ПТГ и кальцитриола [86].

Избыточная секреция ПТГ паращитовидными железами ведет к высокой активности костного обмена за счет прямого действия на остеобласты и опосредованного – на остеокласты (через рецепторы на предшественниках остеокластов). Увеличение активности и количества последних приводит к значительному преобладанию остеорезорбции, что приводит к дефициту костной массы с вымыванием кальция из костного депо и развитием гиперкальциемии [32, 46, 47, 65, 111, 114]. При первичном гиперпаратиреозе может встречаться и нормокальциемический вариант: нормальный уровень кальция с повышением ПТГ [114]. С возрастом у лиц обоего пола продукция ПТГ повышается [32], причем у женщин в постменопаузе она взаимосвязана с дефицитом витамина D [149].

Действие пролактина на костную ткань обусловлено его концентрацией: физиологические уровни стимулируют её образование, а при гиперпролактинемии происходит активация остеорезорбции с замедлением синтеза, что сопровождается ростом β -Cross laps и снижением остеокальцина [11, 93, 120].

Изменения МПКТ при нарушении секреции СТГ долгое время рассматривались только в детском возрасте. Однако действие СТГ на метаболизм кости, его избыток и дефицит влияют на рост скелета и в более зрелом возрасте [19,

120, 200]. Действие СТГ на костный метаболизм происходит путем реализации нескольких механизмов: увеличение доступности минералов путем активации 1 α -гидроксилазы почек через рецепторы к ИФР-1 с ростом кальцитриола – активного метаболита витамина D, способствующего абсорбции в кишечнике кальция и фосфатов и реабсорбции в почках фосфора; воздействие на пролиферацию остеобластов через рецепторы к СТГ и к ИФР-1, усиливая синтез белкового матрикса [19, 66, 120]. Недостаток СТГ приводит к уменьшению МПКТ [19, 200], а его избыток увеличивает риск переломов [93]. Назначение СТГ взрослым при недостаточности увеличивает МПКТ, параллельно повышая остеокальцин [234].

Таким образом, в основе изменения костного метаболизма и, как следствие, МПКТ лежит влияние различных гормонов. Увеличению МПКТ способствует воздействие физиологических концентраций анаболических гормонов (СТГ, тестостерон, инсулин, эстрадиол), витамина D и пролактина, а уменьшению – высокие уровни кортизола, тиреоидных гормонов и ПТГ, проявляющих остеокатаболические эффекты. На синтез и секрецию этих гормонов влияет множество факторов, среди которых и напряженная мышечная деятельность.

1.2. Метаболизм гормонов, участвующих в регуляции костного обмена и минеральной плотности костной ткани у спортсменов

В условиях напряженной мышечной деятельности спорта высших достижений изменение продукции гормонов эндокринными железами влияет на обменные и адаптационные процессы в организме для обеспечения максимальной мобилизации функциональных возможностей спортсмена в условиях соревновательного процесса. И полезный адаптивный результат будет зависеть от способности системы к адекватному ответу на постоянно меняющиеся условия окружающей среды [30, 31, 62, 73, 123]. Гормоны обеспечивают активацию восстановительных процессов в организме после нагрузки, формирование энергетических, структурных и функциональных основ спортивной работоспособности [72, 73, 123]. Важность взаимосвязи между спортивной

деятельностью и функционированием эндокринной системы отмечена в отечественной и зарубежной литературе и доказана экспериментальными работами. Влияние гормонов на спортивные достижения стало особенно заметно с началом применения анаболических стероидов с целью повышения спортивных результатов. Однако этим не исключается взаимосвязь гормонов и эффективности спортивной работоспособности. В процессе напряженной мышечной деятельности большее значение имеют не столько введенные извне синтетические гормональные препараты, сколько собственные гормоны спортсмена, которые постоянно образуются в его железах внутренней секреции.

Результаты изучения функций эндокринной системы при мышечной деятельности обобщены в ряде монографий и обзорных статей [6, 27, 72, 73, 123]. В процессе мышечной работы создается необходимость в специфических гормональных адаптационных механизмах как для управления гомеостатическими реакциями, так и в рамках обеспечения общей адаптации организма в условиях систематических нагрузок, что влечет за собой значимые сдвиги в секреторной активности эндокринных желез. В результате изменяется уровень гормонов в крови, скорость их взаимодействия с рецепторами и элиминация из организма. Таким образом, нейро-гуморально-гормональный ансамбль перестраивается на новый уровень адаптации организма, подстраиваясь к изменяющимся условиям с целью обеспечения максимально эффективной работоспособности [59, 85, 131, 132]. Именно понимание процессов долговременной адаптации, занимающей продолжительное время, лежат в основе современной травматологии [85].

Уровень СТГ в крови повышается во время физической нагрузки [27, 33, 98], степень выраженности которого пропорциональна мощности выполняемой работы, измеренной в ватах [255, 262], и её продолжительности [220]. У женщин в ответ на физическую нагрузку рост СТГ происходит раньше, чем у мужчин, при условии её равнозначности [204]. После окончания работы СТГ снижается до первоначальных значений [220], достижение которых фиксируется раньше у тренированных лиц по сравнению с лицами, не подготовленными к нагрузке [245, 260]. Степень прироста СТГ во время нагрузки отражает уровень тренированности

спортсмена и уменьшается с его ростом [245, 260]. Такая особенность способствует поддержанию секреции СТГ на достигнутом уровне с увеличением длительности нагрузки [220]. Длительные 20-недельные тренировки вызывают снижение уровня ИФР-1 (косвенно отражает количество СТГ) [198], количество которого в покое на 30% выше у спортсменов по сравнению нетренированными лицами [35]. Тренировки в условия гипоксии повышают пики секреции СТГ [201, 255], большие значения СТГ сочетаются с большим уровнем лактата в крови во время нагрузки у нетренированных лиц по сравнению с подготовленными [255]. Дневная секреция СТГ у спортсменов взаимосвязана в объем физической работы [206]. Секреция СТГ различна с учетом вида спорта: большие уровни характерны для борцов и в скоростно-силовых видах спорта по сравнению с легкоатлетами [91].

Для показателей тироксина (Т4) и трийодтиронина (Т3) – гормонов, отражающих тиреоидную функцию щитовидной железы, установлено изменение их уровня в зависимости от мощности и длительности физической нагрузки, а также тренированности спортсмена. Интенсивные физические нагрузки вызывают повышение Т4 [6, 252, 256] и Т3 [6], а умеренная 3-х часовая нагрузка приводит к снижению Т3 без изменения уровня Т4 [6]. Отмечено повышение уровня Т4 после 90-км лыжного марафона и в соревновательном периоде [62, 194] в сочетании со снижением Т3 во время проведения соревнований [62]. Также установлено, что содержание свободного Т4 в крови повышается в первую очередь у более тренированных лиц [180]. Схожая работа на уровне моря не изменяет концентрации Т4 и Т3, в то время как в горных условиях повышается уровень Т4, который перестает регистрироваться после акклиматизации [192].

Повышение концентрации Т4 в крови на фоне физической активности в ряде исследований сочетается с отсутствием изменений уровня тиреотропного гормона (ТТГ) [192, 194, 252, 256] или с его снижением [6, 62]. В других исследованиях отмечено повышение ТТГ на фоне нагрузки [27, 35, 264]. Тренировки силового характера, отличающиеся длительностью и интенсивностью, снижают уровень Т4 без изменения концентраций остальных показателей функционирования гипоталамо-щитовидной оси: Т3, тироксинсвязывающего глобулина, ТТГ [252].

Прерывистые тренировки на сопротивление в течение 8 недель и аэробные упражнения в течение 12 недель у молодых мужчин и у нетренированных женщин, соответственно, не вызывали изменений ТТГ, Т4 и Т3 [225, 243]. Степень активации гипоталамо-гипофизарной системы, которую отражают показатели ТТГ, может быть обусловлена различной потребностью в мобилизации функциональных резервов у тестируемых лиц [6, 27], учитывая, что гормоны щитовидной железы оказывают непосредственное влияние на окислительное фосфорилирование в митохондриях [24]. Показатели Т4 и Т3 в покое у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом профессионально, не отличались и сочетались с достоверно более низкими концентрациями ТТГ у спортсменов [107].

Активации гипофизарно-адренкортикальной системы способствует физическая работа достаточной интенсивности и длительности [6, 35, 62, 98, 107, 108] и у спортсменов, и у физически нетренированных лиц [35, 200] при условии достижения нагрузки своих пороговых значений, находящихся на уровне 60% от максимального потребления кислорода (МПК) и выше [87, 88, 186, 220], причем условия гипоксии более выражено стимулируют секрецию глюкокортикоидов [5, 26, 255]. Рост кортизола при выраженной интенсивности нагрузки происходит в течение её первых минут [28, 215] и градиент этого изменения обусловлен мощностью выполняемой работы [88]. Статические нагрузки также повышают содержание АКТГ и кортизола в крови [186]. Выявляется зависимость между физической подготовленностью и адренкортикальной активностью во время выполнения мышечной работы [6]. Тренированность способствует уменьшению адренкортикальной реакции с формированием соответствия степени её активации выполняемой работе [6, 95]. На равную работу у нетренированных лиц по сравнению со спортсменами степень её активации различна: кортизол и кортикостерон повышались на 50% и на 40%, соответственно, в группе контроля, но не увеличивались у спортсменов [35]. Время наступления угнетения активности гипофизарно-адренкортикальной системы обусловлено мощностью выполняемой работы [88] и степенью тренированности: у подготовленных спортсменов активная секреция кортизола поддерживается более продолжительное время [27, 62, 156,

260], а переутомление и чрезмерные нагрузки угнетают её [27, 169, 226] и указывает на стадию истощения и снижения адаптации к стрессу [147].

Концентрации инсулина и С-пептида снижаются в крови на фоне мышечной работы [4, 179, 231, 238, 239]. Тренированность оказывает влияние на степень снижения инсулина, уменьшая её выраженность [220] или даже повышая его по сравнению с исходным [35, 108, 139]. В одних исследованиях у нетренированных индивидуумов выявлена более высокие уровни инсулина в покое по сравнению со спортсменами [91], с противоположной тенденцией у других авторов [35, 107] для представителей обоего пола [200], что обусловлено спортивной специализацией: для скоростно-силовых видов спорта характерно снижение инсулина с повышением кальция, а для спортсменов, тренирующихся на выносливость, – противоположная динамика, направленная на рост доли использования липидов в энергообмене в ряду спринтер-стайер-марафонец [80].

Гомеостаз кальция регулируется разнонаправленным действием ПТГ и кальцитонина. В эксперименте на животных показано, что оба гормона важны в поддержании работоспособности, а степень тренированности коррелируется с соотношением кальцитонина и ПТГ, направленным на поддержание гиперкальциемии [16, 27, 148]. На фоне физической нагрузки у людей отмечены разнонаправленные изменения секреции ПТГ и кальцитонина, что объясняется разной интенсивностью и длительностью нагрузки, степенью тренированности, полом и возрастом испытуемых [4, 49, 98, 216, 246]. Снижение уровня кальция в крови во время мышечной работы сопровождается ростом секреции кальцитонина [49]. Секреция ПТГ активируется при превышении порога интенсивности и/или продолжительности физической нагрузки и часто взаимосвязана со снижением уровня кальция в крови [216]. Однако плавание в ледяной воде усиливало секрецию ПТГ в сочетании с повышением кальция и фосфора в крови [246]. Короткие физические нагрузки или длительная низкоинтенсивная работа не влияют на секрецию ПТГ. Увеличение ПТГ в зависимости от интенсивности физической нагрузки может фиксироваться в течение 24 часов и быть связано с ростом лактата в плазме, а не изменением общего кальция [216]. У спортсменов-любителей после

9-ти недельных тренировок выявлено снижение кальцитонина и повышение ПТГ [4, 98], что может способствовать развитию гиперкальциемии, выраженность которой зависит от интенсивности нагрузки и является неспецифической реакцией адаптации организма на действие стресса [16]. Динамика гормонов-регуляторов фосфорно-кальциевого обмена на фоне нагрузки обусловлена степенью тренированности: снижение кальцитонина и рост ПТГ после велоэргометрического теста более выражены у спортсменов по сравнению с нетренированными лицами [4], у которых ПТГ в покое ниже, чем у легкоатлетов и борцов, а кальцитонина – ниже, чем у спортсменов, тренирующихся на скоростно-силовую выносливость [91]. Другими авторами не установлено различий в уровнях ПТГ у спортсменов (десятиборье) и представителей общей популяции [223].

Результаты исследований влияния физической нагрузки на секрецию тестостерона у мужчин весьма однородны: кратковременная мышечная работа при её достаточной интенсивности способствует его повышению [247, 255, 264], а длительная – снижению уровня гормона [73]. При этом степень снижения связана с уровнем тренированности [169], а снижине его базальной секреции является маркером перетренированности [187]. Показатели тестостерона у спортсменов и нетренированных лиц различны: его уровень выше у спортсменов в 1,7-1,8 раз в покое, во время физической нагрузки и восстановления, а рост тестостерона в период соревнований расценивается как положительная реакция адаптации, направленная на повышение работоспособности [107]. Отмечен, что возврат к исходным значениям уровней тестостерона и кортизола, которые повышаются сразу после однократного высокоинтенсивного интервального тренинга и снижаются через 120-180 минут, может достигать 24 часов [160]. Прирост тестостерона на фоне упражнений связан с повышением мышечной массы вне зависимости от программы тренировок [199]. У женщин на фоне мышечной работы тоже выявлено повышение тестостерона, что у ряда спортсменок сочеталось с нарушением менструального цикла, снижением уровней ЛГ и ФСГ и ростом пролактина [123]. Степень тренированности коррелирует уровень тестостерона после нагрузки: у хорошо тренированных спортсменов его

показатели не снижаются после длительных нагрузок [169]. Следовательно, снижение тестостерона на фоне нагрузки можно отнести к признакам дезадаптации, которая у спортсменов может сочетаться со снижением (<3%) индекса тестостерон/кортизол – маркера перетренированности [72]. Таким образом, длительные нагрузки чаще значительно снижают общий тестостерон [27, 44, 72, 73] и/или свободный тестостерон в крови [77] с нормализацией его уровня в период восстановления до несколько дней [161].

Уровень эстрадиола также зависит от физической нагрузки, которая снижает его. На фоне физических упражнений у мужчин-спортсменов выявлено более выраженное снижение эстрогенов, чем в группе лиц, не адаптированных к нагрузкам, со схожей тенденцией для секреции тестостерона [4, 91].

Уровень пролактина повышается на фоне физических нагрузок [35, 98]. При тренировках на выносливость его повышение, как и СТГ, скорее связано с интерлейкином-6, чем со стимулирующим действием лактата [165]. Однако при продолжительном действии стрессора и развитии перетренированности у спортсменов усиления секреции пролактина не происходит [70, 130]. Снижение базального уровня пролактина может выступать маркером синдрома перетренированности, хотя данное утверждение и требует дополнительных исследований [165, 187].

Несмотря на безусловный ответ организма на физическую нагрузку средней силы и интенсивности повышением уровня тропных гормонов гипофиза и релизинг-гормонов гипоталамуса [9, 35, 98], исследователями не выявлено достоверных отличий в уровнях ТТГ, СТГ, ЛГ, ФСГ, ГнРГ и пролактина у профессиональных спортсменов по сравнению добровольцами после выполнения нагрузки, за исключением кортизола, более высокого у нетренированных лиц [35].

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что объем, сила и продолжительность физической нагрузки в зависимости от тренированности организма и условий соревновательного процесса (гипоксия) обуславливают различные в зависимости от степени тренированности организма изменения в активности эндокринных желез. Это выражается в росте секреции СТГ,

пролактина, кортизола, АКТГ, кальцитонина, альдостерона и снижении уровня инсулина в крови при интенсивных кратковременных физических нагрузках. Несмотря на расхождение в результатах, положительным приспособительным изменением следует считать активацию щитовидной железы, выраженную в повышении показателей Т4 и ТТГ. В обеспечении работоспособности задействована и продукция ПТГ, которая выше у тренированных лиц. Уровни половых стероидов, тестостерона и эстрадиола, повышаются при интенсивных кратковременных нагрузках и снижаются, наряду с уровнем инсулина, пролактина, кортизола и СТГ, на фоне интенсивного сверхпорогового длительного триггерного воздействия (стресс, физическая работа) у низкотренированных лиц. У тренированных лиц не происходит значимой динамики уровня тестостерона, инсулина и кортизола на фоне длительных интенсивных физических нагрузок.

Таким образом, изменения работы эндокринных желез, возникающие у спортсменов во время тренировочного процесса, могут иметь свое отражение в показателях минеральной плотности кости и костного метаболизма, для оценки которых применяется специальный диагностический алгоритм, основанный на анализе костных маркеров и приведенный в следующей главе обзора литературы.

1.3. Оценка минеральной плотности костной ткани и диагностика ее снижения

Оценка МПКТ и диагностика ее снижения предполагает решение следующих задач:

- 1) Оценку плотности костной ткани с помощью денситометрии;
- 2) Оценку показателей метаболизма костной ткани путем исследования биохимических и/или морфологических маркеров резорбции кости и её синтеза и показателей фосфорно-кальциевого обмена.

1.3.1. Методы денситометрии в оценке качества костной ткани

В настоящее время с целью раннего выявления рисков снижения МПКТ, определения степени остеопении, диагностики остеопороза, оценки динамики потерь костной массы и эффективности лечения остеопоротических изменений используются различные методы костной денситометрии: изотопные (моно- и двухфотонная абсорбциометрия), рентгеновские (моно- и двухэнергетическая абсорбциометрия, количественная компьютерная томография) и ультразвуковые. Наиболее информативным методом является DXA, позволяющая измерять массу кости в любом отделе скелета. DXA области бедра и позвоночника – стандарт костной денситометрии, утверждённый ВОЗ для установки и подтверждения диагноза остеопороз [46, 78], согласно которым оценка МПКТ производится по двум параметрам: пиковой норме (для данного участка скелета – значение в 20–29 лет) костной ткани (Т-критерий) и возрастной норме (Z-критерий). У женщин в постменопаузе и мужчин старше 50 лет используют Т-критерий. У женщин до менопаузы, мужчин до 50 лет и детей применяют Z-критерий.

Данные результатов оценки МПКТ по Т-критерию предоставляются в единицах стандартных отклонений (SD): норма – значения МПКТ в пределах $\pm 1SD$; снижение МПКТ в пределах -1 до $-2,5 SD$ – остеопения; равно и более чем на $2,5 SD$ – остеопороз [46, 78, 145]. Результат исследования по Z-критерию, равный или ниже значения $-2,0$, оценивается как «низкая минеральная плотность кости для хронологического возраста» или «ниже ожидаемых по возрасту значений», а выше $-2,0$ – «в пределах ожидаемых по возрасту значений» [145]. Однако использование DXA для скрининга всех женщин в постменопаузе не является экономически целесообразным, в частности из-за низкой обеспеченности данной аппаратурой [78]. Поэтому ВОЗ для начала остеопоротического лечения рекомендует применять калькулятор FRAX при наличии низкотравматичных переломов бедра и тел позвонков в анамнезе и невозможности проведения DXA [78, 145].

Метод количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД, QUS) не рекомендовано использовать для постановки диагноза остеопороз и оценки

эффективности остеопоротического лечения в клинической практике [78, 145]. Однако данная методика определения МПКТ применима для выявления лиц с повышенным риском переломов среди женщин и мужчин [78, 241]. Валидизированные КУЗД-приборы для пяточной кости применимы для оценки риска переломов у женщин в постменопаузе (переломы позвоночника и бедра) и у мужчин в возрасте 65 лет и старше (переломы бедра и внепозвоночные переломы) [145]. Чувствительность метода КУЗД для пяточной кости по сравнению с DXA составляет 0,34 со специфичностью 0,92 [167]. Пятилетнее исследование показало, что КУЗД дистальной трети лучевой кости и большеберцовой кости имеет значимую ($p < 0,05$) прогностическую способность для всех случаев клинических и невертебральных переломов у женщин [221]. КУЗД пяточной кости показала высокую чувствительность метода к изменениям костной ткани на фоне физических упражнений для профилактики остеопороза: при выполнении упражнений в различных возрастных группах на протяжении 4–36 месяцев зафиксировано улучшение данных широкополосного рассеивания или затухания ультразвуковой волны (broadband ultrasound attenuation, BUA) пяточной кости (различия стандартизированных средних – SMD 0,98, 95% ДИ 0,80–1,16, общий эффект $Z = 10,72$, $p = 0,001$). Однако отмечены расхождения выявляемости остеопороза: с помощью КУЗД остеопороз выявлен в 63,3% случаев, DXA – в 16,7% [78]. К недостаткам метода КУЗД пяточной кости можно отнести: исследование только одной кости, необходимость учитывать состояние кожи в области измерения, недостаточность акустического контакта, нестабильность позиционирования стопы, влияние температуры на диагностическую точность измерения [14, 240], затруднения в экстраполяции данных полученных с применением различных аппаратов для проведения КУЗД [78].

Новой методикой в оценке МПКТ можно отнести радиочастотную эхографическую мультиспектрометрию (REMS), основанную на анализе необработанных нефльтрованных ультразвуковых сигналов по данным ультразвукового сканирования осевого скелета и проксимального отдела бедра [41, 100]. Чувствительность и специфичность метода REMS по сравнению с DXA

исследовании на 4307 пациенток европеоидной расы в возрасте от 30 до 90 лет шейки бедра составила 90,4% и 95,5%, соответственно, и поясничного отдела позвоночника – 90,9% и 95,1%, соответственно [242]. По данным российских исследований совпадение диагнозов, включающих норму, остеопению или остеопороз, по данным REMS и DXA зафиксировано в 70% случаев, что требует дальнейших исследований и анализа полученных данных [41]. Существует и необходимость в завершении разработок нормативов среди спортсменов для 18–20-летних пациентов и для несовершеннолетних лиц [100].

Такие характеристики КУЗД, как портативность прибора, его хорошая транспортабельность, высокая скорость обследования, отсутствие лучевой нагрузки, дают возможность отнести данный метод количественной оценки массы кости к перспективным методикам определения состояния костной ткани с целью формирования групп риска переломов при скрининговых обследованиях [14]. Литературные данные последних лет свидетельствуют о широком применении КУЗД для оценки уровня МПКТ, выявления групп риска снижения костной массы, а также для динамического наблюдения за минеральной плотностью на фоне лечения и профилактики снижения МПКТ в различных когортах исследуемых, в том числе беременных, детей и подростков, для которых предпочтительнее использование методов остеоденситометрии без лучевой нагрузки [22, 53, 54, 96, 106, 117, 138, 143, 150, 162, 221, 265]. Однако использование КУЗД в диагностике снижения МПКТ и оценке эффективности проведения лечебных и профилактических мероприятий в группах риска по развитию остеопоротических изменений должно опираться на многочисленные предварительные исследования в каждой изучаемой когорте с целью выявления пороговых показателей для данного метода, каждого вида аппарата, каждого определяемого им параметра [205, 240]. В настоящий момент КУЗД в сочетании с оценкой клинических факторов риска применим для выявления пациентов с высокой вероятностью остеопороза для проведения центральной DXA-денситометрии при ограничении доступа к последнему методу диагностики и при установлении валидизированного порога для конкретного оборудования и участка скелета при КУЗД [78].

Однако, денситометрическая оценка минеральной плотности кости не позволяет дифференцированного выявления причин и механизмов изменения, требуя лабораторной диагностики показателей метаболизма костной ткани.

1.3.2. Лабораторные методы оценки метаболизма костной ткани

Лабораторные методы оценки параметров метаболизма костной ткани можно разделить на две группы [120]:

- 1) показатели фосфорно-кальциевого обмена;
- 2) биохимические показатели костного обмена;

К обязательным методам исследования фосфорно-кальциевого обмена следует отнести определение уровня общего и/или ионизированного кальция, фосфора, магния в крови, оценку экскреции кальция и фосфора в суточной моче или их определение в моче натошак по отношению к экскреции креатинина. Оценка кальцитонина, ПТГ, метаболитов витамина D проводится с учетом показаний (например, дифференциальная диагностика форм остеопороза) [65, 120].

Уровни кальция, фосфора и магния в крови являются показателями костного обмена, активность которого определяется полифакторностью действия регуляторных механизмов, отражающих процессы адаптации к тренировочному процессу и наличие сопутствующей патологии, в частности изменений в работе таких органов, как почки, желудочно-кишечный тракт, где происходит их всасывание, выведение и реабсорбция [17, 30, 47, 58, 59, 61, 65, 72, 119, 120, 202]. Кальций, магний и фосфор – основные макроэлементы, участвующие в минерализации кости и профилактике остеопороза [23, 43, 46]. Недостаток витамина D – дополнительный фактор риска развития остеопороза [23].

Уровень биохимических маркеров костного метаболизма (Таблица 1) исследуют с целью определения интенсивности процессов обмена кости и диагностики механизмов снижения МПКТ с высокой или низкой скоростью костного обмена и оценки баланса остеорезорбции и синтеза [65]. Высокие значения маркеров ремоделирования кости предсказывают более быструю потерю

массы кости, хотя точки для индивидуального вмешательства не установлено [145].

К маркерам формирования кости относят определение активности общей щелочной фосфатазы (ОЩФ или ALP), костной щелочной фосфатазы (bALP, BAP), общего остеокальцина, аминок(Н-)-терминального пропептида проколлагена I (P1NP) и III (P3NP) типа, карбокси(С-)-терминального пропептида человеческого проколлагена I типа (P1CP) в сыворотке крови [65, 78, 120, 145, 168]. Уровень остеокальцина (ОС, костный глутаминовый белок – BGP) синтезируемый остеобластами, отражает метаболическую активность синтеза остеобластами новой кости, его повышение коррелируется с активностью остеосинтеза и наблюдается при первичном остеопорозе у лиц с высокой скоростью костного обмена [65, 158, 168]. ОЩФ представлена двумя изоформами: печеночная и костная (BAP): 50% отражает работу печени, а 50% – костный обмен, поэтому она может маркировать костный обмен только в отсутствие патологии печени [168].

Таблица 1 – Биохимические маркеры костного метаболизма

Маркер костного метаболизма	
Показатель остеобластической активности	Показатель остеокластической активности
Общая щелочная фосфатаза (ОЩФ или ALP сыворотки крови)	Оксипролин (ОНPr мочи)
Костная щелочная фосфатаза (BAP или bALP сыворотки крови)	Пиридинолин (PYD мочи)
Остеокальцин общий (ОС, BGP сыворотки крови)	Дезоксипиридинолин (DPYD мочи)
Аминотерминальный пропептид человеческого проколлагена I типа (P1NP сыворотки крови)	Кальций по отношению к концентрации креатинина (моча)
Аминотерминальный пропептид проколлагена III типа (P3NP сыворотки крови)	Аминотерминальный телопептид коллагена 1 типа (NTX плазмы крови и uNTX мочи)
Карбокситерминальные пропептид человеческого проколлагена I типа (P1CP сыворотки крови)	Карбокситерминальные телопептиды коллагена 1 типа (CTX плазмы крови и uCTX мочи): β -Cross laps и α -Cross laps
Сигнальные молекулы и белки Wnt пути (сыворотка): белок R-spondin (RSPO)	Галактозилоксилизин (моча)
	Тартратрезистентная кислая фосфатаза (TRACP сыворотки крови)
	Катепсин К (CTSK сыворотки крови)
	Рецепторы, активирующие ядерный фактор каппа (RANK сыворотки)
	Лиганд рецептора-активатора ядерного фактора каппа-бета (RANKL сыворотки крови)
	Остеопротегерин (OPG сыворотки крови)
	Сигнальные молекулы и белки Wnt пути (сыворотка): Wnt-ингибирующий фактор (WIF), secreted Frizzledrelated protein (sFRP), белки Dickkopf-1 (DKK-1), склеростин (SOST)
Источники: составлено автором на основе данных [65, 78, 81, 120, 134, 145, 168]	

P1NP относится к наиболее оправданным к применению в клинической практике маркерам остеосинтеза, как остеокальцин и костная щелочная фосфатаза [145].

Показателями остеорезорбции можно считать определение следующих маркеров: концентрация в моче оксипролина (ОНPr, гидроскипролин), общего и свободного пиридинолина (PYD), общего и свободного дезоксипиридинолина (DPYD) и галактозилоксизина, экскреция DPYD с мочой по отношению к креатинину, экскреция кальция с мочой натощак по отношению к концентрации креатинина в той же порции, уровень в крови кислой тартратрезистентной фосфатазы (TRACP), значения в моче и в крови карбокситерминального телопептида коллагена 1 типа (С-телопептид, S-CTX, Cross laps TM, CTX) и аминотерминального телопептида коллагена 1 типа (N-телопептида, NTX). Карбокситерминальный (С-терминальный или С-концевой) телопептид коллагена 1 типа (Cross laps) содержит α -аспарагиновую кислоту (α -Cross laps), которая по мере старения кости изомеризуется в β -форму (β -Cross laps). Уровень β -Cross laps позволяет оценить темпы разрушения относительно старой кости, а α -Cross laps – недавно сформированной кости [65, 78, 120]. Маркеры β -Cross laps и P1NP относятся к наиболее стабильным и хорошо воспроизводимым показателям ремоделирования кости [145]. Рост Cross laps в период менопаузы на два стандартных отклонения от референсных значений ассоциировано с повышением риска перелома проксимального отдела бедра в два раза [78]. Существуют и другие маркеры для оценки остеорезорбции и активности остеобластов, которые представлены в таблице 1, но они применяются в диагностике реже, чем выше охарактеризованные [78, 81, 134]. В клинической практике для оценки остеорезорбции наиболее оправданно применение пиридинолина и дезоксипиридинолина в моче, С-концевой телопептиды коллагена 1 типа (β -Cross laps) в крови, N-концевой телопептид коллагена 1 типа в моче (uNTX) [145].

К преимуществам использования показателей костного метаболизма для оценки состояния кости можно отнести их потенциально менее опасное измерение по сравнению с радиологическими исследованиями, их большую чувствительность

к изменению метаболизма кости, чем рентгеновские методы, легкость сбора и анализа полученных данных [168]. Оценка параметров метаболизма кости представляет возможность судить о скорости и направлении активности процессов костного ремоделирования, предсказать большую скорость потерь костной массы, подобрать наиболее адекватную терапию при снижении МПКТ, быстро (в течение 2–3-х месяцев) оценить эффективность остеопоротического лечения, определить индивидуально приверженность к лечению каждого пациента [65, 145, 168, 267].

1.3.3. Оценка показателей костного метаболизма у спортсменов

Оценка показателей фосфорно-кальциевого обмена активно используется в спортивной медицине. Они изменяются в процессе напряженной мышечной деятельности, связаны с уровнем физической активности, биоэнергетической режима тренировки, работоспособностью спортсмена [49, 57, 58, 72, 103, 139]. При физических нагрузках чаще отмечается снижение показателей кальция, магния и фосфора крови [49, 58, 61, 72, 101] в связи с задействованностью кальция и магния в обеспечении эффективности мышечных сокращений, нервно-мышечных передач и гормональных сигналов [58, 72, 79, 101], а фосфора в интенсификации ресинтеза аденозинтрифосфата (АТФ) [58, 61]. Метаанализ спортивной субпопуляции показал неудовлетворительные уровни витамина D ($25(\text{OH})\text{D} < 32 \text{ нг/мл}$) в среднем у 56% спортсменов [236], а в части видов спорта – у 100% [122], что может выступать дополнительным фактором риска патологии костной системы и нуждаться к коррекции, особенно в группах с остеопенией [222]. Обеспеченность витамином D у спортсменов зависит от сезона и места тренировки, вида спорта и цвета кожи [57, 69, 213, 248], связана с риском травматизма [196, 213]. Для поддержания качества кости спортсменам необходим адекватный по энергии и сбалансированный по основным макронутриентам рацион [208, 249], суточная потребность в минеральных веществах в котором чаще выше, чем в общей субпопуляции [115]. ПТГ, может повышаться за счет потери кальция с потом во время нагрузок [159], и связан с показателями МПКТ и риском стрессовых

переломов у спортсменов [213].

Следует отметить, что данные по изучению изменения маркеров костного ремоделирования в процессе физической активности носят противоречивый характер. У профессиональных триатлонистов (18–20 лет) и физически активных женщин (35±2 лет) при нагрузках не выявлено изменений остеорезорбции (uCTX и NTX, соответственно), остеокальцина и ПТГ при разнонаправленном достоверном изменении ВАР со снижением у спортсменов-мужчин и приростом у женщин при выполнении ходьбы и прыжков, но не отдельно ходьбы [183, 193]. У женщин, представительниц слалома, повышение TRACP и маркеров остеосинтеза (ОС и ВАР) в период соревновательных нагрузок по сравнению с предсоревновательным периодом без изменений β -Cross laps и витамина D [250]. Рост остеокальцина при нагрузках отмечен у профессиональных гребцов [175]. Однако однократное выполнение высокоинтенсивных упражнений не влияло на синтез и резорбцию кости, PINP и CTX, соответственно, у здоровых мужчин и женщин [166].

Метаанализ, проведенный Banfi G. и соавт. (2010), выявил следующие закономерности в изменении маркеров костного ремоделирования: непосредственно после кратковременных тренировок не зафиксировано изменений маркеров ремоделирования кости, в связи с тем, что их изменения носят отсроченный характер и возникают спустя несколько часов или дней после тренировки, однако маркеры остеосинтеза чувствительнее, чем резорбции. Стимуляция остеобластов и/или остеокластов связана с типом упражнений: маркеры костного метаболизма менее чувствительны к упражнениям на сопротивление вне зависимости от их интенсивности [168]. Сравнение профессиональных спортсменов и неподготовленных к физическим упражнениям лиц показали большую чувствительность NTX крови и PУD мочи, чем CTX [168]. Однако после анаэробных тестов (30-s Wingate) CTX повышался в группе физически активных мужчин по сравнению с профессиональными гимнастами без динамики PINP в обеих группах [251]. При длительных нагрузках уровень ВАР изменялся через 1 месяц, а ОС – через 2 месяца. Изменение обеспечения кислородом во время тренировочной нагрузки связано с динамикой костного

ремоделирования: ОС, NTX крови и PУD мочи более чувствительны к выполнению анаэробных упражнений, а ВАР – аэробных. Профессиональные спортсмены демонстрируют изменения маркеров остеосинтеза в зависимости от интенсивности программ тренировок при стабильном уровне маркеров резорбции [168]. У велогонщиков во время интенсивных упражнений (по три часа в течение 4-х дней) выявлены следующие изменения костного обмена: рост маркеров остеорезорбции (β -СТХ) в первые два дня тренировок с отсутствием изменений синтеза, незначительное снижение β -СТХ и выраженное маркеров остеосинтеза (ВАР) на третий и четвертый тренировочные дни совпадало со снижением выделения кальция с потом и концентрации кортизола в крови [226]. Уровень остеокальцина также взаимосвязан с показателями работы поджелудочной железы (инсулин, глюкоза) и жировой ткани (лептин) [34, 110, 158, 189, 229, 259], участвует в углеводном и жировом обмене [34, 158] и, как следствие, в энергетическом обмене [110, 158, 189, 169] посредством стимуляции секреции адипонектина, которые отрицательно взаимосвязаны с жировой массой и инсулином и положительно – с утилизацией глюкозы [34]. Следует отметить, что лептин ингибирует функции остеокальцина [189], снижаясь при длительных нагрузках в отличие от уровня адипонектина [34]. Связь декарбоксилированной формы остеокальцина с энергообменом подтверждена и у марафонцев-бегунов, снижение уровня которой после марафонского бега коррелировалось с показателями углеводного обмена, а большее снижение уровня PINP наблюдалось у неподготовленных бегунов, чем у профессионалов [179]. В других исследованиях повышение работоспособности связывали с участием остеокальцина в передаче сигнала миофибриллам, учитывая его задействованность в обмене глюкозы и жирных кислот [228]. Выявлено участие лептина в костном обмене: корреляция изменений его концентраций и уровня СТХ на фоне динамики веса (дзюдо) [237]. В велоспорте в соревновательном периоде снижение кортизола и тестостерона сочеталась с активацией остеорезорбции (TRACP) и приростом декарбоксилированного остеокальцина, связанного с повышением энергозатрат посредством изменения адипокинов [169]. В волейболе выявлена взаимосвязь показателей роста спортсмена и β -Cross laps [57, 69].

Приведенные литературные данные показывают изменение маркеров костного ремоделирования в процессе нагрузок у физически активных лиц, спортсменов-любителей и профессиональных спортсменов, выраженность которых зависит от интенсивности и длительности нагрузки и носит отсроченный характер. У профессиональных спортсменов преобладают процессы остеорезорбции, а уровень остеокальцина соотносится с энергообменом.

Таким образом, маркеры костного метаболизма, а именно показатели фосфорно-кальциевого обмена и костного ремоделирования, могут быть применимы с целью определения направленности процессов адаптации к физической нагрузке и оценки работоспособности спортсменов.

По данным отечественной и зарубежной литературы есть разрозненная информация о взаимосвязи МПКТ и активности эндокринных желез без учета маркеров костного ремоделирования. Сравнение активности эндокринных желез и МПКТ двух специализаций (борцы и легкоатлеты) с группой нетренированных лиц выявило: уровень МПКТ по данным DXA различался у легкоатлетов по сравнению группой контроля, что соотносилось с изменением активности эндокринных желез у спортсменов, тренирующихся в разных режимах [4, 91, 151].

Положительное влияние физической нагрузки на МПКТ у молодых элитных футболистов по сравнению с общей популяцией сочеталось с достоверными различиями в маркерах синтеза кости: соотношение ОС/СТХ без различия в уровнях СТХ с положительной корреляцией между ВАР, ОС и общей мышечной массой ($p < 0,05$) у футболистов [178]. В другом исследовании футболистов ($22,6 \pm 4,2$ лет) более высокие показатели МПКТ (КУЗД) сочетались с повышенным уровнем ирисина ($p < 0,05$) без динамики других маркеров ремоделирования [191].

Большая МПКТ у женщин-представителей волейбола и баскетбола по сравнению с пловцами сочеталась с более высоким уровнем остеосинтеза (ОС) без различий в резорбции [269]. У гребцов повышение МПКТ в руках соотносилось с ростом остеокальцина, ИФР-1 после 6 месяцев тренировок [175].

В других исследованиях проводилась оценка МПКТ и маркеров костного ремоделирования без учета изменения работы эндокринных желез под действием

нагрузки за исключением ПТГ. У марафонцев меньший уровень МПКТ по сравнению с нетренированными лицами сочетался с повышением остеорезорбции (NTX) при последующей активации синтеза [210]. У велосипедистов снижение МПКТ сочеталось с ростом резорбции (СТХ) и ПТГ со снижением кальция крови вовремя марафона, а прием добавок кальция уменьшал прирост ПТГ [159].

У представителей триатлона – мужчины в возрасте 18–20 лет после 32-недельной тренировки прирост МПКТ по данным DXA сопровождался снижением ВАР ($p=0,031$) без изменения других маркеров ремоделирования (ОС, u СТХ) и гормонов (тестостерон, ПТГ, IGFBP-3 и кортизол), но с приростом $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ на 18,3% и ИФР-1 на 29% [183]. У женщин-спринтеров (поздний подростковый возраст) повышение уровня МПКТ (DXA) через год сезона трека сочеталось с ростом масса тела и снижением маркеров остеосинтеза и резорбции [176].

У спортсменов-любителей выявлено снижение уровня МПКТ по данным DXA при контроле через 8 месяцев от момента выполнения 9-недельных тренировок только у лиц с генетическим полиморфизмом генов, ответственных за костные белки (гены рецепторов *VDR*, *CALCR*, *Colla1*). Остеопения у спортсменов ($22,7\pm 4,1$ лет) сочеталась со следующими особенностями в ходе тренировки: прирост уровней ПТГ, β -Cross laps, СТГ, пролактина, кортизола, тестостерона, остеокальцина и снижение кальцитонина, кальция, фосфора, P1NP и индексов остеокальцин/ β -Cross laps и P1NP/ β -Cross laps [9, 98]. Анализ полиморфизма гена *VDR* может помочь в оценке риска развития нарушений МПКТ у спортсменов [36, 105]. У ветеранов спорта ниже риск переломов, ассоциированных с остеопорозом, у спортсменов единоборств и тяжелой атлетики, чем в циклических и скоростно-силовых видах спорта, что связано с большими уровнями витамина D, тестостерона и ИМТ в силовых специализациях [63].

Таким образом, на основании совместного изучения активности эндокринных желез, регулирующих остеосинтез и резорбцию, и анализа маркеров ремоделирования кости и фосфорно-кальциевого обмена можно выделить группы, которым особенно необходимо проведение количественной оценки костной массы. На основании данной комплексной диагностики состояния костной ткани можно

выносить наиболее полное заключение о наличии либо отсутствии патологии костной ткани, провести профилактику и назначить соответствующее лечение под контролем маркеров костного ремоделирования, отражающих их эффективность.

Образ литературных данных показывает, что снижение МПКТ, приводящее к увеличению хрупкости костей и повышению риска их переломов – одна из ведущих проблем общей и спортивной медицины [15, 23, 68, 78, 120, 145, 208, 218, 224, 263, 270, 271]. Приведённые данные отечественных и зарубежных исследований по изучению причин снижения МПКТ, оценке показателей костного обмена и активности эндокринных желез, характеризующих направленность изучаемых процессов снижения массы кости, в том числе у спортсменов, свидетельствуют о значительном прогрессе в плане изучения данной проблематики. Вместе с тем, некоторые данные по изменению активности эндокринных желез в процессе напряженной мышечной деятельности у спортсменов, тренирующихся в различных биоэнергетических режимах, и влияние данных изменений на активность костного обмена, показатели которого могут выступать маркерами оценки скорости потерь массы кости, требуют уточнения, что открывает для специалистов в изучении данной проблемы новые рубежи для научной деятельности. В данной работе планируется выявить наиболее вероятные механизмы данных изменений. Кроме того, необходимо выделить рамки текущих изменений и определить, являются ли они индивидуальными или отражают специфическое влияние именно спортивной деятельности на показатели костного метаболизма. Изучение данных механизмов на этапах многолетнего цикла спортивной подготовки позволит выявить факторы риска потери костной массы у высококвалифицированных спортсменов с учетом этапов тренировочного процесса и разработать превентивные программы по профилактике развития остеопоротических изменений в спорте высших достижений.

ГЛАВА II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Методы исследования

Совокупность методов, использованных для решения поставленных задач, включает: теоретический анализ и обобщение данных отечественной и зарубежной литературы; антропометрию; денситометрию; лабораторные и статистические данные.

2.1.1. Антропометрия

Изучение антропометрических показателей включало определение длины тела (см), массы тела (кг). Для определения вес тела использовались напольные электронные медицинские весы с точностью до 50 грамм. Мышечная и жировая массы, лабильные компоненты массы тела, рассчитывались по теоретическим формулам J. Mateigka (1921 г.) в модификации НИИ Антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова (Н.Ю. Лутовинова, М.И. Уткина, В.П. Чтецов, 1970 г.) на основании измерений обхватных размеров сегментов конечностей (обхваты плеча, предплечья, бедра и голени) и 8 кожно-жировых складок на туловище и сегментах конечностей (кожно-жировые складки под нижним углом лопатки, на задней и передней поверхности плеча, на передней поверхности предплечья, на груди, на животе, на бедре и на голени) методом калиперометрии с применением калипера Ланге (Lange skinfold caliper, Cambridge, Maryland) и использованием поверхности тела, рассчитанной по I. Issakson (1959 г.) [1, 84].

2.1.2. Инструментальные методы исследования

Известно, что состояние МПКТ, как интегральной характеристики костного обмена на тканевом уровне, находится под влиянием общих биологических закономерностей возрастного развития и половых различий [119, 120]. Определение МПКТ проводилось методом КУЗД: поочередно на каждой нижней

конечности исследуемого в области пяточной кости на количественном ультразвуковом денситометре «Achilles Express» (Lunar, USA). Регистрировались два параметра ультразвуковой волны частотой от 200 до 600 кГц: скорость распространения (speed of sound, SOS) и её широкополосное рассеивание или затухание (broadband ultrasound attenuation, BUA) в кости, которые отражают эластичность, плотность и жесткость кости. BUA – плоскостной параметр плотности объекта, который описывает рассеивание, полученное в цилиндрическом образце кости известной плотности, но неизвестной толщины [14, 120]. Показатели SOS достаточно высоко соотносятся с данными, полученными с помощью DXA, отражая степень прочности кости [164, 214]. Для оценки МПКТ спортсмена усаживают на стул напротив прибора, ультразвуковой гель наносят на область пяточной кости и обе мембраны денситометра толщиной не менее 1 мм, которую затем вставляют сверху вниз между мембранами прибора до касания пяткой поверхности позиционера. На экране денситометра при исследовании отображаются: текущий статус измерения (режим, время) и текущие ультразвуковые волны. Полученные данные обрабатываются компьютерной программой с получением расчётных показателей: величина плотности (stiffness) в процентах от нормативных показателей для данного возраста и пола и от пиковой массы кости (за 100% принимается среднепопуляционный пиковый уровень минеральной плотности кости) и величина среднего отклонения от этих параметров [14, 120]. Оценка МПКТ по рекомендации ВОЗ проводится относительно нормы по двум показателям: пиковой норме (для данного участка скелета – значение в 20–29 лет) костной ткани (Т-критерий) и возрастной норме (Z-критерий). Результат по Т-критерию представляется в процентах от соответствующей нормы и в единицах стандартных отклонений (SD): норма – значения МПКТ в пределах 87,1–113% или ± 1 SD; снижение МПКТ в пределах 87–68% или от -1 до -2,5 SD – остеопения; менее 68% или снижение более чем на 2,5 SD – остеопороз [46, 78, 138, 145].

Прибор «Achilles Express» (Lunar, USA) не содержит Z-шкалы для мужчин, поэтому использовалась только Т-шкала. МПКТ определялась в области правой и левой пяточной кости исследуемого. МПКТ средняя рассчитывалась как среднее

арифметическое по формуле: (МППК правая + МППК левая) : 2. Всего проведено около 171 денситометрических человекоизмерений.

2.1.3. Лабораторные методы исследования

Биохимические исследования проводились в ООО «Научном центре ЭФиС» в рамках выполнения программ научно-методического обеспечения подготовки спортсменов. Биохимические показатели обмена веществ, характеризующие липидный, белковый, углеводов и водно-электролитный обмены, эритропоз (аланинаминотрансфераза, аспаратаминотрасфераза, креатинин, мочевина, глюкоза, билирубин общий и прямой, общий белок, эритропоэтин, калий, натрий, креатинфосфокиназа, холестерин), фосфорно-кальциевого обмена (кальций ионизированный и общий, фосфор, магний), активности эндокринных желез (кортизол, тестостерон общий и свободный, глобулин, связывающий половые гормоны, дигидротестостерон, инсулин, С-пептид, СТГ, пролактин, ТТГ, тироксин свободный, альдостерон), гормонов-регуляторов фосфорно-кальциевого обмена (ПТГ, кальцитонин) и костного ремоделирования (остеокальцин, ОЩФ, β -Cross laps) определялась в сыворотки крови (Таблица 2). Концентрации изучаемых в исследовании показателей определялись с использованием биохимических методов, электрохемилюминесцентного, который в основном применялся для определения гормональных показателей и маркеров костного обмена, и иммуноферментного методов анализа с применением следующий автоматических анализаторов: EXPRESS-PLUS, США, CIBA-CORNING, США, ELECSYS 1010 фирмы ROCHE, Швейцария. Кровь для исследования забиралась в пробирки типа «вакутейнер». Всего проведено около 3429 биохимических измерений.

В исследовании определялись следующие расчётные показатели: соотношение общий тестостерон/кортизол (Т/К) или индекс анаболизма (ИА) и индекс массы тела (ИМТ). Соотношение Т/К определялось по формуле: (общий тестостерон в нмоль/л : кортизол в нмоль/л) x 100% [72, 155]. Индекс анаболизма в норме составляет более 3 % [72, 155]. ИМТ рассчитывался по формуле: масса тела

в кг, деленная рост в метрах, возведенных в квадрат ($\text{кг}/\text{м}^2$), где согласно ВОЗ нормальная масса тела имеет ИМТ, равный 18,5–24,9 $\text{кг}/\text{м}^2$, избыточная – 25,0–29,9 $\text{кг}/\text{м}^2$, дефицит – менее 18,5 $\text{кг}/\text{м}^2$, ожирение от 30,0 $\text{кг}/\text{м}^2$ и выше [17, 47]. Соотношение остеокальцин/Остеокальцин/ β -Cross laps определялось на формуле: остеокальцин в нг/мл : β -Cross laps в нг/мл. Соотношение кортизол/инсулин рассчитывалось согласно формуле: кортизол в нмоль/л : инсулин в мкЕд/мл.

Таблица 2 – Определяемые в исследовании биохимические показатели

Биохимический показатель		
Костный метаболизм: фосфорно-кальциевый обмен и его гормоны-регуляторы, костное ремоделирование	Активность эндокринных желез	Обмен веществ: липидный, белковый, углеводов и водно-электролитный обмены, эритропоэз
Ионизированный кальций (1,05–1,30 ммоль/л) Общий кальций (2,02–2,65 ммоль/л) Фосфор (0,80–1,61 ммоль/л) Магний (0,65–1,05 ммоль/л) Остеокальцин (11–43 нг/мл) Щелочная фосфатаза общая (до 117 Ед/л) β -Cross laps (до 0,58 нг/мл) Остеокальцин/ β -Cross laps (18,9–74,1) Паратиреоидный гормон (8–74 пг/мл) Кальцитонин (< 28 пг/мл)	Кортизол (150–770 нмоль/л) Общий тестостерон/кортизол (>3 %) Глобулин, связывающий половые гормоны (13–71 нмоль/л) Дигидротестостерон (250–990 пг/мл) Пролактин (64–650 мЕд/мл) Альдостерон (35–350 пг/мл) Тестостерон свободный (8,7–54,7 пмоль/л) Тестостерон общий (9,0–42,0 нмоль/л) С-пептид (0,15–1,3 нмоль/л) Инсулин (3–24 мкЕд/мл) Тиреотропный гормон (0,4–4,0 мкЕд/мл) Тироксин свободный (10,3–24,5 пмоль/л) Соматотропный гормон (0,06–10 нг/мл)	Креатинин (62–97 мкмоль/л) Креатинфосфокиназа (25–200 Ед/л) Натрий (135–155 ммоль/л) Аланинаминотрансфераза (5–40 Ед/л) Аспаргатаминотрасфераза (5–40 Ед/л) Билирубин прямой (до 0,5 мг%) Эритропоэтин (6,0–34,0 мкЕд/мл) Билирубин общий (0,5–1,2 мг%) Холестерин (3,1–5,2 ммоль/л) Калий (3,7–5,3 ммоль/л) Глюкоза (3,9–6,4 ммоль/л) Мочевина (2,5–7,5 ммоль/л) Общий белок (6,4–8,6 мг%)
Примечание – в скобках указаны референсные значения и единицы измерения показателя		

2.2. Организация и материалы 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 рамках научно-методического обеспечения подготовки спортсменов сборных команд страны и их ближайшего резерва (по программам этапного комплексного и текущего обследования).

Изучение метаболизма гормонов, регулирующих костный обмен, и костного метаболизма базировалось на спортсменах мужского пола, поскольку морфологические, физиологическое, гормональные и психологические особенности мужчин определяют более высокие физические способности и, соответственно, большую спортивную результативность, максимально соответствующую модели спортивной деятельности [60, 84, 254].

В качестве модели исследования выбраны спортсмены трех специализаций: академическая гребля, велотрек и велошоссе, что определялось двумя позициями. Во-первых, ограничение гравитационная нагрузка на осевые звенья скелета в соответствии с особенностями биомеханики основного соревновательного упражнения во всех рассматриваемых специализациях является фактором риска снижения минеральной плотности кости в спорте [106, 138, 168, 177, 209, 230, 257]. Во-вторых, физиологические различия в выполнении основного соревновательного упражнения: велотрек – максимальная-субмаксимальная зона мощности, приоритетные механизмы энергообеспечения – анаэробные алактатно-лактатные; академическая гребля – субмаксимальная-большая зона мощности, механизмы энергообеспечения – аэробные (80%) и анаэробные; велошоссе – умеренная зона мощности, механизмы энергообеспечения – аэробные (более 95%) с большим объемом и длительностью тренировочных нагрузок, чем в велотреке и академической гребле [73, 116, 131].

В соответствии с поставленными задачами изучались спортсмены-мужчины, высокой спортивной квалификации: мастер спорта (мс), мастер спорта международного класса (мсмк), заслуженный мастер спорта (змс). Возраст, обследованных спортсменов и группы контроля, представленной мужчинами, не занимающимися спортом регулярно, составлял 20–28 лет (Таблица 3), как соответствующий пику формирования костной массы [78].

Таблица 3 – Основные характеристики выборки

Показатель	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, p (критерий Манна-Уитни)					
	Контроль, n=20	Вид спорта								
		Академическая гребля, n=40	Велотрек, n=23	Веложоссе, n=20						
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]						
	I	II	III	IV	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV
Количество человек	20	40	23	20	---	---	---	---	---	---
Возраст, лет	21,5 [20,0;23,7]	21,0 [20,0;23,0]	21,0 [20,0;22,0]	21,0 [20,0;23,7]	0,885	0,138	0,788	0,083	0,789	0,282
Пол	мужской	Мужской	мужской	мужской	---	---	---	---	---	---
Уровень спортивной Квалификации	отсутствует	мс, мсмк, змс	мс, мсмк	мс, мсмк, змс	---	---	---	---	---	---
Стаж спортивной деятельности, лет	отсутствует	8,5 [7,0;11,0]	8,0 [6,0;12,0]	9,0 [7,0; 12,7]	---	---	---	0,891	0,352	0,412

мс – мастер спорта, мсмк – мастер спорта международного класса, змс – заслуженный мастер спорта

Согласно поставленным задачам, научное исследование было разделено на две части. Первая часть включала исследование спортсменов трех специализаций (велотрек, велошоссе, академическая гребля) и группы контроля. Группы тестировались однократно в начале подготовительного периода годичного цикла подготовки. Вторая часть затрагивала группу велотрека, которую обследовали в течение трех лет в начале подготовительного, в начале предсоревновательного и в начале соревновательного периодов двух циклов годичной подготовки. Протокол исследования одобрен этическим комитетом ФГБУ ФНЦ ВНИИФК.

В рамках углубленных медицинских обследований спортсменов и первичного обследования лиц из группы контроля путем оценки показателей активности эндокринных желез, маркеров костного ремоделирования, показателей фосфорно-кальциевого обмена, биохимических показателей обмена веществ (Таблица 2) исключались заболевания эндокринной системы по МКБ-10 (гипотиреоз, гипертиреоз, гиперпролактинемия, ожирение, заболевания надпочечников, заболевания гипофиза и другие). Всем обследуемым проводилось измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений с помощью автоматического тонометра для исключения артериальной гипертензии.

При сборе анамнеза в исследование не включались лица, получающие терапию глюкокортикоидами (системные и ингаляционные препараты) и другими препаратами, оказывающими влияние на фосфорно-кальциевый обмен (препараты тестостерона, эстрогенов, левотироксина, антиэстрогены, анаболические стероиды и другие), лица с хроническими заболеваниями, требующими регулярного приема лекарственных средств. Критерием исключения из исследования вне зависимости от его части также являлся прием медико-биологических средств коррекции, не оговоренных заранее, как для групп спортсменов, так и для группы контроля.

В первой части исследования обследовано 83 спортсмена (Таблица 3) высокой квалификации (от мс до змс) со стажем спортивной деятельности от 5 до 16 лет в возрасте от 20 до 28 лет. Тестирование представителей академической гребли (40 человек), велошоссе (20 человек), велотрека (23 человек) проводилось

однократно в рамках осуществления программы углубленного медицинского обследования в подготовительном периоде годового цикла подготовки.

Группа контроля состояла из 20 мужчин в возрасте от 20 до 28 лет, представленной сотрудниками института, где проводилось исследование, которые не занимались спортом систематически, что исключало наличие спортивного разряда или спортивного звания в настоящее время и/или ранее.

Учитывая, что спортсмены по рекомендации врача команды могли принимать те ли иные препараты, в исследование включались спортсмены, не получающие препараты солей кальция, магния и фосфора и холекальциферол в течение минимум 1 мес перед скрининговым обследованием в подготовительный период годового цикла подготовки. Данный критерий включения затрагивал и лиц контрольной группы.

Во второй части исследования из группы велотрека 16 человек обследовались в течение трех лет в рамках углубленного медицинского обследования в подготовительном, предсоревновательном и соревновательном периодах годового цикла подготовки. Критерием включения во вторую часть исследования аналогичны первой части исследования при соблюдении отсутствия изменений схем приема и доз получаемых препаратов солей кальция, магния, фосфора и холекальциферола за весь период наблюдения. Дозировки получаемых препаратов назначались врачом спортивной команды согласно методическим рекомендациям о рекомендуемых уровнях потребления пищевых и биологически активных веществ [118].

Всего проведено около 342 УЗИ-денситометрических обследований, определено 1013 показателей гормонального статуса, 913 показателей костного метаболизма и 1503 биохимических показателей.

2.3. Статистические методы анализа данных

Статистический анализ включал методы описательной статистики и оценку статистической значимости различий между изучаемыми группами

представителей спортивной субпопуляции (академическая гребля, велотрек, велошоссе) и группой лиц, не занимающихся спортом систематически. Проверка гипотезы нормальности распределения случайных величин проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка и построения гистограммы. Поскольку методы показали отсутствие нормального распределения признаков, то для описания исходных данных использовали медиану (Me), 25 и 75 процентиля (25%;75%).

Оценку статистической значимости различий между изучаемыми группами проводили с помощью непараметрических методов. Для сравнения двух связанных выборок применялся критерий Вилкоксона, а двух несвязанных – критерий Манна-Уитни. Признак считался статистически значимо различным при $p < 0,05$. Для сравнения трех (и более) независимых групп использовали критерий Краскел-Уоллиса, зависимых – критерий Фридмена. Признак считался статистически значимо различным при $p < 0,05$. При выполнении данного условия далее для независимых групп применялся критерий Манна-Уитни, а для зависимых – критерий Вилкоксона. С учетом поправки Бонферрони признак считался статистически значимо различным при $p < 0,05/\alpha$, где α – количество рассматриваемых гипотез.

Оценка корреляции двух количественных параметров проводилась непараметрическим методом ранговой корреляции по Спирмену (r). Корреляция считалась статистически значимо достоверной при $p < 0,05$. При этом $|r| \leq 0,3$ определял корреляцию как слабую, $0,3 < |r| \leq 0,5$ – умеренную, $0,5 < |r| \leq 0,7$ – заметную, а $|r| > 0,7$ – высокую.

Факторная структура взаимосвязи показателей МПКТ и нейрогуморального статуса у представителей академической гребли получена с помощью методов факторного анализа. С целью статистической обработки данных использовалась программа IBM SPSS Statistics 23 for Windows. Для наглядного представления полученных результатов применялись таблицы и графики в «MS Office Excel 2010» [39, 52, 76].

ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате диссертационной работы были проанализированы морфологические характеристики спортсменов высокой квалификации трех видов спорта (академическая гребля, велотрек и велошоссе), показатели костного обмена, включая МПКТ методом КУЗД, и активность эндокринных желез в том числе в течение трех лет у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки, что позволили выделить приоритетные маркеры риска нарушения костного метаболизма как предиктора снижения костной массы в спорте высших достижений с учетом периодов тренировочного процесса. Результаты исследования применены для усовершенствования медико-биологического контроля с целью формирования групп риска развития остеопении среди спортсменов для проведения своевременных профилактических мероприятий, направленных на поддержания качества кости и снижения травматизма в спорте.

3.1. Морфологические характеристики спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в академической гребле и велосипедном спорте в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Результаты исследования морфологических характеристик представителей изучаемых видов спорта (Таблица 4) показывают, что спортсмены различаются тотальными размерами тела: гребцы характеризуются значимыми максимальными значениями длины и массы тела, представители велошоссе – минимальными в ряду рассматриваемых специализаций ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно) при промежуточных значениях у спортсменов велотрека ($p < 0,001$ и $p = 0,003$, соответственно, $p = 0,009$ и $p < 0,001$, соответственно). Абсолютные показатели мышечной массы достоверно отличаются у представителей спортивных специализаций при максимальных значениях в группе академической гребли ($p = 0,006$ и $p < 0,001$, соответственно), имеют промежуточные значения в велотреке ($p = 0,006$), и минимальных в велошоссе ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно).

Таблица 4 – Основные морфологические характеристики спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в академической гребле и велосипедном спорте в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, р (критерий Манна-Уитни)					
	Контроль, n=20	Вид спорта								
		Академическая гребля, n=40	Велотрек, n=23	Велошоссе, n=20						
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV
I	II	III	IV							
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
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
ИМТ, кг/м ²	25,7 [24,6;27,5]	24,3 [23,3;25,2]	24,3 [23,5;26,6]	23,5 [22,8;23,9]	0,006	0,027	<0,001	0,803	0,002	0,011
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

ИМТ – индекс массы тела, кг – килограмм, м – метр, см – сантиметр

Жировая масса (кг) и ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$) распределяются схожим образом, имея сопоставимые величины в группах гребли и велотрека ($p=0,071$ и $p=0,803$, соответственно) и минимальные значения в группе велошоссе ($p<0,001$ и $p=0,004$, соответственно, $p=0,002$ и $p=0,011$, соответственно). Относительное содержание мышечного и жирового компонентов состава массы тела – их процентный уровень не выявляет статистически значимых различий между спортсменами выбранных специализаций, возрастая в ряду велошоссе – гребля – велотрек ($p=0,364$, $p=0,053$, $p=0,272$, соответственно), указывая их сопоставимых уровень общей физической подготовленности, достоверно отличаясь, совместно с ИМТ, от группы контроля ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$, соответственно, и $p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$, соответственно), значения которого в группе контроля: $25,7$ [$24,6;27,5$] $\text{кг}/\text{м}^2$ ($p<0,001$, $p=0,006$, $p=0,027$, соответственно) соответствует избытку массы тела [17].

Данные морфологического исследования спортсменов свидетельствуют, что рассматриваемые группы спортсменов соответствуют моделям видовой специфики и имеют близкий уровень подготовленности независимо от спортивной специализации, являясь адекватной моделью исследования специфических взаимосвязей разноуровневых параметров функциональной системы.

3.2. Гормональная регуляция и особенности костного метаболизма у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки

3.2.1. Состояние минеральной плотности пяточной кости у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Сравнительный анализ спортсменов исследованных специализаций показывает, что всем группам свойственен нормальный уровень МППК, соответствующий пиковой массе кости, однако спортсмены из группы велошоссе отличаются большим уровнем МППК ($114,7$ [$93,6;128,6$] %) среди изучаемых видов

спорта, соотносящейся с высоким уровнем по классификации ВОЗ, тогда как спортсменов академической гребли и велотрека характеризуются более близкими значениями МППК: 99,2 [85,7;114,6] % и 97,0 [90,0;110,0] %, соответственно ($p=0,819$) и более низкими по сравнению с группой велошоссе ($p=0,045$ и $p=0,037$, соответственно) с тенденцией к снижению относительно нормы (87,1–113%) среди выбранных видов спорта с ограничением гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета (Таблица 5). Группа контроля, представленной лицами, не занимающимися спортом систематически, занимает промежуточное положение по уровню МППК между группами велошоссе и академической гребли с отсутствием статистически значимых различий с представителями всех, изучаемых в исследовании видов спорта с ограничением гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета: гребля, велотрек и велошоссе ($p=0,452$, $p=0,408$, $p=0,120$, соответственно). Рассмотрение значений МППК для правой и левой ног (Таблица 5) отдельно не выявляет достоверных различий по уровню МППК, измеренному в области правой и левой пяточной кости, в каждой из изучаемых групп спортсменов и в группе контроля (критерий Манна-Уитни $p>0,05$), однако показывает наличие тенденций к более высоким значениям МППК в области левой пяточной кости у представителей велотрека и академической гребли, и, напротив, в области правой – спортсменов, специализирующихся в велошоссе. Выявленные особенности соотношения МППК демонстрируют дифференциальное влияние видовой специфики, в частности, симметрично-асимметричной нагрузки или функциональных различий при выполнении основного соревновательного упражнения, демонстрируя, вероятно, также наиболее нагруженную конечность с повышенным фактором риска снижения МПКТ. Следует отметить, что выявлены статистически значимые отличия по уровню МПКТ именно для правой стопы, который схож для спортсменов гребли и велотрека ($p=0,705$) и ниже по сравнению с представителями велошоссе и статистически значимо для спортсменов велотрека ($p=0,017$ и $p=0,014$, соответственно).

Таблица 5 – Характеристики минеральной плотности пяточной кости спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в академической гребле и велосипедном спорте в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, p (критерий Манна-Уитни)					
	Контроль, n=20	Вид спорта								
		Академическая гребля, n=40	Велотрек, n=23	Веложоссе, n=20						
		медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]					
I	II	III	IV	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV	
1 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
2 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
3 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
p 2-3 (критерий Манна-Уитни)	0,520	0,535	0,684	0,604						
МППК – минеральная плотность пяточной кости										

Анализ распределения категорий состояния МПКТ в соответствии с классификацией ВОЗ при дополнительном разделении категории нормы на нижнюю и верхнюю границу выявляет определенные различия среди изучаемых групп. В качестве исходного можно отметить полное отсутствие категории остеопороз (МПКТ < 68%) во всех рассмотренных спортивных специализациях и у лиц, не занимающихся спортом регулярно. В то же время остеопения (МПКТ 68–87%) отмечается во всех группах: в академической гребле – 30%, в велотреке – 17,4%, в велошоссе – 10%, в группе контроля – 10%. Нижняя граница нормы МППК (МПКТ 87,1–100%), как фактор риска, напротив, представлена у представителей велотрека в количестве 34,8%, в группе гребцов – 20% и велошоссе – в 25%, в группе контроля – 30% случаев. Частота встречаемости категории «верхняя граница нормы» МППК (МПКТ 100,1–113%): в группе контроля – в 35%, в группах велотрека и академической гребли – 30,4% и 22,5%, соответственно, у представителей велошоссе – 15%. Частота категории «высокий уровень» МППК (МПКТ > 113%) представлено в группе велошоссе в размере – 50% случаев, в группах академической гребли и контроля – 27,5% и 25%, соответственно) и у представителей велотрека – 17,4%. Представленный анализ распределения МППК по категориям минеральной плотности кости и данные по уровню МППК у представителей спортивных специализаций в целом соотносится с ранее известными данными [138].

Таким образом, у спортсменов, изучаемых видов спорта, уровень МППК не одинаков и отражает особенности энергообеспечения основного тренировочного упражнения и симметричность нагрузки по стопы: минимальные величины МППК характерны для велотрека и гребли, тренирующихся в максимальной-субмаксимальной и субмаксимальной-большой зонах мощности, соответственно; максимальные – для велошоссе, работающих в умеренной зоне мощности, который статистически значимо выше у представителей велошоссе по сравнению со спортсменами велотрека по уровню МППК для правой стопы ($p=0,014$).

3.2.2. Характеристики показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма и биохимических показателей обмена веществ у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Известно, что изменения биохимических показателей обмена веществ и костного обмена взаимосвязаны процессами адаптации эндокринной системы спортсмена к воздействию тренировочного фактора и отражают кумулятивный эффект тренировочного процесса [24, 64, 73, 123, 131]. В связи с этим, учитывая цели и задачи исследования, рассматривались биохимические показатели обмена веществ, костного обмена, маркеры функциональной активности эндокринных желез, у представителей академической гребли, велотрека и велошоссе на подготовительном этапе (2-ой учебно-тренировочный сбор годичного цикла подготовки), которые имеют важное значения для повышения спортивной результативности: полное восстановление организма способствует работоспособности и развитию тренированности, а частичное – при новых нагрузках формирует хроническое истощение [64].

Анализ маркеров костного ремоделирования показывает, что изучаемые группы спортсменов существенно различаются между собой по активности резорбции и формирования костной ткани (Таблица 6).

Концентрация ведущего маркера остеорезорбции – β -Cross laps минимальна в группе велошоссе, находясь в рамках референса до 0,58 нг/мл, и сопоставима с группой контроля ($p=0,278$), напротив, максимальна в группе велотрекам, превышая верхнюю границу нормы и сопоставима со спортсменами академической гребли ($p=0,965$), так же превышая физиологические значения. Различия между группой велошоссе и двумя другими группами спортсменов, гребля и велотрек, определялись статистически значимыми ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), что характерно и для группы контроля ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно).

Таблица 6 – Характеристики костного метаболизма и активности эндокринных желез у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, p (критерий Манна-Уитни)					
	Контроль, n=20	Виды спорта								
		Академическая гребля, n=40	Велотрек, n=23	Велошоссе, n=20						
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV
Остеокальцин	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	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
Остеокальцин/ β-Cross laps	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
ПТГ	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
ТТГ	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
Свободный Т4	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
Кортизол	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
ОТ	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
Т /К	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
СТГ	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
Инсулин	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

Продолжение таблицы 6

Показатель	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, p (критерий Манна-Уитни)								
	Контроль, n=20	Вид спорта											
		Академическая гребля, n=40	Велотрек, n=23	Велошоссе, n=20	I	II	III	IV	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV
С-пептид	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	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	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			
ОЩФ	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			
Кальций общий	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			
Кальций ионизированный	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	0,81 [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	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			

ОТ – общий тестостерон, ОЩФ – общая щелочная фосфатаза, ПТГ – паратиреоидный гормон, ТТГ – тиреотропный гормон, Т4 – тироксин, Т/К – соотношение общий тестостерон/кортизол, СТГ – соматотропный гормон

Показатели остеокальцина, ведущего маркера синтеза костной ткани, обнаруживают схожую вариабельность и распределение, как и β -Cross laps, среди всех изучаемых групп, секреция которого в изучаемых видах спорта превышает физиологическую норму (11–43 нг/мл). Наибольшая активность остеокальцина наблюдается в группе велотрека по сравнению с группами академической гребли ($p=0,043$) и велошоссе ($p<0,001$) при более равных значениях данного показателя в двух последних специализациях ($p=0,098$). Для группы контроля характерен статистически значимо более низкий в пределах референсных значений уровень остеокальцина по сравнению со спортсменами: академическая гребля, велотрек и велошоссе ($p<0,001$, $p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно).

Оценить баланс между процессами остеорезорбции и синтеза помогает соотношение остеокальцина к β -Cross laps. Соотношение остеокальцин/ β -Cross laps, находясь в пределах референсного диапазона (18,9–74,1), свидетельствует о преобладании остеорезорбции в группах, работающих в диапазоне максимальная-субмаксимальная и субмаксимальная-большая зона мощности: велотрек и академическая гребля ($p=0,116$), и о статистически значимом превалировании процессов костного синтеза в группе велошоссе ($p=0,006$ и $p<0,001$, соответственно), тренирующихся в зоне умеренной мощности, что, как и уровень β -Cross laps, прямо соотносится со значениями МППК в рассматриваемых специализациях. В группе контроля значения соотношения остеокальцин/ β -Cross laps близки по уровню к группам велотрека и академической гребли ($p=0,286$ и $p=0,190$, соответственно) и достоверно ниже, чем в группе велошоссе ($p<0,001$).

Уровень ОЦФ соответствует физиологической норме (до 117 Ед/л) во всех исследуемых группах, не имея статистически значимых различий при распределении по группам спортсменов, но соотносится с распределением другого маркера синтеза кости – остеокальцина. Уровень ОЦФ в группе контроля статистически значимо ниже, чем в изучаемых видах спорта: гребля, велотрек и велошоссе ($p=0,001$, $p<0,001$, $p=0,01$, соответственно).

Таким образом, представители изучаемых спортивных специализаций характеризуются высокой скоростью костного ремоделирования: маркеры

костного ремоделирования превышают верхнюю границу референсных значений для остеокальцина у всех представителей изучаемых видов спорта и для β -Cross laps у представителей видов спорта, тренирующихся в максимальной-субмаксимальной и субмаксимальной-большой зонах мощности, что может выступать фактором риска снижения МПКТ у спортсменов. Отличия группы контроля со спортсменами связаны в большей мере с активностью костного синтеза, отраженного в уровнях остеокальцина и ОЩФ.

Вместе с тем, тиреоидные гормоны – уровень свободный тироксин (св. Т4), соответствующего нормальным значениям (10,3–24,5 пмоль/л), различается при распределении по всем изучаемым группам спортивных специализаций. Тем не менее, более высокие уровни св. Т4 отмечаются в группах спортсменов с повышенной костной резорбцией и меньшими значениями МППК – велотрек и академическая гребля ($p=0,020$), а статистически значимо минимальны – в группе велошоссе ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно) с преобладанием остеосинтеза: достоверно максимальные значения соотношения остеокальцин/ β -Cross laps по сравнению с двумя другими группами спортсменов ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), что, возможно, указывает на связь остеорезорбции с функцией щитовидной железы у высококвалифицированных спортсменов. В группе контроля уровень св. Т4 сопоставим со значениями у спортсменов велотрека ($p=1,000$) и достоверно максимален по сравнению группами академической гребли и велотрека ($p=0,030$ и $p<0,001$, соответственно).

Показатели ТТГ, регулирующего функцию щитовидной железы [47] и соответствующего физиологической норме (0,4–4,0 мкЕд/мл), практически полностью соотносятся распределением уровня тироксина в плазме крови по группам, убывая в ряду гребля – контроль – велотрек – велошоссе при статистически значимо максимальных значениях в группе контроля и гребли по сравнению с группой велошоссе, для его уровня минимальны ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), что указывает на несколько большую активацию гипофизарно-щитовидной оси в группах гребли и контроля по сравнению с велошоссе.

Показатели СТГ, оставаясь в рамках физиологической нормы (0,06–10 нг/мл), у спортсменов статистически значимо максимален в группе велошоссе по сравнению с представителями велотрека и академической гребли ($p=0,004$ и $p=0,01$, соответственно), где значения СТГ сопоставимы по уровню ($p=0,232$), что указывает на большую активность соматотропной функции гипофиза у в группе велошоссе, для которых показатели костной резорбции (β -Cross laps) минимальны по сравнению с представителями других специализаций. В группе контроля показатели СТГ сопоставимы по значениям к группе академической гребли ($p=0,655$), статистически значимо отличаясь от показателей представителей велоспорта ($p=0,046$ и $p=0,016$ для велотрека и велошоссе, соответственно).

Уровень пролактина, как одного из показателей стрессовой активности, соответствует референсным значениям по всех изучаемых группах (64–650 мЕд/мл). У спортсменов он достоверно минимален в группе велошоссе по сравнению с группами велотрека и академической гребли ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), где пролактин сопоставим ($p=0,072$) и соотносятся с более высокими уровнями β -Cross laps по сравнению с велошоссе. В группе контроля уровень пролактина достоверно выше по сравнению с представителями спортивной субпопуляции: академическая гребля, велотрек, велошоссе ($p<0,001$, $p=0,001$, $p<0,001$, соответственно).

Показатели тестостероновой и глюкокортикоидной активности эндокринных желез, выступая маркерами адаптации к тренировочному воздействию и оказывая влияние на костный метаболизм, так же отображают специфику спортивной деятельности. Уровень кортизола в сыворотке соответствует референсным значениям (150–770 нмоль/л) во всех изучаемых группах. Однако максимальные и схожие значения отмечаются в группах видов спорта, тренирующихся в максимальной-субмаксимальной и субмаксимальной-большой зонах мощности: велотрек и академическая гребля ($p=0,503$) при более статистически значимо низких уровнях у спортсменов велошоссе, занимающихся в зоне умеренной мощности, по сравнению с группой гребцов-академистов ($p=0,012$). Уровень кортизола в группе контроля статистически значимо не отличается от всех изучаемых

групп спортивных специализаций. Уровень ОТ варьирует в рамках физиологической нормы (9,0–42,0 нмоль/л): статистически значимо выше в группах академической гребли и велотрека ($p=0,067$) по сравнению с группой велошоссе ($p<0,001$ и $p=0,012$, соответственно). В контрольной группе концентрация ОТ статистически значимо выше по сравнению со спортсменами: академическая гребля, велотрек, велошоссе ($p=0,003$, $p=0,033$, $p<0,001$), отражая большой уровень физической активности в спорте по сравнению с лицами, не занимающимися регулярно физическими нагрузками. Баланс анаболическо-катаболической активности (соотношение Т/К) достоверно минимален в группе велошоссе по сравнению с академической греблей ($p=0,006$) и сопоставим с группой велотрека ($p=0,144$ и $p=0,521$, соответственно), отражая отсутствие перетренированности во всех группах спортсменов [44, 72] и оставаясь в рамках нормы (>3). В группе контроля соотношение Т/К статистически значимо выше по сравнению со спортсменами: академическая гребля, велотрек, велошоссе ($p=0,004$, $p=0,027$, $p<0,001$, соответственно), отражая большой объем и интенсивность тренировочных нагрузок в спорте.

Показатели альдостерона – гормона высокой минералокортикоидной активности во всех изучаемых группах соответствуют физиологической норме (35–350 пг/мл) и статистически значимо выше и сопоставимы в группах академической гребли и велошоссе ($p=0,571$) по сравнению с представителями велотрека ($p<0,001$ и $p=0,005$, соответственно). В группе контроля уровень альдостерона схож к показателям группы велотрека ($p=0,211$) и статистически значимо ниже по сравнению с греблей и велошоссе ($p<0,001$ и $p=0,002$, соответственно), отражая особенности водно-солевого обмена в каждой из изучаемых групп.

Инсулин, находясь в рамках физиологической нормы (3–24 мкЕд/мл) по всех изучаемых группах, значимо не различается среди представителей спорта и при сравнении с группой контроля. Показатели С-пептида, соответствуя референсному интервалу (0,15–1,3 нмоль/л) и объективнее отражая эндогенную секрецию инсулина, чем определение инсулина в плазме крови [47], убывает в ряду

велошоссе – велотрек – контроль – гребля при статистически значимо минимальном уровне в группе гребли ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p = 0,045$, соответственно).

Таким образом, показатели работы нейроэндокринной системы во всех изучаемых в исследовании группах, соответствуя физиологической норме, отражают вместе с тем особенности процессов адаптации каждого из изучаемых видов спорта к напряженной мышечной деятельности с наибольшей выраженностью для показателей баланса липидного и углеводного обменов (СТГ, С-пептид), ответа организма на стрессовое воздействия (пролактин) и активности анаболических процессов (ОТ), водно-электролитного обмена (альдостерон) и функции щитовидной железы (св. Т4). Отличия спортсменов с группой контроля, затрагивают в большей мере показатели, отражающие реакцию организма на воздействие стресса и активность анаболических процессов и их соотношение с процессами катаболизма: пролактин, тестостерон, соотношение Т/К, указывая на высокую интенсивность напряженной мышечной деятельности и её большой объем у спортсменов, и, возможно, на активацию звеньев нейроэндокринной системы, направленных на поддержание уровня МПКТ в спорте.

Среди характеристик фосфорно-кальциевого обмена, большей частью близких в группах, занимающихся в максимальной-субмаксимальной и субмаксимальной-большой зонах мощности (велотрек и академическая гребля), тем не менее обнаруживаются некоторые особенности. В частности, уровень ионизированного кальция (Ca^{++}), соответствуя физиологической норме (1,05–1,30 ммоль/л) статистически значимо максимален в группе велотрека и минимален в группе велошоссе ($p = 0,003$) при промежуточных значениях для представителей академической гребли по сравнению с велотреком и велошоссе ($p = 0,013$ и $p = 0,016$, соответственно). Уровень Ca^{++} при распределении по группам изучаемых видов спорта соотносится с распределением ПТГ, повышающего уровень кальция в сыворотке крови [114], и β -Cross laps, и обратно коррелируется с уровнем МПКТ в группах изучаемых спортивных специализаций. Показатели Ca^{++} в группе контроля схожи с представителями велошоссе ($p = 0,831$) и значимо ниже по сравнению с группами гребли и велотрека ($p = 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно).

Уровень общего кальция распределяется по группам изучаемых спортивных специализаций, как и показатели Ca^{++} : значения схожи в группах велотрека и академической гребли ($p=0,753$) и статистически значимо больше, чем у представителей велошоссе ($p=0,001$ и $p=0,001$, соответственно). В группе контроля показатели общего кальция схожи со значениями спортсменов из группы велошоссе ($p=0,831$) и статистически значимо ниже, чем в двух других группах спортсменов – гребле и велотреке ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно).

Уровень магния, не выходя за рамки референсных значений (0,65–1,05 ммоль/л) по всех изучаемых группах, не выявляет достоверных различий при распределении среди спортсменов. Группа контроля (0,81 [0,71;0,84] ммоль/л) имела схожий уровень с представителями гребли и велотрека ($p=0,153$ и $p=0,404$) и достоверно ниже, чем у спортсменов в велошоссе ($p=0,002$).

Фосфор, находясь в пределах референсных значений (0,80–1,61 ммоль/л), статистически значимо выше и схож в видах спорта, ориентированных на развитие скоростно-силовых показателей и скоростно-силовой выносливости: велотрек и академическая гребля ($p=0,638$) по сравнению с представителями велошоссе ($p=0,003$ и $p=0,016$, соответственно), физические нагрузки которых отличаются большей длительностью при более низкой мощности работы (значимый приоритет аэробного энергообеспечения). Для группы контроля уровень фосфора сопоставим с показателями представителей велотрека ($p=0,310$) и статистически значимо выше по сравнению с группами гребли и велошоссе ($p=0,001$ и $p<0,001$, соответственно).

Отмечены сопоставимые и соответствующие физиологической норме (8–74 пг/мл) уровни гормона-регулятора фосфорно-кальциевого обмена – ПТГ у спортсменов, которые статистически значимо ниже в группе контроля по сравнению с представителями спорта ($p=0,009$, $p<0,001$ и $p=0,033$, соответственно).

Таким образом, показатели фосфорно-кальциевого обмена и их гормонов-регуляторов (ПТГ) в спортивной субпопуляции отражают особенности костного и энергетического обменов каждой спортивной специализации, направленность процессов восстановления после нагрузки при более избирательном маркировании активности резорбции кости среди изучаемых спортивных специализаций

показателями Ca^{++} . Большой уровень ПТГ у спортсменов по сравнению с контрольной группой, возможно, направлен на поддержание гиперкальциемии в рамках адаптации к повышенным нагрузкам за счет активации резорбции кости.

Анализ показателей характеристик белкового, углеводного, липидного и водно-электролитного обменов, эритропоэза и печеночных трансаминаз (Таблица 7) во всех группах показывает, что большинство показателей соответствует физиологической норме, за исключением уровней КФК у спортсменов велощоссе и гребли, а основные различия между представителями изучаемых спортивных специализаций ориентированы на характер текущего физического воздействия.

Аспаратаминотрансфераза (АСТ) и креатинфосфокиназа (КФК) достоверно выше в группе велощоссе по сравнению с группами велотрека ($p=0,001$ и $p=0,048$, соответственно) и гребли ($p=0,002$ и $p<0,001$, соответственно), и группы контроля для показателей АСТ ($p<0,001$), где статистически значимо более низкий уровень КФК по сравнению с представителями спорта: академическая гребля, велотрек и велощоссе ($p<0,001$, $p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно). Уровень аланинаминотрансферазы (АЛТ) значимо не различался среди спортсменов, но достоверно выше в группе контроля по сравнению с группой гребли ($p=0,023$). Уровень креатинина достоверно ниже в группе контроля по сравнению со спортсменами: гребля, велотрек и велощоссе ($p<0,001$, $p<0,001$ и $p=0,001$, соответственно), а в группе велощоссе по сравнению с группой велотрека ($p=0,003$) и сопоставим между группами гребли и велотрека ($p=0,146$ и $p=0,381$, соответственно). Уровень мочевины не различался у спортсменов, но достоверно ниже в группе контроля по сравнению с группой гребли ($p=0,004$).

В группе академической гребли большие уровни общего и прямого билирубина по сравнению с велоспортом: велотрек и велощоссе, статистически значимо для прямого билирубина в отношении обеих групп ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно). В группе контроля уровень общего билирубина значимо не различается со спортсменами, а уровень прямого билирубина сопоставим со значениями в группах велосипедистов – велотрек и велощоссе ($p=0,747$ и $p=0,907$), и статистически значимо ниже по сравнению с группой гребцов ($p<0,001$).

Таблица 7 – Характеристики белкового, липидного, углеводного и водно-электролитного обменов, эритропоза, печеночных трансаминаз у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Исследуемая группа / вид спорта				Достоверность различий, р (критерий Манна-Уитни)					
	Контроль, n=20	Виды спорта								
		Академическая гребля, n=40	Велотрек, n=23	Велошоссе, n=20						
		медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]					
I	II	III	IV	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV	
КФК	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
АЛТ	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	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
Креатинин	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	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
Общий белок	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
Глюкоза	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
Билирубин общий	0,64 [0,61;0,81]	0,80 [0,62;0,99]	0,67 [0,49;0,88]	0,64 [0,51;0,79]	0,130	0,421	0,582	0,069	0,038	0,786
Билирубин прямой	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
Холестерин	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
Эритропозтин	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

АЛТ - аланинаминотрансфераза, АСТ - аспаргатаминотрасфераза, КФК – креатинфосфокиназа

Показатели общего белка статистически значимо выше в группе академической гребли по сравнению с представителями велотрека и велошоссе ($p=0,003$ и $p<0,001$, соответственно) и статистически значимо выше в группе контроля по сравнению с группой велошоссе ($p=0,009$). Показатели холестерина статистически значимо выше у представителей велошоссе по сравнению с группами гребли и контроля ($p=0,001$ и $p=0,028$, соответственно); отмечено отсутствие значимых отличий у представителей велотрека со всеми изучаемыми в исследовании группами и у гребцов-академистов – с лицами, не занимающимися спортом регулярно. Показатели эритропоэтина тенденционно возрастают в ряду велотрек – гребля – велошоссе при статистически значимо более низком уровне данного показателя в группе контроля по сравнению с представителями гребли ($p=0,021$). Показатели глюкозы достоверно выше у спортсменов академической гребли по сравнению с группами велотрека, велошоссе и контроля ($p<0,001$, $p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно); а для группы велотрека – выше, чем в группе контроля ($p=0,031$).

Таким образом, биохимические показатели обмена веществ, отражающие текущее изменение углеводного, жирового, липидного и электролитного обменов, находятся в пределах референса во всех изучаемых в исследовании группах за исключением уровня КФК для большинства спортсменов, что наряду с уровнем креатинина, отражает высокую интенсивность мышечной деятельности спортивной субпопуляции по сравнению с лицами, не занимающимися спортом систематически. Большой уровень прямого билирубина у представителей академической гребли по сравнению другими группами, маркирует, вероятнее всего, наличие дискинезии желчных путей из-за механического фактора их пережатия, провоцируемого особенностями двигательного стереотипа.

3.2.3. Результаты корреляционного анализа характеристик показателей активности эндокринных желез и маркеров костного метаболизма у спортсменов различных специализации в подготовительном периоде годового цикла подготовки

С целью выявления наиболее информативных показателей, маркирующих особенности изменения показателей костного ремоделирования в подготовительном периоде среди представителей изучаемых спортивных специализаций проведен корреляционный анализ показателей активности эндокринных желез и маркеров костного ремоделирования (Таблица 8).

Анализ взаимосвязи показателей костного ремоделирования и нейрогуморального статуса у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде выявляет корреляции между уровнем ПТГ и показателем остеорезорбции – β -Cross laps, во всех изучаемых видах спорта: в гребле $r=0,339$, $p=0,032$, велотреке $r=0,524$, $p=0,037$) и велошоссе $r=0,654$, $p=0,015$, и дополнительно с остеокальцин/ β -Cross laps в велотреке ($r=-0,703$, $p=0,002$). Установлена взаимосвязь углеводного обмена (С-пептид) с показателями костного ремоделирования: с β -Cross laps у представителей гребли ($r=-0,367$, $p=0,020$), с остеокальцином и ОЩФ в группе велошоссе ($r=-0,570$, $p=0,042$ и $r=-0,565$, $p=0,035$, соответственно). Для группы велошоссе – показателей углеводного обмена глюкозы и остеокальцина: $r=-0,537$, $p=0,039$. У представителей академической гребли – маркеров резорбции и синтеза кости с показателями лабильных компонентов массы тела: абсолютные ЖМ и ММ с β -Cross laps ($r=0,344$, $p=0,030$ и $r=-0,394$, $p=0,012$, соответственно) и абсолютная ММ с остеокальцин/ β -Cross laps ($r=0,338$, $p=0,033$), что указывает на связь костного ремоделирования с жировым обменом, в частности, у представителей велотрека, учитывая корреляцию остеокальцин/ β -Cross laps с относительной ЖМ ($r=0,519$, $p=0,033$).

Таблица 8 – Взаимосвязь показателей костного ремоделирования и активности эндокринных желез у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Показатель/г			Активность эндокринных желез										
			ПТГ	ТТГ	Св. Т4	С-пептид	Инсулин	К	ОТ	Т/К	СТГ	Альдостерон	Пролактин
В И Д С П О Р Т А	Академическая гребля, n=40	Остеокальцин	0,101	0,151	-0,177	-0,298	0,024	-0,251	0,015	0,186	0,130	0,305	-0,238
		p	0,534	0,352	0,274	0,062	0,884	0,119	0,925	0,250	0,425	0,056	0,138
		β-Cross laps	0,339	0,153	-0,182	-0,367	0,052	-0,213	-0,125	0,078	0,032	0,202	-0,115
		p	0,032	0,347	0,261	0,020	0,749	0,188	0,441	0,631	0,845	0,212	0,480
		OC/β-Cross laps	-0,288	-0,026	0,048	0,222	-0,023	0,103	0,178	0,029	0,136	0,107	-0,143
		p	0,072	0,874	0,767	0,169	0,887	0,526	0,272	0,861	0,401	0,511	0,378
		ОЩФ	-0,063	-0,080	0,183	0,073	-0,057	0,289	-0,060	-0,229	0,353	0,064	0,068
	p	0,697	0,624	0,259	0,655	0,726	0,071	0,712	0,155	0,026	0,697	0,678	
	Велотрек, n=23	Остеокальцин	0,215	-0,194	0,276	0,125	0,256	0,051	0,027	-0,157	-0,172	-0,281	0,115
		p	0,425	0,456	0,300	0,657	0,321	0,844	0,918	0,548	0,524	0,311	0,672
		β-Cross laps	0,524	0,067	0,208	-0,164	0,362	0,084	0,430	0,291	0,035	0,018	-0,156
		p	0,037	0,800	0,439	0,558	0,153	0,749	0,085	0,258	0,899	0,950	0,563
		OC/β-Cross laps	-0,703	-0,194	-0,168	0,165	-0,256	-0,272	-0,603	-0,309	-0,058	-0,168	0,253
		p	0,002	0,456	0,535	0,558	0,321	0,291	0,010	0,228	0,830	0,549	0,345
		ОЩФ	0,324	-0,021	0,143	0,170	0,264	0,336	0,093	-0,328	-0,021	-0,086	0,029
	p	0,239	0,940	0,598	0,544	0,323	0,204	0,732	0,214	0,939	0,761	0,914	
	Велошоссе, n=20	Остеокальцин	0,220	-0,400	0,227	-0,570	-0,399	0,239	-0,004	0,014	0,198	-0,134	-0,082
		p	0,471	0,139	0,415	0,042	0,141	0,390	0,990	0,960	0,497	0,647	0,789
		β-Cross laps	0,654	-0,286	0,366	-0,176	-0,020	-0,057	-0,194	0,402	0,272	-0,142	-0,116
		p	0,015	0,302	0,180	0,564	0,944	0,841	0,489	0,137	0,346	0,629	0,705
		OC/β-Cross laps	-0,137	-0,159	0,050	-0,220	-0,229	0,366	0,311	-0,286	-0,064	-0,110	0,137
p		0,655	0,571	0,859	0,469	0,412	0,179	0,260	0,302	0,828	0,708	0,655	
ОЩФ		0,540	-0,383	0,661	-0,565	-0,395	0,399	0,057	-0,091	-0,117	-0,469	0,251	
p	0,057	0,143	0,005	0,035	0,130	0,126	0,833	0,736	0,677	0,091	0,409		

ПТГ – паратиреоидный гормон, ТТГ – тиреотропный гормон, ОТ – общий тестостерон, К – кортизол, Т/К – соотношение общий тестостерон/кортизол, СТГ соматотропный гормон, св. Т4 – свободный тироксин, ОС – остеокальцин, ОЩФ – общая щелочная фосфатаза p – статистическая значимость, r – Spearman correlation coefficient, p – достоверность

У спортсменов выявлена взаимосвязь костного ремоделирования с активностью эндокринных желез. В группе велотрека выявлена корреляция между остеокальцин/ β -Cross laps и концентрацией ОТ ($r=-0,603$, $p=0,010$), в группе академической гребли – между уровнями ОЩФ и СТГ ($r=0,353$, $p=0,026$). Корреляционный анализ отражает взаимосвязь показателей костной резорбции с уровнем ПТГ, более высокого в спортивной субпопуляции по сравнению с контрольной группой (Таблица 6), и демонстрирует взаимосвязь костного обмена с углеводным, который является частью энергетического обмена.

Сравнительный анализ рассматриваемых показателей активности эндокринных желез, регулирующих общий и костный обмены, а также направленность процессов адаптации к нагрузкам, маркеров костного метаболизма у представителей спортивных специализаций с ограничением гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета показывает, что исследуемые маркеры отражают особенности адаптации каждой из специализаций к напряженной мышечной деятельности. Данные процессы более наглядны в показателях работы щитовидной железы (св. Т4), показателях регуляции соотношения липидного и углеводного обменов (СТГ и С-пептид), ответе организма на стрессовое воздействия (пролактин), активности анаболических процессов (ОТ) и водно-электролитного обмена (альдостерон) с нарастанием скорости костного ремоделирования и ростом процессов резорбции по мере повышения доли участия анаэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения с задействованностью фосфорно-кальциевого обмена. Следовательно, с учетом имеющихся в литературе данных о нарастании тяжести травм ОДА с ростом спортивной квалификации [53] можно предположить, что долговременные изменения МПКТ у спортсменов в процессе профессиональной подготовки в конечном счете обязаны сформированной активности резорбтивных процессов. Для спортивной субпопуляции по сравнению с группой контроля характерна большая скорость костного обмена, которая с одной стороны взаимосвязана с показателями энергообмена, а с другой – направлена на активацию процессов восстановления кости у спортсменов в рамках адаптации скелета к напряженной

мышечной деятельности. Показатели активности эндокринных желез, костного ремоделирования, фосфорно-кальциевого обмена и биохимических показателей обмена веществ отражают влияние специализированной напряженной мышечной деятельности на изучаемые маркеры, характеризуя энергетический обмен, процессы восстановления, объем и интенсивность тренировочного воздействия в каждой специализации и отличия спортивной субпопуляции от общей популяции.

Таким образом, более полное раскрытие причинно-следственных связей показателей активности эндокринных желез и костного метаболизма в спортивной субпопуляции обуславливает необходимость рассмотрения взаимосвязей данных характеристик у спортсменов в зависимости от уровня МППК, для анализа которых выбрана наиболее многочисленная группа академической гребли, представленной 40 спортсменами.

3.3. Гормональная регуляция и особенности костного метаболизма у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

С целью выявления диагностически значимых маркеров изменения костного метаболизма с учетом показателей активности эндокринных желез, регулирующих костный обмен, и костного метаболизма с учетом показателей МППК проведено исследование комплекса изучаемых показателей в группе спортсменов академической гребли.

Представители этого вида спорта были разделены на группы по уровню минеральной плотности пяточной кости (Таблица 9): 1-я группа – показатели МППК от 68 до 87% (остеопения), 2-я группа – МППК от 87,1 до 113% (норма), 3-я группа – МППК более 113% (превышение нормы). Анализ выделенных групп спортсменов гребли показывает, что они в соответствии с дифференциацией статистически значимо различаются по уровню МППК (Таблица 9).

3.3.1. Морфологические характеристики спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости

Все группы спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК (Таблица 10) определяются сопоставимыми показателями массы тела ($p=0,126$, $p=0,758$ и $p=0,145$, соответственно) и абсолютного развития мышечной массы ($p=0,707$, $p=0,175$ и $p=0,066$, соответственно). Группа с уровнем МППК 68–87 % статистически значимо отличается от двух других групп (с нормальным и высоким уровнем МППК) содержанием лабильных компонентов массы тела: более низкое процентное содержание мышечной массы ($p=0,006$ и $p=0,006$, соответственно) и больший уровень (абсолютный и относительный) жировой массы ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно, $p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), что отражает более низкий уровень физической подготовленности спортсменов с МППК 68–87 %.

Таблица 9 – Показатели минеральной плотности костной ткани у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Показатель	Академическая гребля			Достоверность различий, p (критерий Манна-Уитни)		
	1-я группа, n=12	2-я группа, n=17	3-я группа, n=11			
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]			
	I	II	III	I-II	I-III	II-III
1 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
2 МППК (правая), %	81,0 [77,0;86,7]	100,0 [93,5;104,0]	123,0 [118,0;125,0]	<0,001	<0,001	<0,001
3 МППК (левая), %	84,5 [82,0;88,2]	102,0 [95,0;105,0]	124,0 [119,0;130,0]	<0,001	<0,001	<0,001
p 2-3 (критерий Манна-Уитни)	0,104	0,512	0,531	---		
МППК – минеральная плотность пяточной кости. 1-я группа – МППК 68-87 %, 2-я группа – МППК 87,1-113%, 3-я группа – МППК >113 %, p – достоверность различий						

Напротив, спортсмены с уровнями МППК 87,1–113 % и МППК >113 % характеризуются сопоставимым уровнем процентного содержания мышечного

(53,4 [52,7;55,4] % и 54,0 [52,7;54,6] %, соответственно, $p=0,906$) и жирового компонента (абсолютного 7,7 [5,2;8,3] кг и 7,9 [6,8;8,4] кг, соответственно, $p=0,423$, и относительного 8,4 [7,1;10,1] % и 8,7 [7,7;9,2] %, соответственно, $p=0,541$) состава массы тела, что указывает на их равный и больший уровень физической подготовленности по сравнению со спортсменами с МППК 68–87%.

Таблица 10 – Морфологические особенности у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Показатель	Академическая гребля			Достоверность различий, p (критерий Манна-Уитни)		
	1-я группа, n=12	2-я группа, n=17	3-я группа, n=11			
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]			
	I	II	III	I-II	I-III	II-III
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

МППК – минеральная плотность пяточной кости. 1-я группа – МППК 68-87 %, 2-я группа – МППК 87,1-113 %, 3-я группа – МППК >113 %, p – достоверность различий

3.3.2. Характеристики показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма и биохимических показателей обмена веществ у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Сопоставление показателей процессов костного ремоделирования, показывает, что статистически значимые различия между группами

представителей академической гребли с различным уровнем МППК отражаются в балансе процессов резорбции и синтеза кости (соотношение остеокальцин/ β -Cross laps) и ОЩФ с отсутствием статистически значимых различий в распределение значений остеокальцина по изучаемым группам, который выходит за пределы нормы (11-43 нг/мл) в группах гребцов-академистов с уровнем с МППК 68–87 % и МППК 87,1–113 % (Таблица 11).

Показатели ОЩФ в рамках референсных значений (до 117 Ед/л), как маркера синтеза костной ткани и наиболее чувствительный маркера ремоделирования кости при выполнении аэробных физических нагрузок [120, 168], статистически значимо максимальны в группе с МППК > 113 % по сравнению с группам академической гребли с МППК 68–87 % и МППК 87,1–113 % ($p=0,003$ и $p=0,016$ соответственно), которые сопоставимы по уровню данного показателя ($p=0,658$).

Концентрация β -Cross laps, превышая верхний референсный диапазон для всех групп спортсменов гребли (до 0,58 нг/мл), минимальна в группе с уровнем МППК >113 % по сравнению с двумя другими группами ($p=0,023$ и $p=0,034$), что отражается в статистически значимо больших значениях соотношения остеокальцин/ β -Cross laps по сравнению группами с МППК 68–87 % и МППК 87,1–113 % ($p=0,014$ и $p=0,006$, соответственно), сопоставимых по его уровню ($p=0,330$).

Показано, что маркеры костного ремоделирования превышают референсные значения для β -Cross Laps и остеокальцина в большинстве групп академической гребли с различным уровнем МППК. Остеорезорбция минимальна в группе с максимальным уровнем МППК (> 113 %): наибольшие значения ОЩФ и остеокальцин/ β -Cross Laps, что может служить основанием рассматривать β -Cross Laps и остеокальцин/ β -Cross Laps – маркеры активности остеорезорбции, и ОЩФ – показатель задействованности аэробной составляющей в ходе выполнении нагрузки и остеосинтеза, в качестве наиболее чувствительных маркеров риска снижения МПКТ у спортсменов среди показателей костного ремоделирования. Для спортсменов с МППК 68–87 % и МППК 87,1–113 % отмечена большая активность остеорезорбции, которая отражена в меньших показателях соотношения остеокальцин/ β -Cross Laps за счет роста β -Cross Laps и снижении ОЩФ.

Таблица 11 – Характеристики костного метаболизма и активности эндокринных желез у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Показатель	Академическая гребля			Достоверность различий, р (критерий Манна-Уитни)		
	1-я группа, n=12	2-я группа, n=17	3-я группа, n=11			
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]			
	I	II	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
Остеокальцин/ 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
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
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
Кальций общий	2,49 [2,44;2,52]	2,49 [2,38;2,69]	2,42 [2,38;2,56]	0,739	0,294	0,436
Кальций ионизированный	1,21 [1,19;1,22]	1,20 [1,18;1,22]	1,20 [1,18;1,22]	0,229	0,263	0,906
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
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
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
С-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
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
Свободный Т4	16,2 [16,0;16,6]	16,9 [14,6;17,6]	16,8 [15,6;17,2]	0,451	0,338	0,944
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
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
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

МППК – минеральная плотность пяточной кости, 1-я группа – МППК 68-87 %, 2-я группа – МППК 87,1-113 %, 3-я группа – МППК >113 %. ТТГ – тиреотропный гормон, СТГ – соматотропный гормон, Т4 – свободный тироксин, ОЩФ – общая щелочная фосфатаза, ПТГ – паратиреоидный гормон

При анализе показателей активности эндокринных желез, находящихся в рамках референса во всех группах спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК, в группе с МППК 68–87 % выявлено статистически значимо большие значения маркеров углеводного обмена: С-пептид и инсулин по сравнению с группами с МППК 87,1–113 % и МППК > 113 % ($p=0,016$ и $p=0,003$, соответственно), в которых данные показатели для С-пептида минимальны в группе с МППК 87,1%–113% ($p=0,019$) и схожими уровнями инсулина ($p=0,151$).

Маркеры функции щитовидной железы – регулирующий её функцию ТТГ гипофиза, имеет статистически значимо больше в группе академической гребли с МППК 68–87 % по сравнению с группой с МППК 87,1–113 % ($p=0,041$), показатели ТТГ сопоставимы с его значениям в группе с уровнем МППК выше 113% ($p=0,369$). Показатель периферической секреторной активности щитовидной железы – гормон св. Т4, значимо не отличается во всех группах с различным уровнем МППК.

Два других гормона гипофиза – СТГ и пролактин – минимальны в группе МППК 68–87 % по сравнению с группами со значениями МППК 87,1–113 % и МППК выше 113 % ($p=0,464$ и $p=0,139$, соответственно, $p=0,033$ и $p=0,029$, соответственно), в которых данные показатели сопоставимы ($p=0,944$ и $p=0,541$).

Минералокортикоидная активность, отражающаяся в уровне альдостерона, выше у спортсменов академической гребли с МППК 68–87 % (189,9 [152,9;351,2] пг/мл) по сравнению с группами с уровнями МППК 87,1–113 % и МППК >113 %, для сравнения с двух первых групп отличия статистически значимы ($p=0,001$ и $p=0,042$, соответственно), где данных показатель сопоставим ($p=0,051$).

Показатели активности эндокринных желез имеют статистически значимые различия при распределении по группам представителей гребли в различным уровнем МППК с акцентом на показатели углеводного обмена (С-пептид и инсулин), отражающие большую задействованность гликолитических механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения в группе МППК 68–87 %. Характеристики водно-солевого обмена (альдостерон) указывают на большую сбалансированность электролитного обмена в группах со значениями МППК 87,1–113% и МППК >113%. В свою очередь активность гипофизарно-

щитовидной оси (ТТГ) может отражать большую активацию функциональных резервов организма у спортсменов с МППК 68–87 %. Показатели переносности организмом стрессового воздействия, соотносящиеся с уровнем пролактина, имеют более удовлетворительный ответ у представителей гребли со значениями МППК 87,1–113% и МППК >113%, с дополнительным остеобразующим действием физиологических концентраций данного гормона. Таким образом, полученные данные указывают на более низкий уровень подготовленности со снижением адаптационных возможностей и более низкий уровень готовности к выполнению физической работы спортсменов с уровнем МППК 68–87 %.

Активность эндокринных желез в группе академической гребли с МППК 68–87 % соотносится с изменениями фосфорно-кальциевого обмена: тенденционно показатели кальция, ионизированного и общего, максимальны, а фосфора минимальны по сравнению с группами с МППК 87,1–113 % и МППК > 113 %; магний достоверно ниже по сравнению с группой с МППК 87,1–113 % ($p=0,012$). Уровень общего кальция в группах гребли с различным уровнем МППК обратно соотносится с распределением соотношения остеокальцин/ β -Cross laps.

Кальцитонин и ПТГ соответствуют норме (8–74 пг/мл и менее 28 пг/мл, соответственно) во всех группах академической гребли в различном уровне МППК, не имея достоверных различий. Распределение уровня ПТГ по группам академической гребли с различной МППК схоже с остеокальцином и β -Cross laps: минимально в группе с МППК > 113 %, а максимально – в группе с МППК 68–87 %. Распределение значений кальцитонина по группам гребли с различной МППК соотносится с распределением остеокальцин/ β -Cross laps: минимально в группе с МППК 87,1–113 %, максимально – в группе МППК > 113 %.

Показатели фосфорно-кальциевого обмена и его гормонов-регуляторов не выявляют значимых различий при распределении по группам спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК, за исключением магния, низкие значения которого можно отнести к факторам риска снижения МПКТ у спортсменов, так как для общей популяции доказано отрицательное влияние на МПКТ низких значений данного элемента [23, 43, 46].

Характеристики активности глюкокортикостероидной и тестостероновой систем (Таблица 12): кортизол, общий тестостерон (ОТ), дигидротестостерон (ДГТ), глобулин, связывающий половые гормоны (ГСПГ), соответствуют референсным значениям и без статистически значимых различий в группах академической гребли с различным уровнем МППК. Показатель анаболической активности: соотношение Т/К не обнаруживает статистически значимых отличий при распределении по группам академической гребли с различным уровнем МППК, оставаясь в пределах нормы, с тенденцией к уменьшению в ряду МППК 87,1–113 % – МППК 68–87 % – МППК > 113 %. Группа с МППК 68–87 % отличается статистически значимо большим значением биологически активной формы тестостерона – уровнем свободного тестостерона (СТ) [47] по сравнению с группами с уровнями МППК 87,1–113 % и МППК > 113 % ($p=0,003$ и $p=0,004$, соответственно), в то время как две последние группы коррелируют с наиболее низкими и сопоставимыми уровнями данного гормона ($p=0,423$). Соотношение свободный тестостерон/общий тестостерон (СТ/ОТ) и ДГТ/свободный тестостерон (ДГТ/СТ) различаются при распределении по группам спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК: статистически значимо большие показатели СТ/ОТ и низкие ДГТ/СТ отмечены в группе МППК 68–87 % по сравнению с группами с МППК 87,1–113 % и МППК > 113 % ($p=0,001$ и $p=0,002$, соответственно, и $p=0,027$ и $p=0,042$) при сопоставимых значениях данных показателей – в двух других группах ($p=0,466$ и $p=0,906$, соответственно), отражая рост скорости метаболизма тестостерона в пользу свободной фракции в группе с МППК 68–87 %. Уровень распределения СТ по группам гребли с различным уровнем МППК прямо коррелирует с распределением остеокальцина и β -Cross laps. Таким образом, уровни СТ, СТ/ОТ и ДГТ/СТ отражают направленность процессов метаболизма в сторону роста уровня несвязанной с белками крови фракции тестостерона, которая повышает время жизни остеокластов и остеобластов [32] в группе МППК 68–87 %, для поддержания уровня МПКТ, возможно, за счет роста ароматизации СТ в эстрогены [32, 151].

Таблица 12 – Характеристики глюкокортикоидной и тестостероновой активности эндокринных желез у представителей академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Показатель	Академическая гребля			Достоверность различий, р (критерий Манна-Уитни)		
	1-я группа, n=12	2-я группа, n=17	3-я группа, n=11			
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]			
	I	II	III	I-II	I-III	II-III
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
Т/К	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
ДГТ	512,0 [461,5;686,7]	610,0 [469,0;900,5]	608,0 [490,0;871,0]	0,479	0,735	0,944
ДГТ/СТ	31,5 [19,9;37,3]	45,62 [33,5;58,5]	49,4 [36,8;51,9]	0,027	0,042	0,906
ГСПГ	32,4 [29,7;35,2]	28,7 [27,5;33,5]	27,0 [23,7;34,6]	0,278	0,356	0,672

МППК – минеральная плотность пяточной кости, 1-я группа – МППК 68-87 %, 2-я группа – МППК 87,1-113 %, 3-я группа – МППК >113 %, ОТ – общий тестостерон, Т/К – общий тестостерон/кортизол, СТ – свободный тестостерон, ДГТ – дигидротестостерон, ГСПГ – глобулин, связывающий половые гормоны

Маркеры текущей активности липидного, углеводного, водно-электролитного, белкового обменов, печеночных трансаминаз, эритропоэза обнаруживают статистически значимые различия при распределении по группам представителей академической гребли с различным уровнем МППК (Таблица 13). Показатели АЛТ и АСТ статистически значимо не отличаются при распределении по группа академической гребли с различным уровнем МППК, оставаясь в пределах физиологической нормы (5–40 Ед/л). Уровень КФК, превышая значения нормы (25–200 Ед/л) во всех группах академической гребли с различным уровнем МППК, тенденционнo выше в группе МППК 68–87 % по сравнению с группами с уровнями МППК 87,1–113 % и МППК > 113 %.

Таблица 13 – Характеристики белкового, липидного, углеводного и водно-электролитного обменов, эритропоза и печеночных трансаминаз у представителей академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель	Академическая гребля			Достоверность различий, p (критерий Манна-Уитни)		
	1-я группа, n=12	2-я группа, n=17	3-я группа, n=11			
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]			
	I	II	III	I-II	I-III	II-III
АЛТ	19,0 [15,5;21,7]	21,0 [17,0;22,0]	22,0 [19,0;23,0]	0,519	0,216	0,436
АСТ	25,0 [21,2;29,5]	26,0 [24,5;30,0]	28,0 [26,0;33,0]	0,317	0,090	0,370
КФК	300,5 [171,2;385,5]	202,0 [185,5;266,0]	218,0 [192,0;243,0]	0,250	0,559	0,410
Мочевина	6,3 [6,1;7,3]	5,5 [5,2;6,1]	5,7 [5,2;6,4]	0,030	0,056	0,689
Креатинин	91,7 [82,1;93,0]	89,1 [77,5;95,7]	87,3 [82,0;96,0]	0,825	0,805	0,778
Общий белок	7,1 [7,0;7,4]	7,1 [7,0;7,2]	6,9 [6,8;7,1]	0,432	0,017	0,063
Холестерин	4,4 [4,1;4,6]	4,2 [4,0;4,3]	3,8 [3,3;4,4]	0,027	0,056	0,203
Билирубин общий	0,91 [0,64;1,18]	0,76 [0,50;1,02]	0,79 [0,62;0,88]	0,259	0,242	1,000
Билирубин прямой	0,39 [0,29;0,51]	0,35 [0,26;0,53]	0,32 [0,29;0,36]	0,520	0,184	0,556
Эритропозтин	7,3 [6,9;8,6]	9,3 [8,4;11,3]	10,1 [8,2;11,7]	0,001	0,014	0,706
Глюкоза	5,7 [5,1;6,0]	5,5 [5,2;5,7]	5,6 [5,2;5,8]	0,398	0,711	0,795
Натрий	142,0 [141,0;143,7]	143,0 [142,5;145,0]	143,0 [143,0;143,0]	0,040	0,291	0,218
Калий	4,7 [4,6;4,8]	4,5 [4,4;4,6]	4,6 [4,3;4,9]	0,002	0,185	0,944

МППК – минеральная плотность пяточной кости, 1-я группа – МППК 68-87 %, 2-я группа – МППК 87,1-113 %, 3-я группа – МППК >113 %. АЛТ – аланинаминотрансфераза, АСТ – аспаратаминотрасфераза, КФК – креатинфосфокиназа

Показатели креатинина тенденционно убывают в ряду МППК 68–87 % – МППК 87,1–113 % – МППК > 113 %, оставаясь ближе к верхней границе референсного диапазона (62–97 мкмоль/л). Уровни билирубина, общего и прямого, находясь в пределах физиологической нормы (0,5–1,2 мг% и до 0,5 мг%, соответственно), тенденционно выше в группе МППК 68–87 % по сравнению с группами с уровнями МППК 87,1–113 % и МППК > 113 %. Схожая картина наблюдалась и в отношении глюкозы, корреспондируемой с гормонами

углеводного обмена (инсулин, С-пептид), что указывает на большую активность гликолитических процессов в группе с МППК 68–87 %. Тенденционно большие уровни общего белка, мочевины, холестерина и статистически значимо более низкие эритропоэтина определяются в группе с уровнем МППК 68–87% по сравнению с группами с МППК 87,1–113% и МППК > 113% ($p=0,030$, $p=0,027$, $p=0,001$, соответственно, и $p=0,017$, $p=0,056$, $p=0,056$, $p=0,014$, соответственно), при сопоставимых уровнях между двумя последними группами ($p=0,063$, $p=0,689$, $p=0,203$ и $p=0,706$, соответственно), что может указывать на более высокий уровень катаболизма и низкий уровень адаптации к аэробным нагрузкам в группе с МППК 68–87%. Изменяются уровни калия (значимо) и натрия (тенденция) в группе с МППК 68–87% (Таблица 13) по сравнению с группой с МППК 87,1–113% ($p=0,002$ и $p=0,040$, соответственно) с их сопоставимыми уровнями с группой с МППК > 113% ($p=0,185$ и $p=0,291$, соответственно), отражая особенности водно-солевого обмена (достоверно больший уровень альдостерона в группе с МППК 68–87%).

Статистически значимые особенности в активности обменных процессов в группах спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК (Таблица 13) дополняют оценку общей работоспособности представителей гребли, указывая на отличия в подготовленности спортсменов изучаемых группах, маркируя более низкий уровень общей физической подготовленности у спортсменов с МППК 68–87% и более высокий и сопоставимый уровень тренированности в группах академической гребли с уровнями МППК 87,1–113 % и МППК > 113 %.

Таким образом, показатели МППП и изучаемые биохимические маркеры отражают общий уровень физической подготовленности и адаптации спортсменов к тренировочному воздействию, где её более низкий уровень отмечен у спортсменов с МППК 68–87%, что находит свое отражение, как в активности эндокринных желез и биохимических показателях обмена веществ, так и на тканевом уровне – в значениях МПКТ, снижение уровня которой происходит за счет большей активности процессов резорбции кости с данной группе спортсменов.

3.3.3. Взаимосвязь минеральной плотности пяточной кости, характеристик показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма у спортсменов академической гребли в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

3.3.3.1. Результаты факторного анализа взаимосвязи минеральной плотности пяточной кости и характеристик показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма у спортсменов академической гребли в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

В целях выявления структуры взаимосвязей показателей МППК, отражающих костный метаболизм на тканевом уровне, и активности эндокринных желез, регулирующих костный обмен, в группе академической гребли проведен факторный анализ, как интеграция корреляционного анализа, который позволяет выделить 7 факторов с суммарным вкладом в обобщенную дисперсию 74,2%. Высокая сумма обобщенной дисперсии свидетельствует о наличии близости всей совокупности рассматриваемых показателей (Таблица 14).

Наибольшая доля дисперсии (15,7%) приходится на фактор, который, безусловно, может быть идентифицирован как МППК и её детерминанты, объединяющий на одном полюсе характеристики МППК, содержания мышечной массы и фосфора, на другом полюсе – С-пептид, уровень развития жировой массы, значения инсулина и альдостерона, отражая влияние уровня подготовленности на величину МППК: положительное в случае хорошей подготовленности и отрицательное в случае более низкой подготовленности и напряженной переносимости нагрузок.

Следующим является фактор (10,5%), объединяющий характеристики ферментативной активности, массы тела и мышечной массы (кг) наряду с характеристиками белкового обмена, отражающими общебиологические закономерности связи размеров тела с активностью обмена [7].

Таблица 14 – Факторная структура взаимосвязи минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез, костного метаболизма у представителей академической гребли

Показатель	Фактор						
	1	2	3	4	5	6	7
МППК правая	-.878						
МППК средняя	-.857						
МППК левая	-.792						
Мышечная масса, %	-.647						
Фосфор	-.574						
С-пептид	.815						
Жировая масса, кг	.796						
Жировая масса, %	.797						
Инсулин	.669						
Альдостерон	.652						
Аспаратаминотрасфераза		-.845					
Мышечная масса, кг		-.744					
Аланинаминотрансфераза		-.740					
Масса тела		-.730					
Креатинфосфокиназа		-.694					
Креатинин		-.492					
β -Cross laps			-.860				
Остеокальцин			-.817				
Соматотропный гормон			-.770				
Свободный тироксин			-.518				
Тестостерон общий/кортизол				-.818			
Кортизол				.775			
Мочевина				.773			
Магний				.568			
Кальцитонин				.542			
Паратиреоидный гормон					-.842		
Свободный тестостерон					-.664		
Холестерин					.714		
Тиреотропный гормон					.636		
Кальций ионизированный					.583		
Билирубин общий						-.937	
Билирубин прямой						-.913	
Тестостерон общий						.584	
Щелочная фосфатаза общая						.523	
Эритропоэтин						.500	
Пролактин							-.863
Дигидротестостерон							-.771
Пролактин/кортизол							-.619
Остеокальцин/ β -Cross laps							.673
Доля объясняемой дисперсии %	15,7	10,5	10,1	10,1	9,7	9,5	8,6
Обобщенная дисперсия,%	74,2						
МППК – минеральная плотность пяточной кости							

Третий фактор описывает 10,1% обобщенной дисперсии и может быть идентифицирован как характеристики активации костного обмена. Фактор включает в качестве определяющего параметра – β -Cross laps, однополярно связанный с остеокальцином, СТГ и свободный Т4, отражая ведущую в данном случае резорбтивную активность костного обмена.

Четвертый фактор (10,1% обобщенной дисперсии) отражает взаимосвязь характеристик адаптации организма к нагрузкам с ведущим компонентом соотношения стресс-гормонов тестостерон/кортизол с противоположным положением кортизола, мочевины, магния, и кальцитонина.

Пятый, шестой и седьмой факторы (9,7, 9,5 и 8,6 % обобщенной дисперсии, соотв.) отражают сложные механизмы участия гормонов-регуляторов прямого и опосредованного действия в костном обмене в условиях влияния напряженной физической нагрузки, свидетельствуя о вовлеченности костного обмена в общий метаболизм и функционирование систем организма спортсмена.

Таким образом, факторный анализ показывает, что уровень характеристик МПКТ в условиях тренировочного процесса находится под преимущественным влиянием уровня общей физической подготовленности и переносимости тренировочного воздействия, а костный обмен является составляющей общего обмена, отражающего и обеспечивающего адаптацию организма к напряженной мышечной деятельности.

3.3.3.2. Результаты корреляционного анализа характеристик показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Корреляционный анализ индивидуальных данных представителей академической гребли в группах с различным уровнем МПКТ позволяет дополнить выявленные особенности наличием статистически значимых ($p < 0,05$) корреляций

сильной и средней степени связи показателей содержания мышечной и жировой массы (ММ % и ЖМ %, соответственно), отражающих общий уровень физической подготовленности спортсмена [1, 2], с показателями костного обмена, активности эндокринных желез, регулирующих костный обмен, и биохимическими показателями обмена веществ во всех группах спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК (Таблицы 15 и 16).

В группе спортсменов гребли с уровнем МППК 68–87% соотношение остеокальцин/ β -Cross laps и СТГ связаны положительно с относительным уровнем ММ ($r=0,860$, $p<0,001$ и $r=0,643$, $p=0,024$, соответственно) и отрицательно – с уровнем ЖМ ($r=-0,699$, $p=0,011$ и $r=-0,853$, $p<0,001$, соответственно), относительный уровень ММ взаимосвязан положительно с уровнем фосфора ($r=0,601$, $p=0,039$), уровень ЖМ – с уровнями ионизированного кальция ($r=-0,595$, $p=0,041$) и холестерина ($r=-0,717$, $p=0,009$), СТ/ОТ ($r=0,587$, $p=0,045$). В группе спортсменов с МППК 87,1–113% относительный уровень развития ЖМ коррелируется отрицательно с остеокальцин/ β -Cross laps ($r=-0,537$, $p=0,026$), аналогично с группой спортсменов с МППК 68–87%, и положительно – с СТ ($r=0,713$, $p=0,001$) и СТ/ОТ ($r=0,659$, $p=0,004$), также как и в группе спортсменов с уровнем МППК 68–87%. В свою очередь уровень ММ коррелирует с уровнем общего белка ($r=0,526$, $p=0,030$). Группа с уровнем МППК $>113\%$ характеризуется связями относительного уровня ММ с уровнями общего кальция ($r=-0,679$, $p=0,022$) и калия ($r=-0,790$, $p=0,004$), а ЖМ – с уровнями инсулина ($r=-0,844$, $p=0,001$), креатинина ($r=0,623$, $p=0,040$), калия ($r=0,749$, $p=0,008$), эритропоэтина ($r=-0,651$, $p=0,030$) и глюкозы ($r=0,785$, $p=0,004$). Таким образом, полученные данные показывают, что процессы адаптации организма спортсменов к напряженной мышечной деятельности в определенной мере обуславливаются сформированным в многолетней подготовке уровнем минеральной плотности кости: в случае сниженного уровня МППК повышается значимость маркеров костного ремоделирования, а при нормальной и повышенной МППК – ведущая роль переходит к показателям активности эндокринных желез и биохимическим маркерах обмена веществ.

Таблица 15. Корреляционные взаимосвязи лабильных показателей компонентов состава тела и показателей активности эндокринных желез, костного метаболизма у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде

Показатель / r	Относительное содержание мышечного и жирового компонентов состава массы тела у спортсменов академической гребли											
	Группа гребли с МППК 68-87%				Группа гребли с МППК 87,1-113%				Группа гребли с МППК > 113%			
	ММ, %		ЖМ, %		ММ, %		ЖМ, %		ММ, %		ЖМ, %	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
β-Cross laps	-0,175	0,587	0,175	0,587	-0,226	0,384	0,315	0,218	-0,548	0,081	0,327	0,326
ОС	0,112	0,729	-0,063	0,846	-0,064	0,808	0,083	0,751	-0,434	0,183	0,123	0,718
ОС/β-Cross laps	0,860	<0,001	-0,699	0,011	0,355	0,162	-0,537	0,026	0,087	0,800	-0,050	0,883
ПТГ	-0,014	0,966	0,084	0,795	-0,189	0,468	0,142	0,586	-0,499	0,118	0,545	0,083
Кальцитонин	-0,371	0,236	0,371	0,236	-0,169	0,516	-0,021	0,937	0,505	0,113	-0,156	0,647
ТТГ	0,452	0,140	-0,567	0,054	-0,095	0,717	0,025	0,925	0,071	0,835	-0,057	0,867
Св. Т4	-0,018	0,957	-0,102	0,752	0,296	0,249	-0,007	0,978	-0,325	0,330	0,211	0,534
С-пептид	0,196	0,542	-0,105	0,746	0,137	0,599	-0,076	0,773	0,470	0,145	-0,381	0,247
Инсулин	0,399	0,199	-0,196	0,542	0,178	0,495	-0,093	0,722	0,555	0,076	-0,844	0,001
ОЩФ	0,109	0,735	-0,420	0,174	0,125	0,632	0,142	0,586	0,279	0,407	-0,059	0,862
Са ионизированный	0,570	0,053	-0,595	0,041	-0,015	0,955	0,036	0,892	-0,307	0,358	0,195	0,565
Са общий	-0,011	0,974	-0,239	0,454	-0,016	0,951	-0,058	0,825	-0,679	0,022	0,124	0,717
Магний	0,561	0,058	-0,243	0,446	0,338	0,185	-0,174	0,503	-0,119	0,727	-0,211	0,534
Фосфор	0,601	0,039	-0,413	0,183	-0,172	0,509	0,377	0,135	0,302	0,367	-0,041	0,904
Кортизол	0,140	0,665	-0,427	0,167	0,178	0,495	-0,196	0,450	-0,184	0,588	0,478	0,137
СТ	-0,308	0,331	0,336	0,286	-0,302	0,238	0,713	0,001	0,138	0,687	-0,317	0,343
ОТ	-0,214	0,504	0,186	0,563	-0,023	0,929	-0,444	0,074	-0,479	0,136	-0,041	0,905
СТ/ОТ	-0,448	0,145	0,587	0,045	-0,145	0,580	0,659	0,004	0,310	0,354	-0,137	0,689

ММ – мышечная масса, ЖМ – жировая масса, ОС – остеокальцин, К – кортизол, ОТ – общий тестостерон, св. Т4 – свободный тироксин, ОЩФ – общая щелочная фосфатаза, Са – кальций, ПТГ – паратиреоидный гормон, p – статистическая значимость, r – Spearman correlation coefficient

Продолжение таблицы 15

Показатель / г	Группа гребли с МППК 68-87%				Группа гребли с МППК 87,1-113%				Группа гребли с МППК > 113%			
	ММ, %		ЖМ, %		ММ, %		ЖМ, %		ММ, %		ЖМ, %	
	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р
Т/К	-0,182	0,572	0,462	0,131	-0,086	0,743	-0,147	0,573	0,151	0,658	-0,516	0,104
СТГ	0,643	0,024	-0,853	<0,001	0,432	0,083	-0,275	0,285	-0,098	0,773	-0,213	0,530
Альдостерон	-0,217	0,499	0,147	0,649	-0,272	0,291	0,284	0,269	0,041	0,905	0,187	0,582
Пролактин	0,028	0,931	-0,098	0,762	-0,363	0,152	0,187	0,474	-0,046	0,894	0,310	0,354
ДГТ	0,077	0,812	0,109	0,737	-0,081	0,758	0,159	0,541	-0,370	0,263	-0,123	0,718
ДГТ/СТ	0,476	0,118	-0,336	0,286	0,108	0,680	-0,103	0,694	-0,410	0,210	0,036	0,915
ГСПГ	0,049	0,880	0,035	0,914	0,105	0,687	-0,194	0,456	-0,005	0,989	-0,055	0,873

ММ – мышечная масса, ЖМ – жировая масса, Т/К – соотношение общий тестостерон/кортизол, СТ – свободный тестостерон, ДГТ – дигидротестостерон, ГСПГ – глобулин, связывающий половые гормоны, р – статистическая значимость, г – Spearman correlation coefficient

Таблица 16 – Корреляционные взаимосвязи лабильных компонентов состава тела и показателей белкового, липидного, углеводного и водно-электролитного обменов, эритропоза и печеночных трансаминаз у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годичного цикла подготовки

Показатель / г	Относительное содержание мышечного и жирового компонентов состава массы тела у спортсменов академической гребли											
	Группа гребли с МППК 68-87%				Группа гребли с МППК 87,1-113%				Группа гребли с МППК > 113%			
	ММ, %		ЖМ, %		ММ, %		ЖМ, %		ММ, %		ЖМ, %	
	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р
АСТ	-0,123	0,704	-0,095	0,770	0,452	0,068	-0,317	0,216	-0,318	0,340	0,359	0,278
АЛТ	-0,028	0,931	-0,204	0,526	0,236	0,363	0,174	0,505	0,028	0,936	0,069	0,840
КФК	-0,252	0,430	0,329	0,297	0,001	0,996	-0,025	0,926	0,027	0,936	-0,164	0,630
Мочевина	0,154	0,632	-0,158	0,625	-0,220	0,397	0,192	0,461	0,014	0,968	0,196	0,564
Креатинин	-0,105	0,745	-0,221	0,491	-0,023	0,929	0,378	0,135	-0,098	0,774	0,623	0,040
Общий белок	0,064	0,844	-0,198	0,538	0,526	0,030	0,007	0,977	-0,159	0,640	0,520	0,101
Холестерин	0,362	0,247	-0,717	0,009	-0,269	0,297	-0,130	0,619	-0,147	0,667	0,243	0,471
Билирубин общий	0,077	0,812	0,196	0,542	0,243	0,348	-0,118	0,653	-0,299	0,372	-0,080	0,815
Билирубин прямой	0,172	0,594	0,056	0,863	0,349	0,170	-0,287	0,263	-0,269	0,424	0,099	0,772
Натрий	0,072	0,824	0,025	0,938	0,215	0,408	-0,103	0,694	-0,513	0,106	0,302	0,367
Калий	0,477	0,117	-0,242	0,448	-0,153	0,559	-0,121	0,645	-0,790	0,004	0,749	0,008
Эритропозтин	-0,042	0,897	-0,210	0,513	-0,214	0,410	0,079	0,764	0,405	0,216	-0,651	0,030
Глюкоза	-0,187	0,561	0,529	0,077	-0,163	0,532	0,167	0,522	-0,233	0,491	0,785	0,004

ММ – мышечная масса, ЖМ – жировая масса, АЛТ – аланинаминотрансфераза, АСТ – аспартатаминотрансфераза, КФК – креатинфосфокиназа, р – статистическая значимость, г – Spearman correlation coefficient

3.4. Гормональная регуляция и особенности костного метаболизма у спортсменов велоспорта на этапах годового цикла подготовки

3.4.1. Состояние минеральной плотности пяточной кости у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

С целью изучения факторов риска снижения МПКТ в условиях длительной напряжённой мышечной деятельности нами проведено обследование группы спортсменов, 16 представителей велотрека, в течение 3-х лет в условиях подготовительного, предсоревновательного и соревновательного периодов одного годового цикла и в подготовительном периоде следующего сезона тренировочного процесса. Изучение МПКТ у велосипедистов в подготовительном периоде подготовки показывает, что для них характерны нормальные значения МПКТ. В условиях подготовки спортсменов велоспорта уровень МПКТ изменяется на этапах годового цикла (Таблица 17, Рисунок 1), отражая динамику изменения минеральной плотности в зависимости от периода тренировочного процесса (тест Фридмана, $p < 0,004$), составляя в подготовительном периоде 104,5 [95,0; 120,2] %, в предсоревновательном – 108,5 [96,5; 116,0] %, в соревновательном – 99,5 [90,0; 114,2] % и в подготовительном периоде следующего года – 101,8 [91,4; 115,2] %. Типичная динамика МПКТ у спортсменов велотрека за три года наблюдения представлена в таблице 17 и на рисунке 1. В процессе годового цикла подготовки МПКТ существенно изменяется в зависимости от этапа подготовки: значимо снижается от подготовительного и предсоревновательного периодов к соревновательному периоду (тест Вилкоксона, $p = 0,001$ и $p = 0,027$, соответственно), растёт от соревновательного периода к подготовительному периоду следующего года подготовки ($p = 0,015$) без статистической значимости при сравнении подготовительного и предсоревновательного периодов с другими периодами ($p = 0,571$, $p = 0,440$, $p = 0,632$, соответственно). Выявленная динамика МПКТ обусловлена изменением функциональной активности эндокринных желез и маркеров костного метаболизма в зависимости от этапа тренировочного процесса.

Таблица 17 – Минеральная плотность пяточной кости у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Показатель	Период годовичного цикла подготовки спортсменов велотрека				Достоверность различий, р-критерий (тест Вилкоксона)						Достоверность различий р-критерий (тест Фридмана)
	подготовительный период	предсоревновательный период	соревновательный период	подготовительный период следующего года							
	I	II	III	IV	I-II	I-III	II-III	II-IV	III-IV	I-IV	
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]							
МППК средняя, %	104,5 [95,0;120,2]	108,5 [96,5;116,0]	99,5 [90,0;114,2]	101,8 [91,4;115,2]	0,571	0,001	0,027	0,632	0,015	0,440	0,002
МППК – минеральная плотность пяточной кости											

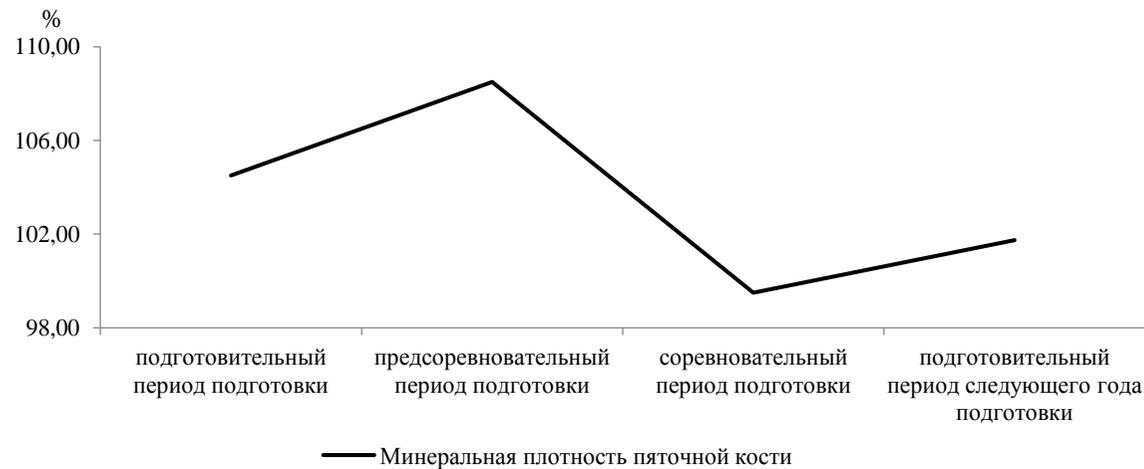


Рисунок 1 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

3.4.2. Взаимосвязь изменений минеральной плотности пяточной кости и маркеров костного метаболизма у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Выявлены статистически значимые (тест Вилкоксона, $p < 0,05$) различия в изменении концентрации маркеров костного ремоделирования в условиях подготовительного периода и соревновательного периода годовичного цикла подготовки (Таблица 18, Рисунки 2 и 3), которые сочетаются со снижением МППК от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p < 0,05$).

Таблица 18 – Изменения маркеров костного ремоделирования у спортсменов велотрека в условиях подготовительного и соревновательного периодов годовичного цикла подготовки

Показатель	Период годовичного цикла подготовки		Достоверность различий, р-критерий (тест Вилкоксона)
	подготовительный	соревновательный	
	I	II	I-II
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	
Общая щелочная фосфатаза	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
Остеокальцин/ β -Cross laps	88,6 [54,3;104,9]	41,3 [31,5;42,9]	0,002

Показатели активности остеосинтеза – ОЩФ (Рисунок 2) и остеокальцин (Рисунок 2) в соревновательном периоде статистически значимо снижаются по сравнению с подготовительным периодом ($p = 0,004$ и $p = 0,002$, соответственно) в рамках физиологической нормы. Активность маркера остеорезорбции – β -Cross laps (Рисунок 3) в условиях соревновательного периода, напротив, статистически значимо повышается, превышая значения нормы (до 0,58 нг/мл) по отношению к подготовительному периоду ($p = 0,011$). Соотношение остеокальцин/ β -Cross laps (Рисунок 2), раскрывающее баланс остеосинтеза и резорбции кости, статистически значимо снижается к соревновательному периоду относительно подготовительного периода более чем в два раза ($p = 0,002$).

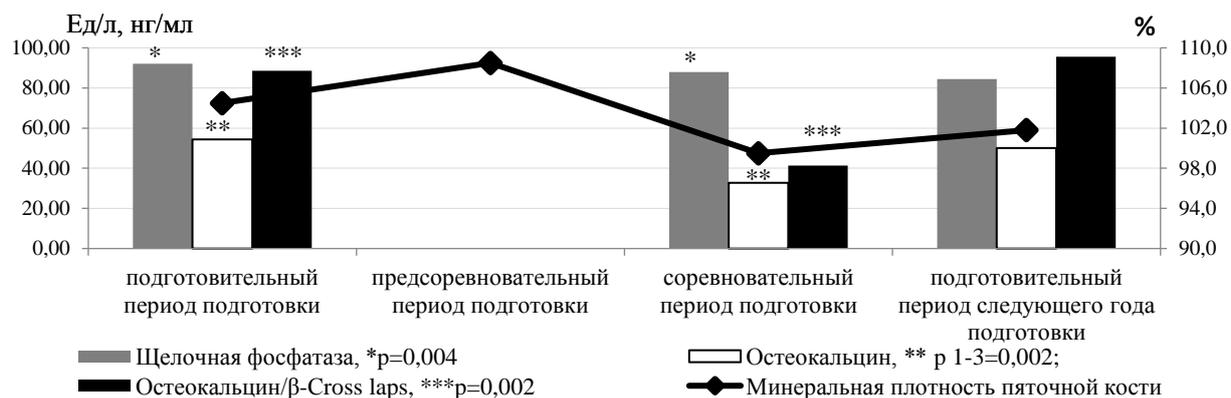


Рисунок 2 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентрации маркеров остеосинтеза, значений соотношения остеокальцин/β-Cross laps у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

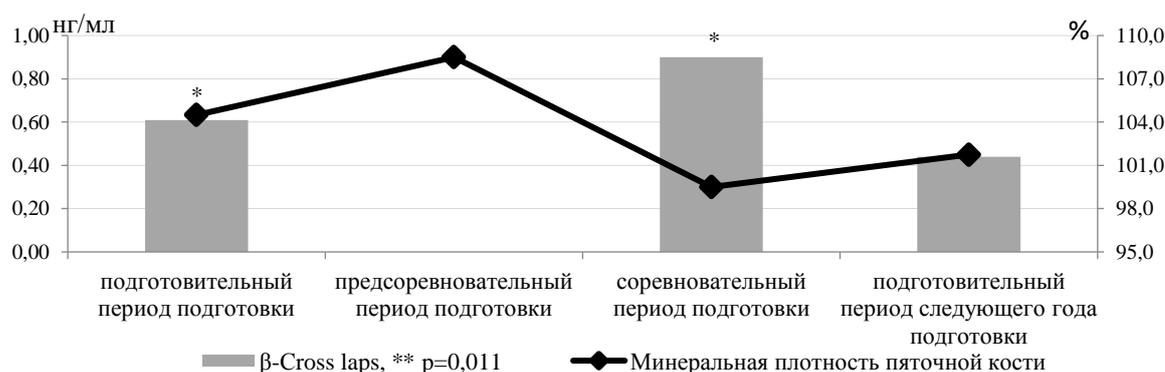


Рисунок 3 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентрации β-Cross laps у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

После прекращения физической нагрузки соревновательного периода происходит повышение уровня маркеров костеобразования и снижение маркеров костной резорбции к следующему подготовительному периоду (Рисунки 2 и 3). При сравнении двух подготовительных периодов в рамках годового цикла подготовки статистически значимых различий в показателях ОЩФ, остеокальцина, β-Cross laps и соотношения остеокальцин/β-Cross laps (Рисунки 2 и 3) не выявлено ($p=0,307$, $p=0,327$, $p=0,151$, $p=0,161$, соответственно).

Таким образом, при физических нагрузках соревновательного периода во

время снижения МППК отмечается повышение маркера остеорезорбции – β -Cross laps и, напротив, снижение маркеров остеосинтеза – ОЩФ и остеокальцина, что полностью соотносится с динамикой показателей фосфорно-кальциевого обмена (Таблица 19, Рисунок 4).

Таблица 19 – Изменения показателей фосфорно-кальциевого обмена у спортсменов велотрека в условиях подготовительного, предсоревновательного и соревновательного периодов годичного цикла подготовки

Показатель	Период годичного цикла подготовки		Достоверность различий, р-критерий (тест Вилкоксона)
	подготовительный	соревновательный	
	I	II	I-II
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	
Кальций ионизированный	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
Кальций общий	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

Показатели ионизированного кальция и фосфора статистически значимо снижаются в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,001$ и $p=0,036$, соответственно) в рамках референсных значений. Показатели фосфора в предсоревновательном периоде (1,00 [0,87;1,19] ммоль/л) тенденционно ниже, чем уровень данного макроэлемента в подготовительном периоде ($p=0,293$). В соревновательном периоде выявлена тенденция к повышению показателей общего кальция и магния по отношению к их значениям в подготовительном периоде ($p=0,374$ и $p=0,767$, соответственно). В предсоревновательном периоде отмечено снижение уровня общего кальция до 2,12 [2,06;2,30] ммоль/л статистически значимо по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,008$). В предсоревновательном периоде значения магния, составляя 0,96 [0,88;1,10] ммоль/л, тенденционно выше, чем в подготовительном периоде ($p=0,400$). Уровень общего кальция и магния соответствуют физиологической норме во всех изучаемых периодах годичного цикла подготовки.

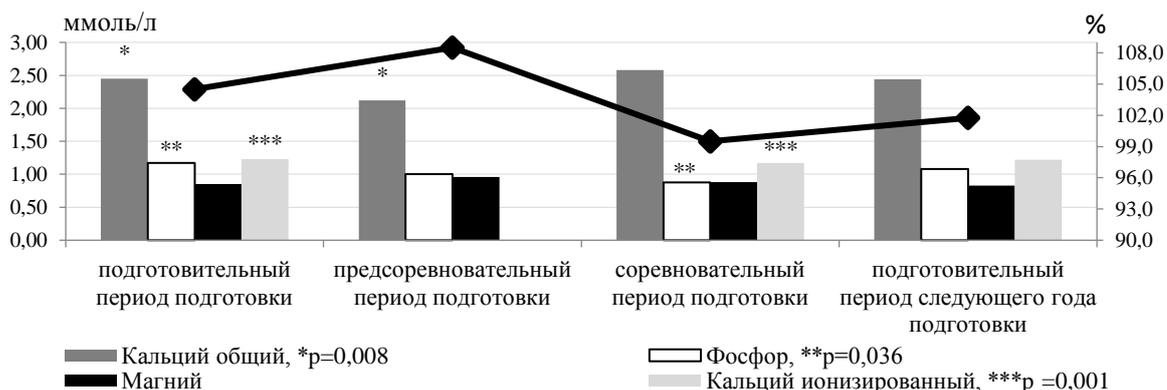


Рисунок 4 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентрации показателей фосфорно-кальциевого обмена у спортсменов велотрека на этапах годичного цикла подготовки

После прекращения физической нагрузки соревновательного периода происходит восстановление показателей фосфорно-кальциевого обмена до уровня подготовительного периода к следующему подготовительному периоду. При сравнении в показателях кальция ионизированного, общего кальция, фосфора и магния двух подготовительных периодов годичного цикла подготовки (Рисунок 4) статистически значимых отличий не выявлено ($p=0,308$, $p=0,209$, $p=0,530$, $p=0,887$, соответственно). Таким образом, в период физических нагрузок соревновательного периода выявлено снижение МППК в сочетании с характерным каскадом маркеров костного ремоделирования и показателей фосфорно-кальциевого обмена.

3.4.3. Взаимосвязь изменений минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез у спортсменов велотрека на этапах годичного цикла подготовки

При изучении выборки спортсменов велотрека на этапе годичного цикла подготовки выявлены различия, в большинстве случаев статистически значимые (тест Вилкоксона, $p<0,05$), в секреции гормонов, влияющих на костный метаболизм в условиях подготовительного периода и соревновательного периода (Таблица 20, Рисунки 5–9), которые сочетались со снижением МППК от подготовительного

периода к соревновательному периоду ($p < 0,05$).

Отмечается повышение концентрации катаболического гормона кортизола от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p = 0,028$) с превышением референсных значений (Рисунок 5). Напротив, анаболический гормон ОТ тенденционнно снижается от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p = 0,402$) в пределах нормы (Рисунок 6).

Соотношение Т/К понижается от подготовительного периода к соревновательному периоду при уровне значимости $p = 0,013$ (Рисунок 6).

Для предсоревновательного периода по сравнению с подготовительным периодом (Рисунки 5 и 6) установлено снижение уровня кортизола на 19,3%, повышение тестостерона на 25,73% и соотношения Т/К на 45,9% при отсутствии статистической значимости ($p = 0,926$, $p = 0,470$, $p = 0,925$, соответственно), что сопряжено с ростом МППК ($p = 0,894$).

Таблица 20 – Изменения характеристик активности эндокринных желез у спортсменов велотрека в условиях подготовительного и соревновательного периодов годичного цикла подготовки

Показатель	Период годичного цикла подготовки		Достоверность различий, р-критерий (тест Вилкоксона)
	подготовительный	соревновательный	
	I	II	I-II
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	
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
Т/К	3,8 [2,7;6,5]	2,7 [1,2;3,3]	0,013
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
Свободный Т4	16,7 [16,0;17,1]	33,7 [28,6;78,2]	0,001
ОТ – общий тестостерон, Т/К – соотношение общий тестостерон/кортизол, СТГ – соматотропный гормон, ТТГ – тиреотропный гормон, Т4 –тироксин			

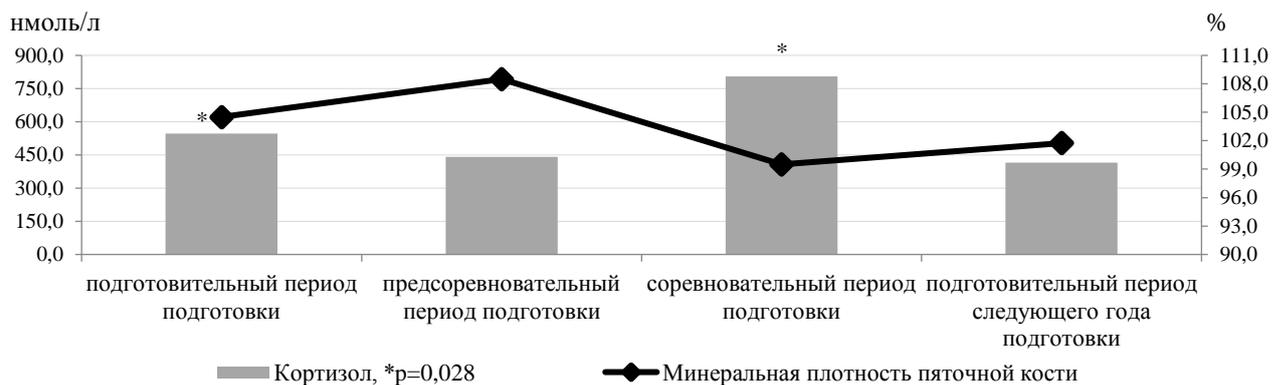


Рисунок 5 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции кортизола у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

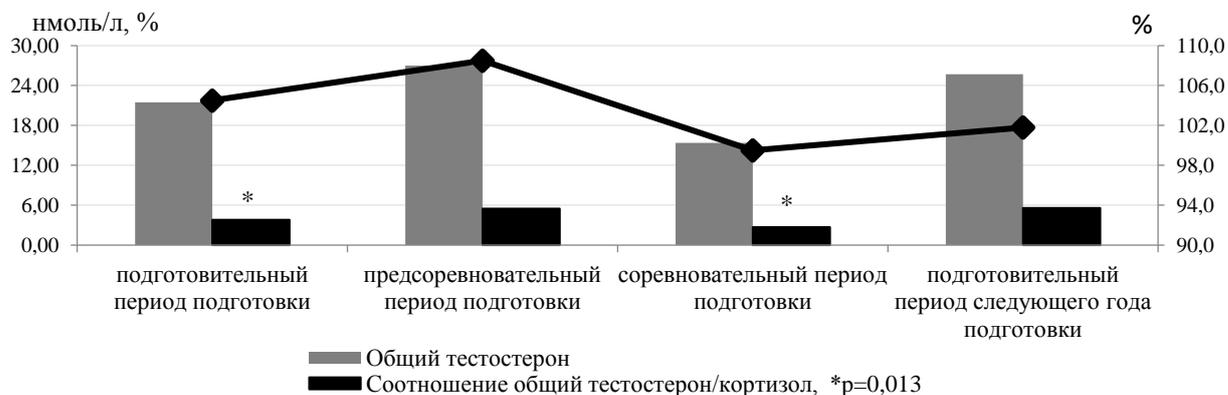


Рисунок 6 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции тестостерона и значений соотношения общий тестостерон/кортизол у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Концентрации остальных анаболических гормонов снижаются тенденционно для СТГ (Рисунок 7) и инсулина (Рисунок 7) и статистически значимо для пролактина (Рисунок 8) от подготовительного периода к соревновательному в пределах референсных значений, но для СТГ ближе к его нижней границе референсного интервала, при уровне значимости $p=0,093$, $p=0,347$, $p=0,016$, соответственно. Соотношение кортизол/инсулин (Рисунок 8), отражая изменение баланса процессов катаболизма и анаболизма, растёт статистически значимо от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p=0,039$).

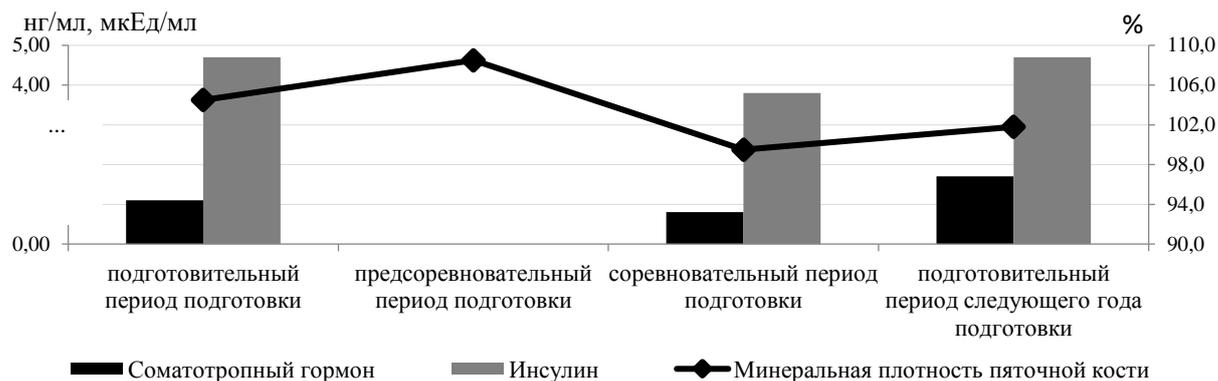


Рисунок 7 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции соматотропного гормона и инсулина у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

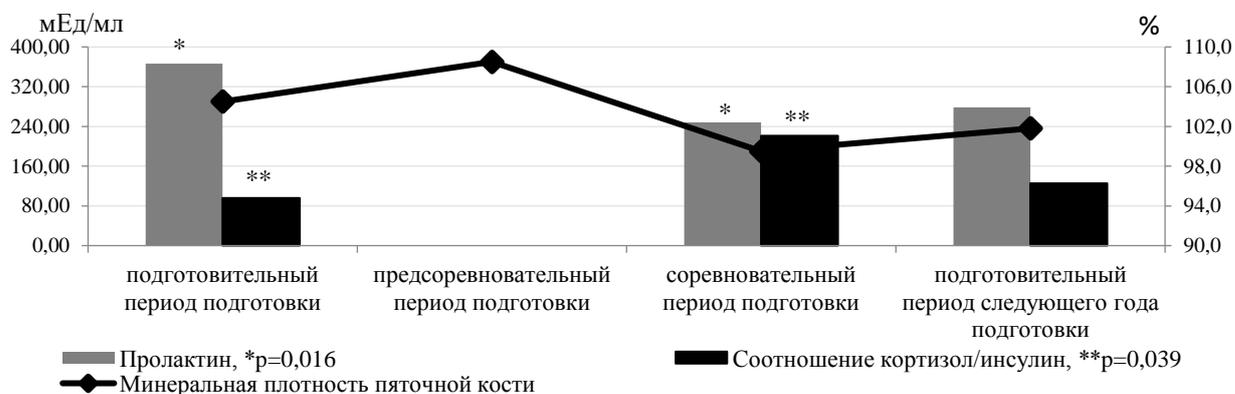


Рисунок 8 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции пролактина и значений соотношения кортизол/инсулин у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Напротив, концентрация ТТГ (Рисунок 9), регулирующего секрецию тиреоидных гормонов, в сыворотке крови в соревновательном периоде повышается в пределах референса по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,002$), что приводит к росту концентрации св. Т4 (Рисунок 9) от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p=0,001$), превышая верхнюю границу физиологической нормы почти в полтора раза (10,3–24,5 пмоль/л) и оказывая тем самым катаболический эффект на обменные процессы.

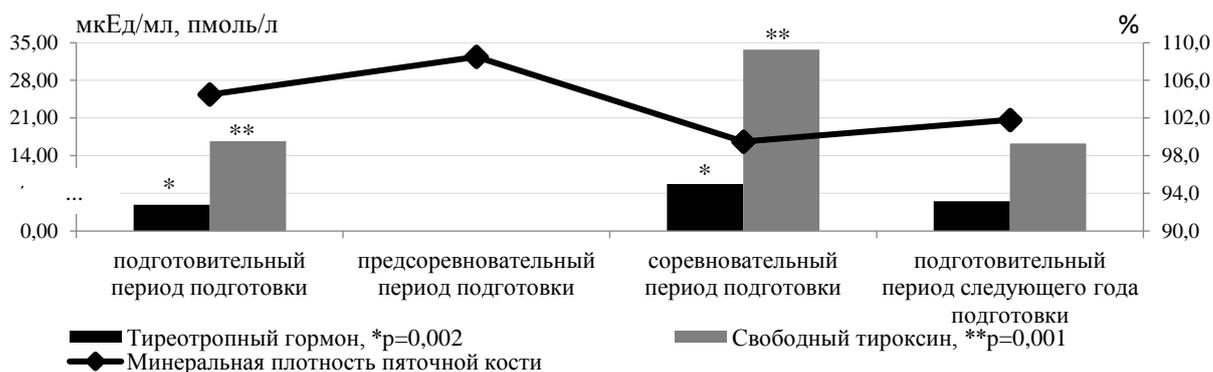


Рисунок 9 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции тиреотропного гормона и свободного тироксина у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

При прекращении физических нагрузок соревновательного периода происходит возврат секреции гормонов к показателям подготовительного периода: снижение уровня кортизола, тироксина, ТТГ и повышение уровня тестостерона, СТГ, пролактина и инсулина, что сопряжено с повышением уровня МПКТ к следующему подготовительному периоду (Рисунки 5-9). При сравнении двух подготовительных периодов не выявлено статистически значимых различий в секреции кортизола ($p=0,351$), тестостерона ($p=0,763$), СТГ ($p=0,473$), пролактина ($p=0,051$), инсулина ($p=0,624$), тироксина ($p=0,515$), ТТГ ($p=0,894$), как и соотношений общий тестостерон/кортизол ($p=0,173$) и кортизол/инсулин ($p=0,784$).

Таким образом, при физических нагрузках соревновательного периода отмечается рост секреции гормонов: кортизола и тироксина, выше физиологических значений, оказывающих тем самым остеокатаболический эффект на обменные процессы и, напротив, снижение анаболических гормонов: тестостерона, инсулина, пролактина и СТГ с превалированием катаболизма (снижение Т/К и повышение кортизол/инсулин) сопряжено с активацией остеорезорбции и замедлением остеосинтеза со снижением показателей фосфорно-кальциевого обмена, а также изменением значений МПКК в виде их снижения от подготовительного периода к соревновательному периоду. Полученные данные позволяют предполагать влияние изменений секреции представленных гормонов в процессе спортивной деятельности на метаболизм костной ткани у спортсменов.

3.4.4. Взаимосвязь изменений минеральной плотности пяточной кости и биохимических показателей обмена веществ у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Наряду с выявленными изменениями секреции гормонов и костного метаболизма установлены различия, в том числе статистически значимые (тест Вилкоксона, $p < 0,05$), и биохимических показателей обмена веществ, отражающих углеводный, белковый, жировой и водно-электролитный обмены, эритропоэз и свидетельствующих об изменении интенсивности физической нагрузки (Таблица 21, Рисунки 10–13), что сочеталось со снижением МППК от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p < 0,05$).

Таблица 21 – Изменения показателей белкового, липидного и углеводного обменов, эритропоэза, печеночных трансаминаз у спортсменов велоспорта в условиях подготовительного и соревновательного периодов годового цикла подготовки

Показатель	Период годового цикла подготовки		Достоверность различий, р-критерий (тест Вилкоксона)
	подготовительный	соревновательный	
	I	II	I-II
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	
Эритропоэтин	7,8 [7,0;9,5]	8,8 [8,2;11,5]	0,041
Глюкоза	4,8 [4,5;5,1]	3,5 [3,1;4,2]	0,001
АСТ	25,0 [23,5;33,0]	24,0 [20,0;29,5]	0,345
АЛТ	25,0 [15,5;41,5]	21,0 [19,0;29,0]	0,220
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
КФК	247,0 [152,0;427,0]	246,0 [158,0;380,0]	0,552
Мочевина	6,3 [5,3;7,3]	7,4 [5,4;8,8]	0,055
Общий белок	6,9 [6,8;7,1]	7,2 [7,0;7,4]	0,023
Билирубин общий	0,53 [0,38;0,63]	0,63 [0,51;0,73]	0,172
Билирубин прямой	0,15 [0,12;0,21]	0,20 [0,18;0,27]	0,116
АЛТ аланинаминотрансфераза, АСТ аспаратаминотрасфераза, КФК – креатинфосфокиназа			

Концентрация глюкозы в соревновательном периоде статистически значимо снижается по сравнению с подготовительным периодом ($p = 0,001$) ниже референсного диапазона в период соревнований (Рисунок 10).

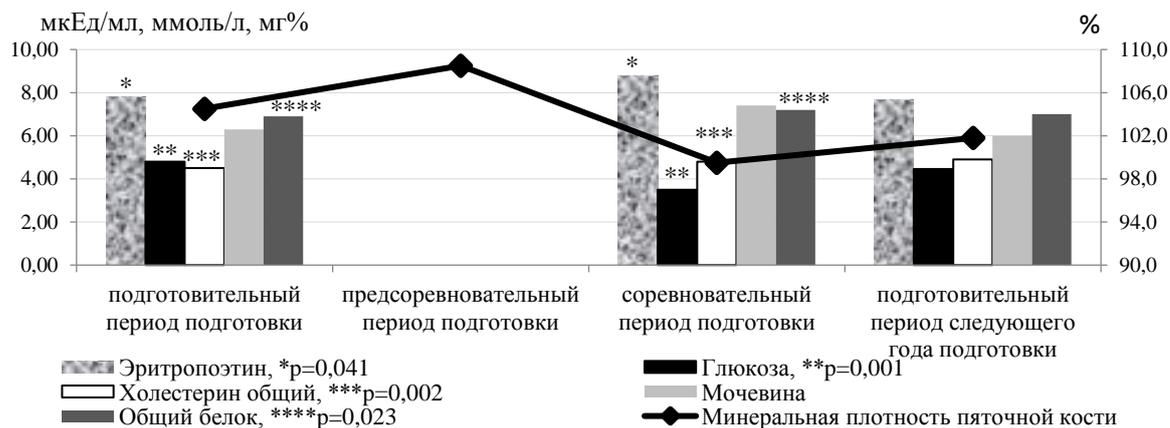


Рисунок 10 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентраций глюкозы, эритропоэтина, мочевины, общего белка и общего холестерина у спортсменов велотрека на этапах годичного цикла подготовки

Концентрации эритропоэтина, общего белка, общего холестерина в соревновательном периоде статистически значимо повышаются в рамках референсных значений по отношению к подготовительному периоду при уровне значимости $p=0,041$, $p=0,023$, $p=0,002$, соответственно (Рисунок 10). Уровни мочевины, общего и прямого билирубина тенденционно повышаются от подготовительного периода к соревновательному периоду $p=0,055$, $p=0,172$, $p=0,116$, соответственно) в пределах референсных значений (Рисунки 10 и 11)

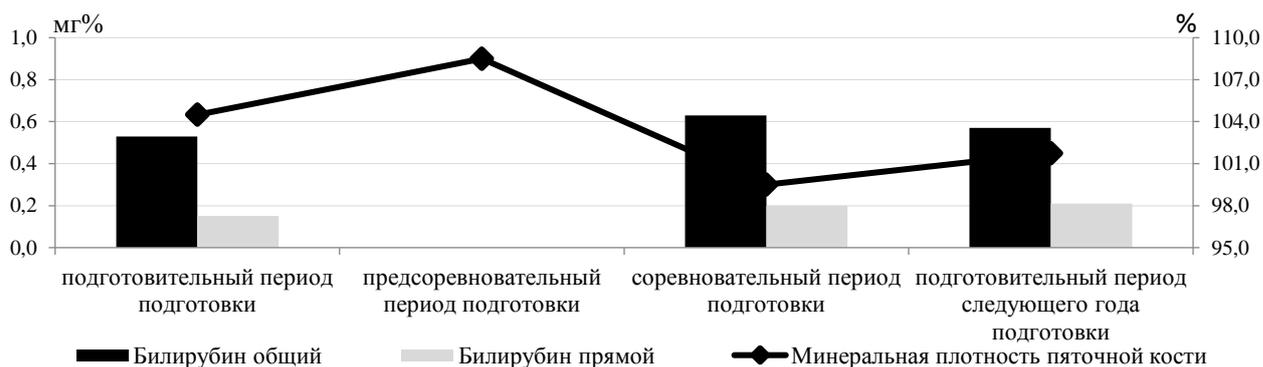


Рисунок 11 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентраций билирубина общего и прямого у спортсменов велотрека на этапах годичного цикла подготовки

Отмечено снижение тенденционно трансаминаз (АЛТ и АСТ) и

статистически значимо креатинина в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом в рамках физиологической нормы при уровне значимости $p=0,220$, $p=0,345$, $p=0,001$, соответственно (Рисунки 12 и 13, соответственно). Уровень КФК тенденционно снижается от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p=0,552$), превышая верхнюю границу референсных значений в обоих случаях (Рисунок 13).

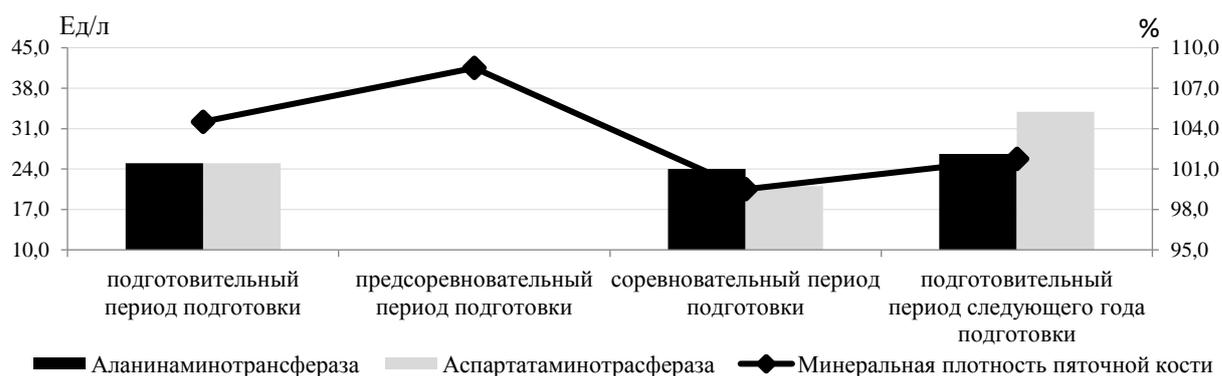


Рисунок 12 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентраций аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

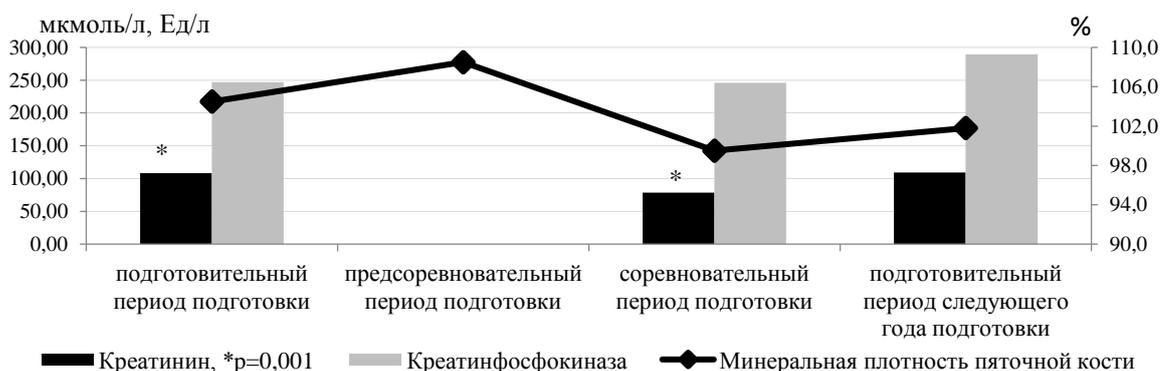


Рисунок 13 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентраций креатинина и креатинфосфокиназы у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

При прекращении физических нагрузок соревновательного периода происходит возврат концентрации биохимических показателей обмена веществ,

отражающих интенсивность нагрузки, к уровню подготовительного периода (Рисунки 10-13): снижение уровней эритропоэтина, холестерина, общего белка, мочевины и рост КФК, глюкозы, креатинина, АЛТ, АСТ. При сравнении двух подготовительных периодов не выявлено значимых различий в значениях холестерина ($p=0,176$), общего белка ($p=0,248$), креатинина ($p=0,594$), мочевины ($p=0,052$), АЛТ ($p=0,280$), АСТ ($p=0,552$), общего и прямого билирубина ($p=0,061$ и $p=0,066$, соответственно).

Таким образом, выявлены характерные изменения секреции гормонов, регулирующих общий и костный обмен, маркеров костного метаболизма, связанные с уровнем интенсивности физической нагрузки. Биохимических показатели обмена веществ отражают текущие изменения и процессы срочной адаптации, направленные на поддержание механизмов энергообеспечения период соревнований, а показатели активности эндокринных желез – длительную адаптацию организма к физическим нагрузкам, что обуславливает изменения показателей костного ремоделирования и, как следствие, динамику МПКТ.

Показатели костного метаболизма и активности эндокринных желез, биохимических показателей обмена веществ, как было отмечено выше, не имели статистически значимых отличий при сравнении двух подготовительных периодов годового цикла подготовки у спортсменов велотрека ($p>0,05$).

Пролонгация измерений МПКТ в рамках двух циклов годичной подготовки (Таблица 22) выявила тенденцию к незначительному снижению уровня МПКТ в рамках подготовительных периодов трехлетнего динамического контроля (два цикла годичной подготовки): 103,5 [92,5;120,2] % за первый год обследования и 102,0 [89,7;116,0] % за второй год обследования ($p=0,136$), 101,5 [92,5;115,7] % за третий год обследования (при сравнении с предыдущим годом $p=0,724$).

С целью поиска наиболее информативных маркеров изменений костного метаболизма в условиях интенсивной физической нагрузки проведен корреляционный анализ изменения маркеров костного обмена, показателей активности эндокринных желез, биохимических показателей общего обмена и значений МПКТ от подготовительного периода к соревновательному периоду.

Таблица 22 – Изменения минеральной плотности костной ткани пяточной кости у спортсменов велотрека в условиях подготовительных периодов двух циклов годичной подготовки

Показатель	Подготовительный период двух циклов годичной подковки, год обследования			Достоверность различий, р-критерий (тест Вилкоксона)	
	первый	второй	третий		
	I	II	III	I-II	II-III
	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]	медиана [25%;75%]		
МППК средняя, %	103,50 [92,5;120,2]	102,0 [89,7;116,0]	101,5 [92,5;115,7]	0,136	0,724
МППК – минеральная плотность пяточной кости					

3.4.5. Результаты корреляционного анализа динамики изменения минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез, маркеров костного метаболизма у спортсменов велотрека на этапах годичного цикла подготовки

Анализ динамических статистически значимых корреляционных связей между изменением МППК и маркеров костного метаболизма, активности эндокринных желез, биохимических показателей общего обмена от подготовительного периода к соревновательному периоду дополняет представления о влиянии изучаемых показателей на снижение МПКТ в соревновательном периоде (Рисунок 14). Так, более выраженное изменение уровня МППК от подготовительного периода к соревновательному периоду связано с менее выраженной динамикой изменений соотношения остеокальцин/ β -Cross laps ($r=-0,678$, $p=0,015$) и уровней ОЦФ ($r=-0,598$, $p=0,031$), СТГ ($r=-0,657$, $p=0,015$), АЛТ ($r=-0,583$, $p=0,037$), креатинина ($r=-0,656$, $p=0,015$), мочевины ($r=-0,561$, $p=0,046$) от подготовительного периода к соревновательному периоду и более выраженным изменением соотношения Т/К ($r=0,590$, $p=0,034$) и уровней пролактина ($r=0,709$, $p=0,007$), общего кальция ($r=0,588$, $p=0,035$) от подготовительного периода к соревновательному периоду.

Корреляционный анализ позволяет расценивать показатели, для которых выявлены статистически значимые взаимосвязи, в качестве наиболее приоритетных маркеров риска снижения МПКТ у спортсменов.

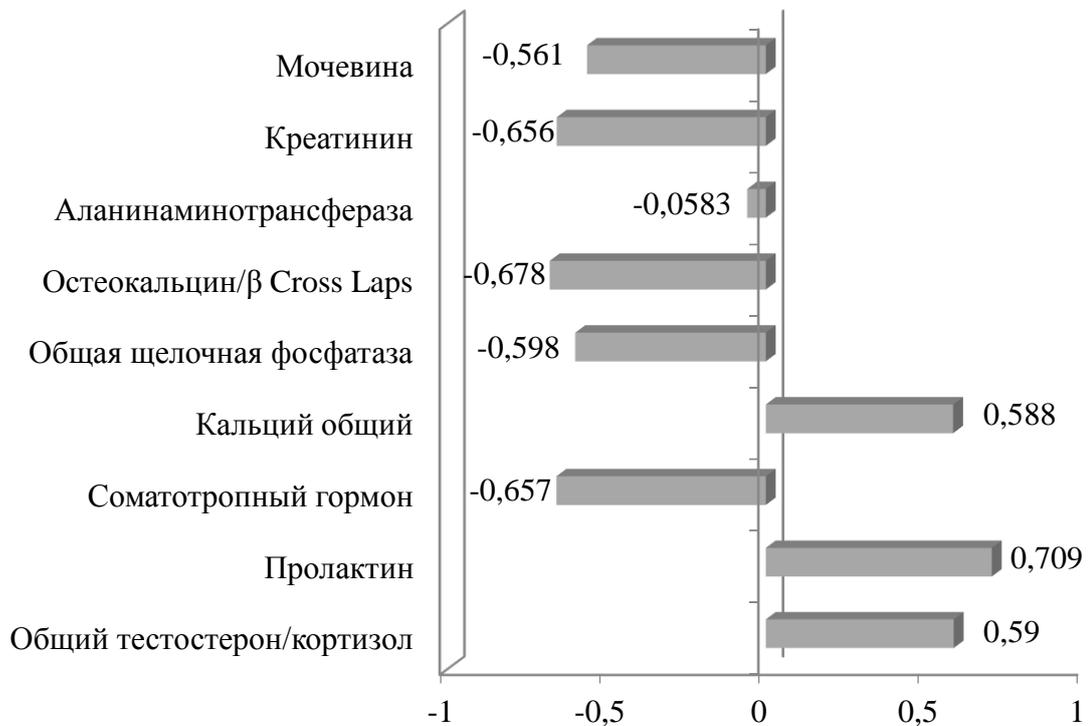


Рисунок 14 – Динамическая взаимосвязь изменения уровня минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез, костного метаболизма, биохимических показателей обмена веществ у спортсменов велотрека на протяжении подготовительного и соревновательного периодов годичного цикла подготовки

3.5. Ограничения исследования

Ограничением данного исследования служит отсутствие рандомизации спортсменов, учитывая длительный характер исследования в течение 3-х лет и отобранность групп, которые включали исключительно высококвалифицированных спортсменов с длительностью спортивного стажа от мастера спорта и выше.

К ограничениям исследования, в котором участвовали спортсмены трех специализаций и мужчины, не занимающиеся спортом на регулярной основе, в начале подготовительного периода годичного цикла подготовки можно отнести отсутствие анализа возможного действия предшествующего приема препаратов, влияющих на фосфорно-кальциевых обмен, у всех лиц, участвующих в исследовании, которые могли принимать препараты за один месяц до скринингового обследования. Спортсмены велотрека в течение трехлетнего исследования могли получать препараты кальция, витамина D, магния, фосфора согласно назначению врачей спортивных команд в соответствии с рекомендациями потребления пищевых и биологически активных веществ [118]. Критерием исключения являлось изменение в течение трех лет установленных в начале исследования медикаментозных доз и схем приема препаратов. Таким образом, к ограничениям исследования можно отнести отсутствие анализа влияния получаемой терапии препаратами солей кальция, магния, фосфора и холекальциферола у спортсменов велотрека за весь период наблюдения.

Особенностью данного исследования является отсутствие оценки показателей витамина D. Определение данного параметра не входило в программы текущего и комплексного обследования спортсменов сборных команд страны и их ближайшего резерва в связи с высокой распространенностью недостаточности витамина D в общей популяции [120]. Согласно последним исследованиям, принимая во внимание различную обеспеченность спортивных специализаций витамином D [57, 235] и его внекостные эффекты [67], положительное влияние приема препаратов холекальциферола на аэробную выносливость, анаэробную мощность и силу спортсменов [196], представляется целесообразным включение данного показателя в программы комплексного обследования спортсменов.

Для более точной оценки влияния медикаментозной поддержки на костный метаболизм представляется целесообразным оценка показателей костного обмена в группах спортсменов, получающих различные дозы препаратов солей кальция, магния, фосфора и холекальциферола на всем протяжении годичного цикла подготовки.

ГЛАВА IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Современная система подготовки спортсмена характеризуется высокими тренировочными и соревновательными нагрузками. Напряженная мышечная деятельность является мощнейшим фактором мобилизации функциональных резервов организма спортсмена, при котором значительно изменяется секреция гормонов эндокринных желез. Изменения в функциональной активности нейроэндокринной системы в свою очередь являются фактором риска нарушений костного метаболизма, создавая предпосылки для снижения костной массы и как следствие – возникновения остеопороза, характеризующегося прогрессирующим снижением минеральной плотности кости и нарушением микроархитектоники костной ткани, приводящим к повышению хрупкости кости и росту травматизма [32, 46, 58, 72, 73, 78, 120, 131, 208, 263, 271]. Исследования, посвященные взаимосвязи изменений секреции гормонов, регулирующих процессы адаптации и костный обмен, и особенностям костного метаболизма, касаются в основном популяционного аспекта, не затрагивая полноценно вопросов, связанных с напряженной мышечной деятельностью спорта высших достижений с выделением факторов риска снижения МПКТ у спортсменов, тренирующихся в различных биоэнергетических режимах с учетом этапов многолетней спортивной подготовки.

В связи с изложенным выше проведено исследование показателей активности эндокринных желез и костного метаболизма в условиях напряженной мышечной деятельности с целью определения приоритетных маркеров нарушения костного метаболизма с учетом показателей его гормональной регуляции у спортсменов высокой квалификации различных специализаций на этапах годичного цикла подготовки, что позволит формировать группы риска по развитию остеопении с целью проведения своевременных профилактических мероприятий, направленных на снижение риска патологии ОДА в спорте высших достижений.

В соответствии с поставленными задачами проведено скрининговое и динамическое (в течение трех лет) исследования с оценкой секреции гормонов, регулирующих костный обмен, и показателей костного метаболизма, включая

изучение МПКК по данным КУДЗ, у высококвалифицированных спортсменов (мс, мсмк, змс) мужского пола, как максимально соответствующих моделям спортивной деятельности [60, 84, 254], в видах спорта с ограничением гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета, что является фактором риска снижения МПКТ [106, 138, 168, 177, 209, 230, 257], но различающихся биомеханикой и биоэнергетикой основного соревновательного упражнения [73, 116, 131], на этапах годичного цикла подготовки. Указанные показатели костного метаболизма и активности эндокринных желез изучались у спортсменов в зависимости от видовой спортивной принадлежности (академическая гребля, велотрек и велошоссе, 40, 23 и 20 человек, соответственно) в начале подготовительного периода, с анализом их динамики у спортсменов велотрека (16 человек) на этапах многолетнего цикла подготовки с выделением специфических факторов риска нарушения костного метаболизма и, как следствие, снижения МПКТ, у высококвалифицированных спортсменов в процессе напряженной мышечной деятельности. Возраст обследуемых спортсменов (83 человек) и мужчин группа контроля (20 человек) соответствует пику формирования массы кости, составляя 20-28 лет [145, 249]. Спортсмены трех спортивных специализаций сопоставимы по возрасту с контрольной группой (Таблица 3), представленной мужчинами, не занимающимися спортом систематически ($p=0,885$, $p=0,138$, $p=0,788$, соответственно). Спортсмены изучаемых видов спорта (таблица 3) статистически сопоставимы по возрасту и профессиональному стажу ($p=0,083$, $p=0,789$, $p=0,282$, соответственно, и $p=0,891$, $p=0,352$, $p=0,412$, соответственно).

Результаты исследования морфологических характеристик (Таблица 4) спортсменов (академическая гребля, велотрек и велошоссе) показывают, что представители выбранных специализаций различаются по тотальным размерам тела в соответствии с модельными значениями видовой специфики [1, 83, 84, 157] с сопоставимым и хорошим уровнем физической подготовленности (равный процентный уровень развития мышечной и жировой массы, $p=0,272$, $p=0,364$, $p=0,053$, соответственно, и $p=0,909$, $p=0,373$, $p=0,217$, соответственно) [1, 2], что делает репрезентативным их сопоставление. Группа контроля от спортсменов

статистически значимо отличается большими значениями относительного уровня мышечной и жировой массы ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, соответственно, и $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, соответственно), совместно с ИМТ ($p = 0,006$, $p = 0,027$, $p < 0,001$, соответственно), что указывает на положительное влияние регулярных физических нагрузок на состав массы тела и ИМТ, значения которого в группе контроля соответствует избытку массы тела ($25,7 [24,6;27,5]$ кг/м²) [17].

Для выборки в целом, спортсменов всех изучаемых видов спорта и лиц, не занимающихся спортом регулярно, возраст которой соответствует пику формирования костной массы (20–29 лет) [78], свойственен нормальный уровень МППК, соответствующий пиковой массе кости (Таблица 5). Вместе с тем для спортсменов отмечена видовая специфичность показателей МППК: максимальные значения характерны для спортсменов велощоссе, тренирующихся в умеренной зоне мощности, минимальные – для велотрека и гребли, тренирующихся в максимальной-субмаксимальной и максимальной-большой зонах мощности, статистически значимо для МПКТ правой стопы при сравнении велощоссе и велотрека ($p = 0,014$), выделяя в группу риска виды спорта с большим объемом анаэробной составляющей в энергообеспечении соревновательного упражнения.

Известно, что регулярное систематическое повторение физических воздействий и суммирование многих следов тренировочных воздействий в организме с течением времени формирует развитие долгосрочной адаптации, как результата многократной реализации срочной. На этом этапе происходит комплексный нейроэндокринный ответ на длительное воздействие стрессового фактора, и формируются функциональные и структурные изменения на всех уровнях жизнедеятельности организма с акцентом на доминирующую систему, более ответственную за адаптацию к конкретному доминантному триггеру с формированием «системного структурного «следа» [30, 31, 64, 70, 85, 123]. Результатом процессов адаптации организма к систематическим физическим нагрузкам является высокий уровень функциональной подготовленности спортсмена, обеспечивающий достижение высокого спортивного результата [59, 123, 131]. Таким образом, спортсмены высокой квалификации и длительного стажа спортивной

деятельности являются демонстрационной моделью долговременно накопленных изменений в соответствии со спецификой видового фактора нагрузки, что позволяет рассматривать характеристики их гормонального статуса и биохимических показателей метаболизма в качестве маркеров специфичности деятельности с учетом этапа подготовки [83, 157]. Именно подготовительный этап годичного цикла подготовки, выбранный для анализа исследуемых показателей, в частности его начало после межсезонного отдыха, позволяет определять характеристики метаболизма, в большей мере отражающие многолетнюю адаптацию к специальному тренировочному воздействию.

Анализ основных показателей активности эндокринных желез, как маркеров адаптационного ответа систем организма на действие тренировочного фактора, соответствующих значениям физиологической нормы по всем изучаемым группам, и маркеров костного метаболизма, превышающих верхнюю границу референсных значений для ряда показателей костного ремоделирования у большинства представителей изучаемых видов спорта, показывает статистически значимые особенности с учетом специфики спортивной деятельности в условиях подготовительного периода годичного цикла подготовки и по сравнению с общей популяцией, представленной в виде контрольной группы лиц, не занимающихся спортом регулярно (Таблица 6).

Показатели активности гипофизарно-надпочечниковой оси (кортизол) и гипофизарно-щитовидной оси (св. Т4, ТТГ), маркеры тестостероновой функции (общий тестостерон, соотношение Т/К), уровень пролактина (Таблица 6) имеют большие значения в группах академической гребли и велотрека ($p=0,502$, $p=0,020$, $p=0,302$, $p=0,521$, $p=0,232$, $p=0,072$, соответственно), указывая на общую скоростно-силовую направленность данных видов спорта, тренирующихся в зонах максимальной-субмаксимальной мощности (велотрек) и субмаксимальной-большой мощности (академическая гребля), при минимальных уровнях данных показателей у представителей велшоссе ($p=0,012$ и $p=0,169$, $p<0,001$ и $p<0,001$, $p<0,001$ и $p=0,079$, $p<0,001$ и $p=0,012$, $p=0,006$ и $p=0,144$, $p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), что характеризует большой объем и длительность нагрузок [116]

и отчасти большой уровень стрессового воздействия у представителей данного вида спорта [70], приводящих к угнетению гормональной секреции с учетом повышения длительности нагрузки [27, 44, 70, 72, 73, 88, 130, 169, 226, 252].

Концентрации ОТ и пролактина статистически значимо выше у представителей академической гребли и велотрека по сравнению со спортсменами велошоссе ($p < 0,001$ и $p < 0,012$, соответственно, $p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно), что отражает большой объем тренировочного и стрессового воздействия в группе велошоссе, угнетающих их секрецию [70, 73, 130].

Показатели секреции тестостерона и соотношение Т/К статистически значимо выше в группе контроля (Таблица 6) по сравнению со спортсменами: академическая гребля, велотрека, велошоссе ($p = 0,003$, $p = 0,033$, $p < 0,001$, соответственно, и $p = 0,004$, $p = 0,027$, $p < 0,001$, соответственно), что соотносится с литературными данными: снижение базального уровня половых гормонов относительно группы контроля [91, 151], и, возможно, указывает на активацию компенсаторных звеньев метаболизма в ответ на напряженную мышечную деятельность, направленного на формирование защитного механизма по поддержанию уровня МПКТ за счет более активной ароматизации тестостерона в эстрогены, как одного из ключевых гормонов положительно влияющего на МПКТ у мужчин [32, 151]. Уровень пролактина в группе контроля (Таблица 6) статистически значимо выше, чем в спорте: гребля, велотрека, велошоссе ($p < 0,001$, $p = 0,001$, $p < 0,001$, соответственно), что характеризует большой объем нагрузок и их интенсивность, сопряженную со снижением пролактина у спортсменов вне зависимости от специфики тренировочного воздействия [70, 130], более высокое стрессовое воздействия в спорте по сравнению с общей популяцией [70].

Большие уровни св. Т4, периферического маркера функции щитовидной железы, выявлены у спортсменов велотрека и академической гребли ($p = 0,020$), минимальные – у велошоссе ($p < 0,001$, $p < 0,001$, соответственно), что может указывать на различия в структурно-метаболических параметрах мышечных волокон у спортивных специализаций, а именно на процентное содержания быстрых окислительных волокон, отличающихся от «быстрых» гликолитических

волокон более высоким содержанием митохондрий [24], а кроме того на угнетение активности гипофизарно-щитовидной оси с ростом объемов физических нагрузок в рамках адаптации к гипоксии у спортсменов [73].

Показатель соматотропной функции – СТГ (Таблица 6) – маркер направленности белково-синтетической процессов [17], статистически значимо максимален в группе велошоссе по сравнению с группами гребли и велотрека ($p=0,010$ и $p=0,004$, соответственно). В группе велошоссе СТГ дополнительно может маркировать активность процессов липолиза, как превалирующего источника энергообеспечения основного соревновательного упражнения [17, 74]

Маркеры углеводного обмена: инсулин и С-пептид отличаются рядом особенностей с учетом видовой спортивной специфики (Таблица 6). Уровень инсулина не обнаруживает статистически значимых различий у изучаемых видов спорта и при сравнении с группой контроля, что отражено и в других исследованиях [91]. С-пептид, как маркер наиболее точно отражающий уровень эндогенной секреции инсулина β -клетками поджелудочной железы [47], статистически значимо выше у представителей велоспорта: велотрек и велошоссе по сравнению группой гребли ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно). В группе велотрека данная особенность указывает на большую задействованность гликолитической составляющей, учитывая преимущественно анаэробные механизмы энергообеспечения основного соревновательного упражнения в данной специализации [24, 73]. У спортсменов же велошоссе под действием высокого уровня СТГ несмотря на высокие значения С-пептида, как маркера секреции инсулина, вероятно, отмечается относительный дефицит инсулина [74], который совместно с СТГ активирует липолиз [17, 74], приводя к росту свободных жирных кислот (СЖК) в крови – превалирующего источника энергии механизмов энергообеспечения основного соревновательного упражнения у спортсменов данной специализации.

В группе контроля показатели С-пептида (Таблица 6) выше, чем у представителей академической гребли ($p=0,045$) и сопоставимы со спортсменами велотрека и велошоссе ($p=0,364$ и $p=0,342$, соответственно); показатели СТГ схожи

с представителями гребли ($p=0,655$), но статистически значимо выше, чем в группе велотрека ($p=0,046$) и ниже, чем в велошоссе ($p=0,016$), что может указывать на большую сбалансированность действия данных гормонов в группе контроля по сравнению с велотреком [144], тренирующихся преимущественно в анаэробном режиме с высокой активностью процессов анаэробного гликолиза [131].

Значения альдостерона, как показателя водно-солевого обмена, маркирующего фактор тренированности, общий объем и преимущественный режим тренировочных нагрузок [62], значимо максимален в группах гребли и велошоссе ($p=0,571$) по сравнению с велотреком ($p<0,001$ и $p=0,005$, соответственно), отражая большую напряженность водно-электролитного обмена и большой объем нагрузок у спортсменов гребли и велошоссе (Таблица 6).

Показатели альдостерона в группе контроля (Таблица 6) схожи с группой велотрека ($p=0,211$) и статистически значимо ниже по сравнению со спортсменами гребли и велошоссе ($p<0,001$ и $p=0,002$, соответственно), что может указывать на меньшую напряженность водно-солевого обмена в группе контроля [62].

Показатели активности эндокринных желез, соответствуя физиологической норме во всех изучаемых спортивных специализациях, вместе с тем указывают на особенности процессов адаптации к специализированной мышечной деятельности с наибольшей выраженностью для маркеров, регулирующих баланс соотношения углеводного и липидного обменов (СТГ, С-пептид), водно-электролитного обмена (альдостерон), функции щитовидной железы (св. Т4), стрессового воздействия (пролактин) и анаболической активности (ОТ), отражая направленность энергообеспечения основного соревновательного упражнения, объем и интенсивность тренировочного воздействия, скоростно-силовую направленность спортивной специализации. Отличия группы контроля от представителей спорта затрагивают по большей части показатели, отражающие реакцию организма на стрессовое воздействие (пролактин), активность анаболических процессов (ОТ, соотношение ОТ/кортизол), маркируя напряженную мышечную деятельность спорта высших достижений, как высокоинтенсивное воздействие, приводящее к формированию специфического нейроэндокринного ответа.

Основные показатели костного ремоделирования (Таблица 6), превышая для остеокальцина и β -Cross laps референсные значения у большинства представителей изучаемых видов спорта, статистически значимо минимальны в группе веложоссе, тренирующихся в умеренной зоне мощности с высокой долей задействованности аэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения для остеокальцина по сравнению с велотреком ($p < 0,001$) и для β -Cross laps по сравнению с велотреком и греблей ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно).

Показатели костной резорбции максимальны и сопоставимы в группах велотрека и гребли ($p = 0,965$), тренирующихся в максимальной-субмаксимальной и субмаксимальной-большой зонах мощности, и направлены на повышение степени развития скоростно-силовых показателей, где для энергообеспечения основного соревновательного упражнения активно используются анаэробные механизмы [73, 131]. Для общей популяции доказано, что высокие значения маркеров костного ремоделирования являются фактором риска более быстрой потери массы кости, а повышение показателей остеорезорбции ассоциировано с более высоким риском переломов в менопаузе [78, 145]. Для данных видов спорта характерен и статистически значимый более низкий уровень соотношения остеокальцин/ β -Cross laps по сравнению с веложоссе ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно), что указывает на активацию процессов остеорезорбции у спортсменов велотрека и гребли. Таким образом, повышение процента задействованности анаэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения может выступать фактором риска снижения МПКТ у спортсменов, маркируя специализации, относящиеся в группе риска по гипотрофическим состояниям костной ткани.

Группа контроля, представленная мужчинами, не занимающимися спортом регулярно, выделяется статистически значимо более низкой скоростью костного ремоделирования по сравнению с профессиональными спортсменами (Таблица 6): уровень остеокальцина ниже по сравнению представителями гребли, велотрека и веложоссе ($p < 0,001$, $p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно), уровень β -Cross laps – по сравнению с двумя первыми специализациями ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно), что соотносится данными других исследований [168, 179, 213, 217, 223].

Уровень ОЩФ, дополнительного маркера костного синтеза [120], не обнаруживая статистически значимых различий при распределении по группам изучаемых спортивных специализаций (Таблица 6), однако статистически значимо минимален в группе контроля по сравнению со спортивной субпопуляцией ($p=0,001$, $p<0,001$, $p=0,011$, соответственно), наряду с остеокальцином, что, возможно, обусловлено активацией процессов восстановления костной ткани у спортсменов в подготовительном периоде в связи с адаптацией скелета к постоянному воздействию напряженной мышечной деятельности.

Показатели фосфорно-кальциевого обмена: фосфор, кальций общий и ионизированный, магний, отражающие активность костного метаболизма, имеют большие значения у представителей академической гребли и велотрека по сравнению с группой велошоссе, сочетаясь с большей скоростью костного ремоделирования у представителей двух первых специализаций (Таблица 6).

Статистически значимо сниженные показатели общего и ионизированного кальция у представителей велошоссе по сравнению с академической гребли и велотрека ($p=0,001$ и $p=0,001$, соответственно, и $p=0,016$ и $p=0,003$, соответственно) могут дополнительно указывать на больший объем тренировочного воздействия в связи с задействованностью данного элемента в передаче гормонального сигнала и нервно-мышечном сокращении [58, 72]. Показатели ионизированного кальция статистически значимо различаются между представителями всех изучаемых в исследовании спортивных специализаций: академическая гребля, велотрек, велошоссе ($p=0,013$, $p=0,016$, $p=0,003$, соответственно) и прямо соотносятся с показателями остеорезорбции (β -Cross laps) и обратно пропорционально – с соотношением остеокальцин/ β -Cross laps, в большей мере маркируя активность костного обмена и остеорезорбции по сравнению с уровнем общего кальция.

Большие уровни фосфора (Таблица 6) у спортсменов велотрека и академической гребли ($p=0,638$) по сравнению с велошоссе ($p=0,003$ и $p=0,016$, соответственно) могут косвенно свидетельствовать и об уровне фосфорной кислоты и АТФ, которые участвуют в энергетическом обмене, обеспечивая алактатно-лактатные варианты энергообеспечения, активнее протекающие у

представителей спорта, работающих в максимальной-субмаксимальной и максимальной-большой зонах мощности [72, 73], конечными продуктами расщепления которых является креатин и неорганический фосфор, что указывает на избыточный характер активации данной энергетической системы в данных специализациях [61]. Описанная ситуация может говорить о связи величин фосфора с уровнем МПКТ и характером преобладающей нагрузки, участвующего в минеральном обмене наряду с магнием и кальцием [58, 72, 79], и отражать совместно с кальцием степень общего восстановления после нагрузок [58].

Отсутствие статистически значимых различий в значениях магния в сыворотке крови между группами спортсменов, который важен для поддержания МПКТ [43, 46], с тенденцией к большим значениям в группе велошоссе, может указывать на необходимость его определения и в других биосубстратах организма спортсмена с целью диагностики его более точной концентрации и обеспеченности им организма спортсмена [55, 190, 211]. Снижение концентраций фосфора, кальция и магния в крови могут отрицательно отражаться на работе миокарда [58].

Статистически значимы изменения показателей фосфорно-кальциевого обмена в группе контроля по сравнению представителями спортивной субпопуляции (Таблица 6). Более низкий кальций (общей и ионизированный), чем у представителей велотрека и гребли ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно, $p = 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно), может отражать отсутствие высокоинтенсивных нагрузок скоростно-силового характера у лиц, не занимающихся спортом регулярно [58]. Снижение магния по сравнению с велошоссе ($p = 0,002$), и, напротив, повышение фосфора по сравнению с греблей и велошоссе ($p = 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно) может быть обусловлено современными особенностями питания и составом продуктов, используемых в питании в общей популяции [38, 42, 55, 99].

Показатели гормона-регулятора фосфорно-кальциевого обмена ПТГ не обнаруживают статистически значимых различий при распределении среди изучаемых спортивных специализаций (Таблица 6). Однако статистически значимо выше у спортсменов по сравнению с нетренированными лицами ($p < 0,05$), что выявлено и другими авторами [91], что может быть обусловлено необходимостью

поддержания гиперкальциемии в рамках адаптации к физическим нагрузкам [16].

Показатели фосфорно-кальциевого обмена, как маркеры минерального и энергетического обменов, отражают функциональное состояние организма спортсмена, объем тренировочного воздействия и особенности приоритетного механизма энергообеспечения основного соревновательного упражнения, а также активность костного обмена и остеорезорбции, маркируемых в большей мере уровнем ионизированного кальция. Отличия спортивной субпопуляции от группы контроля характеризуется в показателях кальция, отражающего особенности биоэнергетического тренировочного режима каждой спортивной специализации, и гормона-регулятора фосфорно-кальциевого обмена – ПТГ, направленного на активацию процессов адаптации к напряженной мышечной деятельности вне зависимости от биоэнергетического режима тренировочного воздействия.

Биохимические показатели белкового, липидного, углеводного и водно-электролитного обменов, эритропоэза, печеночных трансаминаз (Таблица 7) также отражают особенности специализированной мышечной деятельности в каждом из изучаемых видов спорта. Уровень трансаминаз, а именно АСТ, и КФК выше в группе велошоссе по сравнению с группами велотрека и гребли ($p=0,001$ и $p=0,002$, соответственно, $p=0,048$ и $p<0,001$, соответственно), что обусловлено большим объемом и длительностью тренировочных нагрузок при преимущественной заинтересованности сердечной мышцы у спортсменов велошоссе [72, 102], и сопоставимым объемом тренировочного воздействия в других специализациях ($p=0,057$ и $p=0,369$, соответственно) [26, 102]. Показатели креатинина статистически значимо ниже в группе велошоссе по сравнению с велотреком ($p=0,003$) и мочевины соотносятся с уровнем развития мышечной массы у спортсменов (Таблица 4), могут отражать степень развития скелетно-мышечной мускулатуры [18] и полноту её восстановления в подготовительном периоде [69].

Статистически значимо более низкие показатели КФК и креатинина в группе контроля по сравнению со всеми изучаемыми видами спорта: академическая гребля, велотрек и велошоссе ($p<0,001$, $p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно, $p<0,001$, $p<0,001$ и $p=0,001$, соответственно) при более низком уровне АСТ по сравнению

с академической греблей и велошоссе ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно) и мочевины по сравнению с греблей ($p = 0,004$) отражают наличие регулярных физических нагрузок в спорте [102, 154, 219] с их большим объемом в группах гребли и велошоссе [72, 102] и более медленным восстановлением в подготовительном периоде у гребцов-академистов [69], обусловленном, вероятнее, дискинезией желчевыводящих путей. Большие значения КФК у спортсменов по сравнению с контрольной группой отмечено и в других исследованиях [154].

Статистически значимо более высокие значения прямого билирубина у спортсменов академической гребли по сравнению с представителями велоспорта: велотрек и велошоссе ($p < 0,001$ и $p < 0,001$), и группой контроля ($p < 0,001$) указывают на наличие дискинезии желчных путей из-за механического фактора их пережатия, провоцируемого особенностями двигательного стереотипа гребца в лодке.

У спортсменов гребли и группы контроля большие показатели общего белка по сравнению представителями велоспорта: велошоссе ($p < 0,001$ и $p = 0,009$, соответственно) и велотрек ($p = 0,003$ и $p = 0,925$, соответственно), соотносятся с распределением кортизола во всех изучаемых в исследовании группах (Таблица 7), отражая активность процессов катаболизма в организме [47, 79, 107].

Для представителей гребли и для группы контроля характерны статистически значимо более низкие уровни липидов по сравнению с велошоссе ($p = 0,001$ и $p = 0,028$), что может указывать на различную задействованности липидов в энергообмене: увеличение доли участия липидов в процессах энергообеспечения мышечной деятельности в циклических видов спорта, тренирующихся на выносливость и повышение скоростно-силовых показателей [21, 80], с положительным влиянием на обмен липидов смешанного режима тренировок [21].

Значения глюкозы более низкие у представителей велотрека и велошоссе по сравнению с академической греблей ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно) свидетельствуют об особенностях углеводного обмена в группах велосипедистов, соотносясь с уровнем С-пептида (Таблица 6) в данных группах ($p = 0,097$) [24], дополнительно описывая особенности углеводного обмена у представителей различных специализаций велоспорта. В контрольной группе уровень глюкозы

ниже, чем у спортсменов велотрека и гребли ($p=0,031$ и $p<0,001$, соответственно), при сопоставимых значениях с группой велошоссе ($p=0,395$), что указывает на положительное влияние на углеводный обмен аэробных нагрузок [94].

Уровень эритропоэтина тенденционнo выше в велошоссе при более низких значениях в группе контроля по сравнению со спортсменами (статистически значимо по сравнению с греблей, $p=0,021$), что указывает на повышение необходимости в обеспечении доставки кислорода к работающим мышцам в процессе напряженной мышечной деятельности, особенно в видах спорта с большим процентом аэробной работы [50, 51, 107].

Биохимические маркеры обмена веществ находятся в референсных значениях у большинства представителей спортивной субпопуляции за исключением уровня КФК, что, наряду с показателями креатинина, отражает высокую интенсивность мышечной деятельности спортсменов по сравнению с лицами, не занимающимися спортом регулярно, и характеризует различия в объеме и видовой специфике тренировочных нагрузок среди изучаемых видов спорта. Высокий уровень прямого билирубина у представителей гребли по сравнению другими группами может являться косвенным маркером влияния особенностей двигательного стереотипа как механического фактора пережатия желчных путей.

Изучены взаимосвязи между показателями костного ремоделирования и активностью эндокринных желез (Таблица 8). Для всех представителей спортивной субпопуляции выявлена положительная корреляция между уровнями β -Cross laps и ПТГ: гребля – $r=0,339$, $p=0,032$, велотрек – $r=0,524$, $p=0,037$, и велошоссе – $r=0,654$, $p=0,015$, указывая на связь уровня ПТГ с активностью процессов остеорезорбции у спортсменов, что характерно и для общей популяции [120]. Выявленные корреляционные взаимосвязи указывают на повышение остеорезорбции под действием ПТГ у представителей всех изучаемых видов спорта, что в свою очередь способствует развитию гиперкальциемии вследствие вымывания кальция из депо [120] с последующим снижением массы кости [119, 120]. Именно интенсивные тренировочные нагрузки способствуют повышению секреции ПТГ [216], что подтверждается и в нашем исследовании, учитывая

взаимосвязь в группе велотрека уровня ПТГ с гормонами – кортизолом и ТТГ ($r=0,503$, $p=0,047$ и $r=0,521$, $p=,039$, соответственно), маркирующими уровень интенсивности физических нагрузок [27, 35, 87, 88, 98, 108, 146, 186, 220, 264,]. Следовательно, увеличение скорости остеорезорбции с ростом силы тренировочного воздействия по мере увеличения интенсивности анаэробных нагрузок может выступать фактором риска снижения МПКТ у спортсменов.

В спортивной субпопуляции выявлена взаимосвязь маркеров костного ремоделирования и показателей углеводного и жирового обмена. Для представителей велошоссе установлена отрицательная корреляция уровней остеокальцина и ОЩФ с показателями С-пептида ($r=-0,570$, $p=0,042$ и $r=-0,562$, $p=0,035$, соответственно) и остеокальцина с уровнем глюкозы ($r=-0,537$, $p=0,039$), что может указывать на связь показателей костного обмена с энергетическим обменом и степень участия в нем остеокальцина у спортсменов.

Для велошоссе с преимущественно аэробным характером нагрузки [73, 131], когда энергообеспечение происходит преимущественно за счет липолитических механизмов [73], наличие отрицательной корреляции между остеокальцином и С-пептидом может свидетельствовать о том, что в данной группе спортсменов понижена необходимость в остеокальцине, как участнике энергетического, в частности, углеводного обмена [34, 110, 158, 179, 189, 259, 268], оказывая, вероятно, тем самым положительное влияние на уровень МПКТ в данной группе спортсменов. Большие уровни инсулина и С-пептида в группе велошоссе (Таблица б) могут свидетельствовать о более высокой активности белково-синтетических процессов в период восстановления и отсутствие необходимости в дополнительных субстратах для поддержания энергообмена в данной группе за счет высокого уровня остеокальцина, который может принимать участие в обеспечении энергетической составляющей при физической нагрузке, что тоже отмечено рядом литературных источников [34, 179, 228]. Повышение остеокальцина может подавляться лептином по механизму отрицательной обратной связи [189, 229], секрецию которого стимулируется инсулином [47].

Для представителей академической гребли также характерна корреляция

показателей костного ремоделирования и углеводного обмена: отрицательная корреляция показателей β -Cross laps и С-пептида ($r=-0,367$, $p=0,020$), что может указывать на связь остеорезорбции с процессами энергообеспечения основного соревновательного упражнения, в связи с тем, что передача сигнала инсулина в остеобласты, необходимая для регуляции уровня глюкозы во всем организме, осуществляется посредством регуляции остеокластной активности, поскольку резорбция кости происходит при кислотности достаточной для декарбоксилирования белка и, следовательно, для перевода неактивной формы остеокальцина в биологически активную форму. Соответственно уменьшение или увеличение передачи сигнала инсулина в остеобласты зависит от остеорезорбции, являясь регулятором как синтеза кости, так и её резорбции [181, 207]. Взаимосвязь показателей остеокальцина и его декарбоксилированной формы, составляющей более чем 50% от концентрации общего остеокальцина в сыворотке крови здоровых индивидуумов от общего уровня остеокальцина [158], с показателями углеводного обмена отмечена и другими авторами у представителей общей популяции [158, 189, 207, 229, 268] и спорта [34, 179, 228].

Корреляции маркеров костного ремоделирования с показателями лабильных компонентов состава тела: 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 ($r=0,338$, $p=0,033$) может указывать на связь концентраций лептина, уровень которого взаимосвязан с уровнем развития жировой ткани [110], с активацией остеокластов посредством воздействия на систему RANK-RANKL [110]. Соответственно уровень общей физической подготовленности, отраженный в лабильных компонентах состава тела, при его снижении может сочетаться с активацией остеорезорбции, что может снижать уровень МПКТ. В велотреке корреляция соотношения ОС/ β -Cross laps с относительным количеством ЖМ ($r=0,519$, $p=0,033$), возможно, отражает снижение участия костного метаболизма в поддержании энергической составляющей основного соревновательного упражнения с задействованностью жирового обмена [110, 158], в связи с тем, что энергообеспечение основного соревновательного упражнения в данной группе

спортсменов происходит за счет гликолитической составляющей [73], а короткие тренировки не изменяют уровни адипокинов – лептина и адипонектина [169].

Таким образом, корреляционный анализ указывает на взаимосвязь углеводного и жирового обменов с активностью костного ремоделирования, отражая влияние напряженной мышечной деятельности на задействованность костного метаболизма в энергетическом гомеостазе у спортсменов, затрагивая различные звенья обменных процессов с учетом механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения. Для уточнения особенностей взаимодействия участников энергетического метаболизма у спортсменов различных специализаций необходимо проведение последующих исследований.

Для представителей велотрека тоже установлена взаимосвязь костного обмена с показателями активности эндокринных желез: корреляция уровней остеокальцин/ β -Cross laps и ОТ ($r=-0,616$, $p=0,009$), что может отражать смещение костного ремоделирования в сторону резорбции, учитывая данную отрицательную корреляцию, так как нагрузки высокой интенсивности в большей мере могут стимулировать секрецию тестостерона [247, 264, 255] и отличаются высокой степенью мобилизации функциональных резервов организма [27, 73].

Уровень ОЩФ, маркера костного синтеза, взаимосвязан с активностью эндокринных желез у части изучаемых видов спорта: у представителей академической гребли показатели ОЩФ коррелируют с уровнем СТГ ($r=0,353$, $p=0,026$), у веложоссе – с С-пептидом ($r=-0,565$, $p=0,035$), как и уровень остеокальцина, и тироксина ($r=0,661$, $p=0,05$), характеризуя зависимость активности синтеза кости от различных факторов тренировочного воздействия, специфичных для каждой спортивной специализации.

Корреляционный анализ подтверждает особенности костного ремоделирования в каждом из изучаемых в исследовании видов спорта и его связь с показателями адаптации к физическим нагрузкам, взаимосвязь костного, углеводного и жирового обменов, как части энергетического обмена. Уровень ПТГ маркирует вместе с показателями β -Cross laps активность процессов костной резорбции во всех спортивных специализациях, учитывая наличие положительной

корреляции между уровнем ПТГ и β -Cross laps для представителей всех изучаемых видов спорта, выступая и фактором риска снижения МПКТ у спортсменов.

Характер приоритетного механизма энергообеспечения основного соревновательного упражнения проявляется в особенностях костного метаболизма у представителей различных видов спорта, изучаемых в нашем исследовании. Так, метаболической ацидоз, который активнее развивается во время физической нагрузки, более характерной для скоростно-силовых видов спорта [80] с большим процентом задействованности анаэробных механизмов в тренировочной процессе, способствует повышению концентрации лактата и пирувата вследствие активного гликолиза [121], как основного источника энергии при анаэробном характере нагрузки [73, 80] в связи с подавлением активности пируватдегидрогеназы из-за недостатка кислорода [121]. Развитие метаболического ацидоза приводит к повышению активности Na^+/H^+ обмена, направленного на поддержание постоянного рН крови, что увеличивает приток ионов кальция в митохондрии [121] и может повлечь за собой повышение потребности в кальции через развитие транзиторной гипокальциемии, стимулирующей в свою очередь секрецию ПТГ с подавлением продукции кальцитонина [17, 47, 120]. Активация остеорезорбции под действием ПТГ (положительная статистически значимая корреляция уровней β -Cross laps и ПТГ у представителей изучаемых в исследовании спортивных специализаций) за счет повышения поступления кальция из костного депо (гидроксиапатита) [119] направлена на покрытие возрастающей потребности в кальции для поддержания кислотно-основного состояния при нарастании метаболического ацидоза. Секреция ПТГ приводит к ускорению костного ремоделирования [120] за счет активации остеобластов и остеокластов [17] с приоритетом процессов резорбции над синтезом, что в итоге приводит к снижению массы кости [120]: для представителей велотрека отмечена корреляция между уровнем ПТГ и кортизолом ($r=0,503$, $p=0,047$), показали которого в свою очередь указывают на интенсивность тренировочного воздействия [6, 24, 255].

Полученные данные об активности эндокринных желез, регулирующих общий и костный обмен, и особенностях костного метаболизма отражают

процессы адаптации каждого вида спорта к специализированной напряженной мышечной деятельности с учетом особенностей тренировочного процесса, маркируя его объем, интенсивность и мощность, приоритетные механизмы энергообеспечения основного соревновательного упражнения, направленность процессов восстановления в подготовительном периоде в каждой из изучаемых специализаций. Скорость ремоделирования с приоритетом остеорезорбции возрастает по мере повышения задействованности анаэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения и сочетается с повышением показателей фосфорно-кальциевого обмена, что является фактором риска снижения минеральной плотности костной ткани у спортсменов в подготовительном периоде. Показатели фосфорно-кальциевого обмена маркируют, в большей мере уровнем ионизированного кальция, активность остеорезорбции кости, а также отражают направленность процессов восстановления после физической нагрузки и особенности энергетического обмена каждого из изучаемых видов спорта. Показатели костного ремоделирования дополнительно показывают задействованность костного метаболизма, а именно остеокальцина, в обеспечении поддержания энергетического гомеостаза с учётом энергообеспечения основного соревновательного упражнения. Показатели активности эндокринных желез отражают особенности адаптации каждой спортивной специализации спортсменов к специализированной мышечной деятельности. Повышение объема и интенсивности тренировочного воздействия, скоростно-силовая направленность маркируется снижением функции щитовидной железы (св. Т4), анаболической активности (ОТ) и стрессового воздействия (пролактин) с повышением показателей водно-электролитного обмена (альдостерон) в ряду велотрек – академическая гребля – велошоссе. Приоритетные механизмы энергообеспечения основного соревновательного упражнения маркируют СТГ и С-пептид, регулирующие баланс соотношения углеводного и липидного обменов: СТГ выше у спортсменов велошоссе по сравнению с другими специализациями, а С-пептид у представителей велоспорта по сравнению с академической греблей.

Отличия с общей популяцией, представленной лицами, не занимающимися

спортом регулярно, затрагивают основные особенности функционирования и адаптации представителей спорта высших достижений к напряженной мышечной деятельности: большая активность остеосинтеза, отраженная в уровнях остеокальцина и ОЦФ, у представителей спорта направлена на поддержание процессов синтеза кости в рамках адаптации костной ткани к напряженной мышечной деятельности. Показатели активности эндокринных желез маркируют напряженную мышечную деятельность спорта высших достижений, как высокоинтенсивное воздействие с большим акцентом на показатели стрессового воздействия (пролактин), активность анаболических процессов (ОТ, Т/К), которые выше у лиц, не занимающихся физическими нагрузками регулярно, по сравнению с высококвалифицированными спортсменами.

С целью изучения механизмов взаимосвязи активности эндокринных желез, регулирующих костный обмен, и маркеров костного метаболизма с учетом показателей минеральной плотности кости проведено исследование комплекса изучаемых показателей у представителей академической гребли, разделенных на три группы (Таблица 9), статистически значимо различаются по уровню МППК ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, соответственно): ниже референсных значений (МППК 68–87%), норма (МППК 87,1–113%), превышение референса (МППК $> 113\%$).

Спортсмены академической гребли с уровнем МППК 68–87% (Таблица 10) характеризуются самым низким относительным уровнем мышечной массы и самым высоким – жировой массой (относительной и абсолютной) по сравнению с представителями гребли с уровнем МППК 87,1–113% и МППК $> 113\%$ ($p = 0,006$ и $p = 0,006$, $p < 0,001$ и $p < 0,001$, $p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно), что указывает на более низкий уровень общей физической подготовленности спортсменов данной группы [1, 2] при сопоставимых значениях показателей лабильных компонентов состава массы тела в двух других группах гребли ($p = 0,906$, $p = 0,423$, $p = 0,541$, соответственно), характеризуя их схожий уровень подготовленности [1, 2].

Показатели костного ремоделирования превышают значения физиологической нормы для β -Cross Laps и остеокальцина в большинстве групп академической гребли с различным уровнем МППК. Спортсмены с

высоконормальными значениями МППК (>113%) отличаются меньшей скоростью костного ремоделирования за счет снижения остеорезорбции по сравнению с группами с МППК 68–87% и МППК 87,1–113% (Таблица 11): более низкие уровни β -Cross laps ($p=0,023$ и $p=0,034$, соответственно) с превалированием процессов костеобразования, что отражено в статистически значимо максимальном соотношении остеокальцин/ β -Cross laps ($p=0,014$ и $p=0,006$, соответственно).

Большой уровень ОЩФ (Таблица 11), как более чувствительного маркера при выполнении аэробной работе [168], в группе спортсменов с уровнем МППК > 113% по сравнению с группами с МППК 68–87% и МППК 87,1–113% ($p=0,003$ и $p=0,016$, соответственно) может указывать на более высокий процент задействованности аэробных механизмов в энергообмене у спортсменов данной группы, что может свидетельствовать о большем уровне тренированности представителей данной группы в связи с тем, что для спортсменов данной специализации, работающих в субмаксимальной-большой зоне мощности, задействованность аэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения достигает 80%.

Для показателей фосфорно-кальциевого обмена и его гормонов-регуляторов (ПТГ и кальцитонин) статистически значимых отличий при анализе групп гребцов-академистов с различным уровнем МППК не установлено (Таблица 11), за исключением минимальных значений магния в группе с МППК 68–87% по сравнению с группой с МППК 87,1–113% ($p=0,012$), которые могут отрицательно влиять на уровень МППК, что установлено для общей популяции [23, 43, 46].

Анализ активности эндокринных желез (Таблицы 13 и 14) выявляет следующие особенности нейроэндокринного ответа у спортсменов представителей академической гребли с различным уровнем МППК. В группе с уровнем МППК 68–87% выявлен уровень ТТГ (Таблица 11), статистически значимо выше по сравнению с группой со значениями МППК 87,1–113% ($p=0,041$). Тот факт, что ТТГ – это гормон, отражающий реакцию гипоталамо-гипофизарной системы по механизму отрицательной обратной связи влияющий на более низкий уровень периферических гормонов [47], указывает на большую мобилизацию

функциональных резервов организма в данной группе спортсменов [27]. В исследованиях выявлено, что уровень ТТГ обратно взаимосвязан с числом тренировок в неделю, что говорит о возможности использования данного показателя, как маркера адаптации к физической работе [113].

Статистически значимо большие показатели инсулина и С-пептида (Таблица 11) в группе с МППК от 68 до 87% по сравнению с группами с уровнями МППК 87,1–113% и МППК >113% ($p=0,001$ и $p=0,001$, соответственно, $p=0,003$ и $p=0,016$, соответственно) сопоставимы с большей задействованностью гликолитических процессов [24] в группе с уровнем МППК 68–87%.

Для группы с уровнем МППК 68–87% выявлены тенденционно более низкие значения СТГ (Таблица 11) по сравнению с двумя другими группами академической гребли с различным уровнем МППК.

Большой уровень альдостерона (Таблица 11) в группе с уровнем МППК 68–87% по сравнению с группами академической гребли со значениями МППК 87,1–113% (статистически значимо) МППК >113% ($p=0,001$ и $p=0,042$, соответственно) свидетельствует о большей задействованности характеристик водно-солевого обмена и высокой скорости протекания окислительно-восстановительных процессов, что отмечено и рядом других авторов [62]. Изменения показателей углеводного обмена и клубочковой зоны коры надпочечников может указывать на более низкий уровень готовности к выполнению физической работы в группе академической гребли с уровнем МППК 68–87%.

В группе академической гребли с уровнем МППК 68–87% минимальны уровни пролактина (Таблица 11) по сравнению с группами МППК 87,1–113% и МППК >113% ($p=0,033$ и $p=0,029$, соответственно), что может указывать на снижение адаптационных возможностей к стрессу в связи с тем, что при высоких резервах организма в ответ на действие стресса происходит повышение данного гормона [35, 70, 98, 130], кроме того, на уменьшение остеобразования под действие физиологических концентраций пролактина [93].

Показатели глюкокортикоидной и тестостероновой функции эндокринных желез (Таблица 12), оставаясь в пределах референсных значений, статистически

значимо не отличаются в группах академической гребли с различным уровнем МППК за исключением уровня свободного тестостерона, который статистически значимо выше у спортсменов с уровнем МППК 68–87% по сравнению со спортсменами со значениями МППК 87,1–113% и МППК >113% ($p=0,003$ и $p=0,004$, соответственно), и показателей, отражающих направленность метаболизма андрогенов в сторону синтеза свободного тестостерона: статистически значимо более высокое соотношение СТ/ОТ и более низкое ДГТ/СТ в группе с МППК 68–87% по сравнению со спортсменами гребли с уровнем МППК 87,1–113 % и МППК > 113 % ($p=0,001$ и $p=0,002$, соответственно, $p=0,027$ и $p=0,042$, соответственно). Описанная ситуация может отражать задействованность процессов компенсации в случае сложившейся остеопении: во-первых, свободный тестостерон своим прямым действием способствует увеличению продолжительности жизни остеокластов и остеобластов [32], во-вторых, в периферических тканях и органах свободный тестостерон посредством ароматизации в эстрон [40] дополнительно снижает активность остеорезорбции и повышает синтез костной ткани [32, 65]. Именно эстрогены являются критическим и важным гормоном костного метаболизма и поддержания уровня МПКТ у обоих полов [40]. У спортсменов мужского пола также отмечена важность направленности метаболизма половых гормонов в сторону повышения уровня эстрогенов для поддержания метаболизма кости [151]. Таким образом, у представителей гребли с уровнем МППК 68–87% сформирован механизм, направленный на предотвращение дальнейшего снижения массы кости.

Показатели активности эндокринных желез (Таблицы 13 и 14), находясь в рамках физиологической нормы в каждой группе спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК (Таблица 9), указывают на более низкий уровень готовности к выполнению физической работы спортсменов академической гребли с уровнем МППК 68–87%, отмечая у них в некоторой степени более высокую напряженность и активацию функциональных резервов со снижением адаптационных возможностей и остеосинтеза, повышение риска нарушения водно-солевого обмена с большей задействованностью гликолитических механизмов при

активации процессов, направленных на повышение МПКТ путем влияния на метаболизм тестостерона. Спортсмены гребли групп со значениями МППК $> 113\%$ и МППК 87,1–113% сопоставимы по уровню активности эндокринных желез (Таблицы 13 и 14), что указывает на схожий уровень подготовленности спортсменов данных групп [24, 30, 31, 72].

Маркеры активности липидного, углеводного, водно-электролитного, белкового обменов, эритропоэза, аминотрансферазы (АЛТ и АСТ) соответствуют референсным значениям по всех группах академической гребли с различным уровнем МППК, за исключением показателей КФК, превышающего верхнюю границу физиологической нормы во всех группах (Таблица 13). В группе с уровнем МППК 68–87% на большую напряженность переносимости тренировочных нагрузок и, следовательно, на более низкий уровень подготовленности, указывают значения следующих маркеров общего обмена: большие уровни КФК, креатинина, общего и прямого билирубина, холестерина, мочевины и общего белка [26, 59, 69, 72, 219], который тенденционнo ниже по сравнению с группами с уровнем МППК 87,1–113% и МППК $> 113\%$, статистически значимо последнего показателя по сравнению с группой МППК $> 113\%$ ($p=0,017$). Так, тенденционнo более высокие значения КФК и мочевины могут свидетельствовать о повышенном утомлении [69, 72] и менее полном восстановлении скелетно-мышечной ткани в подготовительном периоде после интенсивных физических нагрузок в группе с МППК 68–87%. Одной из причин повышения уровня КФК в крови является механическое повреждение мышечной ткани по время физической нагрузки и, возможно, низкие адаптационные возможности антиоксидантных систем, направленных на борьбу со свободными радикалами, образующимися в результате метаболического стресса в ходе тренировочного процесса [124]. Тенденционнo больший уровень креатинина, как маркера водно-электролитного баланса [102], совместно с альдостероном (Таблица 11), характеризуют напряженность водно-солевого обмена в группе спортсменов с уровнем МППК 68–87%. Тенденционнo большие уровни билирубина могут соотноситься с ухудшением восстановления спортсменов из данной группы к следующему сезону [102]. Существует взаимосвязь между

синтезом белка и катаболическими процессами, происходящими как на фоне физической нагрузки, так и после ее завершения [79]. Статистически значимо более высокие значения общего белка в группе с уровнем МППК 68–87% по сравнению с группой академической гребли с уровнем МППК > 113% ($p=0,017$), что может косвенно указывать на нарушение синтеза белка за счет преобладания катаболических процессов у спортсменов с уровнем МППК 68–87%. Кортизол, уровень которого тенденционно максимален в группе спортсменов с МППК 68–87%, запускает в организме следующие обменные процессы: увеличивает отложение гликогена в печени, усиливает распад мышечной ткани [47, 79] и синтез белков плазмы крови [75, 185], что сопровождается снижением массы тела, увеличением экскреции натрия почками с активацией ренин-ангиотензиновой системы и секреции альдостерона [47, 79], и в изменениях белкового, углеводного и водно-солевого обменов в группе спортсменов с уровнем МППК 68–87%.

Для группы с уровнем МППК 68–87% характерны и более активные изменения водно-солевого обмена, на которые указывают статистически значимые отличия уровня калия по сравнению с группой академической гребли с уровнем МППК 87,1–113% ($p=0,002$, соответственно), как показателя ионного гомеостаза, отражающего состояние водно-электролитного обмена и соотносящегося с большим уровнем альдостерона для данной группы (Таблица 11). Снижение в плазме показателей натрия на 10% или повышения калия на схожую величину стимулирует выделение альдостерона [17].

В группах спортсменов академической гребли со значениями МППК 87,1–113% и МППК >113% уровни показателей обмена веществ статистически не различаются. Более низкие концентрации мочевины, холестерина, креатинина, билирубина, общего белка и максимальные – эритропоэтина характеризуют более высокий и сопоставимый уровень тренированности спортсменов данных групп по сравнению со спортсменами с значениями МППК 68–87% [26, 59, 69, 72, 107]. Тенденция к более высоким уровням трансаминаз в данных группах может указывать на лучшие характеристики силовых показателей, в том числе на степень развития мышечной массы, учитывая взаимосвязь уровней АЛТ и АСТ с

интенсивностью белкового синтеза в работающих мышцах в восстановительный период [71]. Более низкие значения КФК указывают на лучшее восстановление спортсменов данных групп в подготовительном периоде [69, 72]. Более низкие уровни глюкозы, соотносящиеся напрямую с показателями углеводного обмена (инсулин и С-пептид) и кортизола, участвующих в регуляции углеводного обмена, характеризуют большую сбалансированность процессов гликолиза и глюконеогенеза [72] в данных группах спортсменов академической гребли по сравнению с группой спортсменов с МППК 68–87%. Более низкий уровень холестерина в группе с нормальным уровнем МППК по сравнению с группой с МППК 68–87% ($p=0,027$) и близкий к уровню в группе с высокими значениями МППК ($p=0,203$) указывает на активное участие липидов в процессах энергообеспечения мышечной деятельности [21]. Статистически значимо большие уровни эритропоэтина в группах с показателями МППК $> 113\%$ и МППК 87,1–113% по сравнению с группой с МППК 68–87% ($p=0,014$ и $p=0,001$, соответственно), объединяющие группы минеральной плотности, находящейся в пределах нормальных значений ($p=0,706$), стимулирует эритропоэз, увеличивая тем самым количество гемоглобина и улучшая в результате транспорт кислорода к мышечной ткани по время выполнения физической работы, повышая спортивную результативность спортсменов [50, 51, 107] в группах гребли, где МППК $> 87\%$.

Показатели активности обменных процессов (Таблица 13) обнаруживают статистически значимые отличия у спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК (Таблица 9), характеризуя особенности переносимости физических нагрузок спортсменов с различным уровнем МППК. Статистически значимо более высокие показатели общего белка и более низкие значения эритропоэтина в группе с уровнем МППК 68–87% по сравнению с группами академической гребли со значениями МППК 87,1–113% и МППК $> 113\%$ дополняют общую оценку работоспособности спортсменов с уровнем МППК 68–87%, отображая их более низкий уровень физической подготовленности. Отсутствие статистически значимых различий в биохимических показателях общего обмена в группах академической гребли со значениями МППК 87,1–113%

и МППК > 113% характеризует их сопоставимый уровень тренированности.

Таким образом, маркеры костного метаболизма отражают особенности механизмов костеобразования в каждой группе спортсменов академической гребли с различным уровнем МППК: активация остеорезорбции, отраженная в меньших уровнях соотношения остеокальцин/ β -Cross Laps за счет роста β -Cross Laps и ОЩФ, соотноситься с активностью эндокринных желез, отражающих особенности адаптации каждой из групп к физическим нагрузкам, и регулирующих в большей мере углеводных обмен (инсулин и С-пептид) и процессы анаболизма (СТ, СТ/ОТ), маркируя снижение адаптационных возможностей организма и уровня общей физической подготовленности у спортсменов с меньшими значениями МППК, которые дополнительно отражены в лабильных компонентах состава массы тела, маркируя тем самым факторы риска снижения МПКТ большей активацией остеорезорбции у спортсменов во сниженным уровнем общей физической подготовленности.

Корреляционный анализ индивидуальных данных показателей спортсменов академической гребли позволяет дополнить выявленные особенности, продемонстрировав, что показатели костного обмена определяться как сложившимися в процессе долговременной адаптации межсистемными взаимосвязями, так и текущим состоянием обмена веществ (Таблицы 14–16).

Факторный анализ показывает (Таблица 14), что значения МППК в условиях тренировочного процесса находится под преимущественным влиянием уровня общей физической подготовленности и переносимости тренировочного воздействия, а костный обмен, являясь составляющей общего обмена, отражает адаптацию организма к напряженной физической деятельности.

Корреляционный анализ показывает, что характеристики лабильных компонентов тела (процентное содержание мышечной и жировой масс) во всех группах академической гребли с различным уровнем МППК взаимосвязаны с показателями костного обмена, активностью эндокринных желез, минерального, белкового, липидного, углеводного и водно-электролитного обменов (Таблицы 15 и 16), что отмечено и в общей популяции [7, 110, 158]. Разнонаправленные

корреляции остеокальцин/ β -Cross Laps с лабильными компонентами состава тела, а именно отрицательная и положительная корреляции с относительным содержанием жировой и мышечной масс, соответственно, может косвенно указывать на активацию лептином функции остеокластов через систему RANK-RANKL [110], что может приводить к росту остеорезорбции и снижению МПКТ [78] у лиц с большим уровнем развития жировой массы, количество которой прямо соотносится с концентрацией лептина [110]. Результаты корреляционного анализа подтверждают взаимосвязь маркеров костного метаболизма с механизмами общей адаптации к физическим нагрузкам и общей подготовленностью спортсменов, которая отражается в уровнях жировой и мышечной массы [2], а уровень последней соотносится и с преимущественным путем энергообеспечения мышечной деятельности (аэробной и анаэробной производительностью) [244]. Следует отметить, что взаимосвязь маркеров костного обмена с композитным составом массы тела отмечена в общей популяции [110, 158], и в спорте [34, 169, 179, 228].

Результаты корреляционного анализа показывают, что показатели костного обмена определяются как сложившимися в процессе долгосрочной адаптации межсистемными взаимосвязями, так и текущим состоянием обмена веществ, и подтверждают взаимосвязь МПКТ с механизмами общей адаптации к напряженной мышечной деятельности и общей подготовленностью спортсменов, которая отражена в показателях лабильных компонентов состава массы тела.

Таким образом, характеристики костного метаболизма находятся под преимущественным влиянием уровня общей физической подготовленности и переносимости тренировочного воздействия, являясь составляющей общего обмена, обеспечивающего адаптацию организма к напряженной мышечной деятельности, а активация остеорезорбции может выступать факторами риска потери массы кости у спортсменов со сниженным уровнем общей физической подготовленности, отраженной в лабильных компонентах состава массы тела.

С целью оценки особенностей динамики маркеров костного метаболизма и показателей функциональной активности эндокринных желез, регулирующих метаболизм кости и процессы адаптации, для выявления факторов риска снижения

МПКТ в условиях различных периодов тренировочного процесса проведено динамическое исследование изучаемых показателей на этапах годового цикла подготовки по протяжении трех лет у высококвалифицированных спортсменов, на примере представителей велотрека.

Выявлены значимые различия концентрации маркеров костного ремоделирования в условиях подготовительного периода и соревновательного периода годового цикла подготовки (Таблица 18, Рисунки 2 и 3). При физических нагрузках соревновательного периода отмечается повышение уровня маркера костной резорбции – β -Cross laps ($p=0,011$) и, напротив, снижение концентраций маркеров костеобразования – ОЩФ ($p=0,004$) и остеокальцина ($p=0,002$) по сравнению с подготовительным периодом. Другими авторами установлены в ходе исследования схожие изменения маркеров костного ремоделирования у спортсменов-любителей [9, 98]. Полученные нами данные свидетельствуют о преобладании резорбции кости над синтезом в соревновательном периоде, что подтверждается снижением соотношения остеокальцин/ β -Cross laps ($p=0,002$) от подготовительного периода к соревновательному периоду. Изменение костного ремоделирования полностью соотносится с динамикой показателей фосфорно-кальциевого обмена (Таблица 19, Рисунок 4).

Концентрация ионизированного кальция – форма кальция, обладающая физиологической активностью [58], в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом снижается статистически значимо ($p=0,001$), как и концентрация фосфора ($p=0,036$). Снижение концентраций ионизированного кальция и фосфора на фоне физической нагрузки установлено и другими авторами [9, 49, 58, 61, 72, 98], что обусловлено повышением их задействованности в обменных и энергических процессах [58, 61, 72, 79], выступая прогностическим признаком увеличения риска травматизма у спортсменов и являясь доказанным фактором риска снижения МПКТ в общей популяции [23, 43, 46, 120]. Снижение ионизированного кальция в крови, как и сама физическая нагрузка [4, 9, 98, 159, 216], может стимулировать секрецию ПТГ, что может приводить к усилению резорбции кости [120], отражаясь в динамике маркеров костного ремоделирования,

установленной нами при изменении физической активности от подготовительного периода к соревновательному периоду. Снижение фосфора тенденционно от подготовительного периода к предсоревновательному периоду связана с уменьшением общего объема нагрузки в предсоревновательном по сравнению с подготовительным периодом.

Показатели общего кальция тенденционно повышаются от подготовительного периода к соревновательному периоду при достоверном снижении данного показателя в предсоревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,008$). Разнонаправленное изменение показателей общего и ионизированного кальция от подготовительного периода к соревновательному может указывать на необходимость оценки уровня общего кальция с использованием формул для расчета данного показателя скорректированного по уровню альбумина, как более точного метода в оценке показателей общего кальция [114] в связи с изменениями белкового обмена в период соревнований за счет роста альбумина [13, 75] в следствие компенсаторной реакции, направленной на повышение эффективности связывания метаболитов [13], зависимостью уровня ионизированного кальция от кислотно-щелочного баланса и обеспеченности организма альбумином [46]. Схожая динамика показателей общего кальция в соревновательном периоде отмечена и другими авторами [109].

Тенденция к повышению концентрации магния в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,767$) возможно объясняется избыточной активацией физиологических механизмов при повышении активности гипофизарно-надпочечниковой оси и функции щитовидной железы на фоне напряженной мышечной деятельности соревновательного периода, направленных на поддержание электролитного баланса в крови с истощением его депо в мышцах, костной ткани, эритроцитах [55, 190]. Рядом автором отмечено увеличение уровня магния в плазме после выполнения эргометрического теста, которое сочеталось со снижением его концентрации в эритроцитах и сопровождалось значительным повышением уровня кортизола и Т3 [190]. Повышение кортизола выше референсных значений и активация щитовидной железы за счет роста св. Т4,

превышающего верхнюю границу физиологической нормы, отмечено и в нашем исследовании (Таблица 20). Следует обратить внимание, что показатели магния в сыворотке и/или плазме могут отличаться от уровня магния в эритроцитах: при физиологической норме магния в сыворотке выявлен дефицит магния в эритроцитах у 50% обследованных студентов с хроническим стрессом по сравнению с группой контроля [99], поэтому при существовании хронического дефицита магния сывороточные уровни магния часто находятся в пределах нормального референсного диапазона [211], что высвечивает важность определения концентрации данного макроэлемента в нескольких биосубстратах у спортсменов на фоне напряженной мышечной деятельности для выявления истинного дефицита данного макроэлемента. Динамика тенденции к повышению уровня магния от подготовительного периода к предсоревновательному периоду объясняется более высокой физической активностью в подготовительном периоде по сравнению с предсоревновательным периодом, что характерно по литературным данным для большинства спортсменов на фоне физической нагрузки [101].

Динамика снижения показателей фосфорно-кальциевого обмена отражает функциональное состояние организма спортсмена, свидетельствуя об интенсивности минерального и энергетического обменов [58, 61], выступает фактором риска снижения МПКТ у спортсменов, в связи с тем, что данные макроэлементы являются основными участниками процесса минерализации костного матрикса и их снижение – доказанный фактор, отрицательно влияющий на минеральную плотность кости в общей популяции [23, 43, 46, 120].

Выявленные изменения костного метаболизма, возникающие у спортсменов, обусловлены изменением функциональной активности эндокринных желез от подготовительного периода к соревновательному периоду годового цикла.

Нами выявлены значимые различия в функциональной активности эндокринных желез, оказывающих влияние на показатели метаболизма костной ткани, в условиях подготовительного периода и соревновательного периода годового цикла подготовки спортсменов велотрека высокой квалификации (Таблица 20, Рисунки 5–9).

В соревновательный период отмечается статистически значимое повышение секреции катаболического гормона кортизола ($p=0,028$), выше верхней границы референса, и, напротив, тенденционное снижение анаболического гормона ОТ ($p=0,402$) в пределах физиологической нормы с уменьшением анаболической активности, что отражается в динамике достоверного снижения соотношения Т/К – индекса анаболизма ($p=0,013$), ниже нормы – менее 3 [72, 155].

С одной стороны, активация гипофизарно-надпочечниковой оси является проявлением процесса адаптации спортсмена к мышечной работе [30, 31, 64, 70, 123] и может относиться к положительным механизмам адаптации, направленным на достижение максимальной спортивной результативности [59, 123, 131]. С другой стороны, глюкокортикоиды активируют процессы катаболизма в организме [47], что отрицательно влияет на показатели МПКТ [32, 78, 120, 184, 267], учитывая замедление костного синтеза, отраженного в снижении остеокальцина, как и в нашем исследовании (Таблица 18), так и по данным литературы [120, 184, 267], и росте остеорезорбции, выявленном в нашего исследования (Таблица 18) и данным литературы в общей популяции [120], со снижением минерализации костного матрикса [78]. Исследования ряда авторов показывают наличие достоверно положительной корреляции уровней кортизола и β -Cross laps до и после нагрузки ($r=0,52$ и $r=0,49$, соответственно) у спортсменов-любителей [98]. Кроме того, определенный вклад в подавление образования кости при гиперкортицизме вносит и понижение уровня тестостерона в крови у мужчин [32], который оказывает важное положительное влияние на уровень МПКТ [32, 202].

Доказательством влияния именно изменения степени интенсивности напряженной мышечной деятельности на динамику изучаемых показателей гормональной секреции являются литературные данные. Физическая работа при её достаточной интенсивности и длительности является стимулом для усиления адренкортикальной активности, повышая секрецию кортизола [6, 24]. Таким образом, уровень кортизола является показателем интенсивности физической нагрузки, вызывающей рост его концентрации при достаточной ее выраженности [87, 88, 98, 108, 186, 220], что характерно для соревновательного периода [62].

Поскольку кортизол оказывает на костную ткань катаболическое действие, его рост можно расценивать как фактор риска снижения МПКТ у спортсменов.

Кроме того, при высокоинтенсивной физической нагрузке и при выраженном стрессе, происходит снижение уровня тестостерона в крови [27, 44, 70], нормализация которого совместно с кортизолом может занимать нескольких дней, влияя на восстановление спортсмена после тренировки [161]. Таким образом, с одной стороны тестостерон – анаболический гормон, повышающий МПКТ, с другой стороны – регулятор общего состояния организма. При переносимых повышениях нагрузки секреция тестостерона увеличивается или не изменяется [107, 169]. В случаях, когда организм спортсмена находится в состоянии утомленности либо нагрузка неадекватна, отмечается его снижение [72, 73, 91], которое является маркером синдрома перетренированности [187].

Снижение индекса анаболизма – соотношения Т/К ниже нормы (менее 3,0) [72, 155] от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p=0,013$), указывает на первые признаки перетренированности, являясь её ранним маркером [44, 72, 155], и на превышение активности катаболических процессов над анаболической составляющей. Рядом авторов выявлена достоверная положительная корреляция индекса тестостерон/кортизол и объема тренировочной нагрузки при различной интенсивности физической работы [136], что говорит о возможности применения данного соотношения для оценки гормональных изменений у спортсменов. Следовательно, фактором риска развития патологии костной ткани в виде снижения массы кости является снижение индекса анаболизма (соотношение тестостерон/кортизол) ниже референсных значений.

Динамика тенденции снижения уровня кортизола ($p=0,926$) и повышение ОТ и соотношения Т/К ($p=0,470$, $p=0,925$, соответственно) от подготовительного периода к предсоревновательному объясняется большей физической активностью в подготовительном периоде по сравнению с предсоревновательным периодом.

Кроме изменения уровня кортизола и ОТ, нами выявлено снижение уровней анаболических гормонов от подготовительного периода к соревновательному периоду в пределах референсных значений: СТГ ($p=0,093$), пролактина ($p=0,016$),

инсулина ($p=0,347$), и статистически значимое повышение гормона щитовидной железы св. Т4 ($p=0,001$), выше верхней границы физиологической нормы, совместно с ТТГ ($p=0,002$), регулирующим его секреции.

Недостаточная секреция инсулина отражается негативно на уровне МПКТ, снижая синтез коллагена и ЦФ, минерализацию костного матрикса с формированием гиперпаратиреоза [56, 66, 120]. Как наши данные, так и результаты различных исследований демонстрируют снижение концентрации инсулина в крови под влиянием мышечной работы [179, 231, 238, 239]. На снижение секреции инсулина и рост катаболической активности указывает и статистически значимое повышение соотношения кортизол/инсулин от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p=0,039$), раскрывая баланс между действием данных гормонов на углеводный обмен [133], что характерно для скоростно-силовых видов спорта на фоне физической нагрузки [139]. Рост соотношения кортизол/инсулин может свидетельствовать о стимуляции глюконеогенеза из белка, как субстрата, образовавшегося в большем количестве за счет катаболического эффекта глюкокортикоидов [219], активации процессов катаболизма [104].

Негативное влияние на МПКТ оказывает и снижение СТГ [19, 200, 234]. В соревновательном периоде и другими авторами отмечено уменьшение его секреции [62, 91], что может наблюдаться при перетренированности [129, 187].

Повышение уровня гормонов щитовидной железы выше референсных значений активирует костное ремоделирование с превалированием остеорезорбции над синтезом, что приводит в итоге к потере костной массы [22, 120, 202]. При тиреотоксикозе может снижаться уровень кальция в крови [22]. Рост тиреоидных гормонов во время физической нагрузки соответствует данным литературы [24, 27, 35, 180, 194, 256], говоря об экстремальном физическом воздействии в случае высокой тиреоидной активности [146], что характерно для нашего исследования, учитывая превышение верхней границы физиологического нормы для св. Т4 в соревновательном периоде у представителей велотрека.

Повышение пролактина рассматривается как фактор риска снижения МПКТ [11, 120], однако в физиологических концентрациях пролактина действует

положительно на формирование кости [93]. Вместе с тем, рост пролактина происходит на фоне стрессового воздействия в противовес катаболическому эффекту глюкокортикоидов [70] и во время физической нагрузки [35, 98]. Однако длительный стресс угнетает секрецию пролактина за счет воздействия гиперкортизолемии [70]. При перетренированности у спортсменов отмечается снижение или отсутствие изменений пролактина [130, 165, 187]. Предполагается наличие анаболических эффектов у данного гормона [24]. Таким образом, в нашем случае снижение пролактина от подготовительного к соревновательному периоду уменьшает его физиологический остеанаболический потенциал и характеризует соревновательную нагрузку, как избыточную и негативно влияющую на МПКТ.

Установлено, что в процессе многолетнего цикла подготовки у высококвалифицированных спортсменов динамика показателей костного метаболизма находится в прямой связи с изменениями функциональной активности эндокринных желез, маркирующих направленность адаптации к тренировочным нагрузкам. При напряженной мышечной деятельности соревновательного периода во время подавления костеобразования и роста костной резорбции отмечается повышение секреции гормонов кортизола и св. Т4, выше референсных значений, оказывающих тем самым остеокатаболические эффекты на обменные процессы, и являющихся дополнительно индикаторами степени интенсивности физической работы, и, напротив, снижение уровня анаболических гормонов: тестостерона, СТГ, пролактина и инсулина, которые выступают регуляторами общего состояния организма спортсмена и переносимости тренировочного воздействия, со снижением соотношения тестостерон/кортизол (индекс анаболизма) и повышением соотношения кортизол/инсулин, что указывает на приоритет процессов катаболизма над анаболизмом в соревновательном периоде. Описанная динамика гормональной секреции отражает долговременную адаптацию к повышению интенсивности физических нагрузок, и может обуславливать накопление изменений минеральной плотности кости, являясь основой изменения баланса резорбтивных и костеобразующих процессов в пользу остеорезорбции, что негативно влияет на МПКК и сочетается с изменением

показателей фосфорно-кальциевого обмена и костного ремоделирования.

Наряду с выявленными изменениями функциональной активности эндокринных желез и маркеров костного метаболизма установлены значимые различия и в биохимических показателях состояния обмена веществ (Таблица 21, Рисунки 10–13), отражающих процессы адаптации к физической работе [72] и свидетельствующих об изменении интенсивности и объема физической нагрузки от подготовительного периода к соревновательному периоду годичного цикла.

Снижение уровня глюкозы статистически значимое в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,001$) ниже референса обусловлено ростом физической активности и увеличением энерготрат [108]. Снижение глюкозы при мышечной работе, вплоть до гипогликемии, может выступать маркером стресса и перетренированности, отражать истощение запасов гликогена и/или нарушение гликогенолитического метаболизма [64, 113, 147].

Повышение концентрации эритропоэтина достоверно в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,041$) обусловлено также повышением физической активности, возрастанием энергетических затрат и потребности мышц в кислороде, для реализации которых необходимо увеличение эритропоэза и кислородного транспорта за счет эритроцитоза [50, 51, 107].

Тенденционно повышение уровней билирубина общего и прямого от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p=0,172$ и $p=0,116$, соответственно) может указывать на рост степени гемолиза в период интенсивных физических нагрузок [219], что обусловлено ростом количества эритроцитов вследствие повышения скорости эритропоэза под действием эритропоэтина.

Повышение уровня общего белка статистически значимо в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,023$) может быть отражением дегидратации организма спортсмена, учитывая, что рядом авторов выявлена отрицательная корреляция динамики количества воды в организме с уровнями общего белка ($r=-0,789$, $p=0,0008$) и альбумина ($r=-0,596$, $p=0,025$) в соревновательном периоде [75]. Рост общего белка может указывать на активацию процессов катаболизма [79], установленной нами в соревновательном периоде за

счет роста кортизола и Т4, высокая активность которых приводит к усилению распада мышечного белка [17], способствуя в печени синтезу только белков плазмы крови за счет усиленного притока аминокислот из катаболизированных белков мышц [75, 185]. Повышение катаболической активности угнетает остальной белковый синтез, что тоже отражается в повышении белка плазмы крови [79].

Тенденция к повышению мочевины в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом ($p=0,055$) может говорить об активации процессов катаболизма в соревновательном периоде [128]. Ряд исследователей обращают внимание на факт соответствия между ростом интенсивности физической нагрузки и приростом уровня мочевины у высокотренированных спортсменов, что не отмечается у спортсменов при не соответствии интенсивности нагрузок и их переносимости или при нарушении процессов восстановления [128].

В соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом происходит значимое повышение уровня холестерина ($p=0,002$) за счет увеличения концентрации СЖК в крови вследствие усиления липолиза на фоне активной секреции кортизола [17, 47], действие которого также направлено на обеспечение возросшей потребности в энергетических субстратах на фоне повышения физической нагрузки [73]. У спортсменов содержание холестерина, как в покое, так и после физической нагрузки может быть повышено [103, 109, 113].

Снижение уровня глюкозы и повышение концентрации общего белка, эритропоэтина, холестерина и билирубина, общего и прямого, связано с повышением интенсивности физических нагрузок в соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом, что сопровождается ростом потребности в энергосубстратах, а прирост мочевины отражает снижение процессов адаптации к данной высокоинтенсивной физической нагрузке.

Снижение концентрации креатинина ($p=0,001$), трансаминаз (АСТ и АЛТ, $p=0,345$ и $p=0,220$, соответственно) и КФК ($p=0,552$) обусловлено уменьшением в соревновательном периоде суммарного объема нагрузки по сравнению с подготовительным периодом [75, 79, 102, 124]. Снижение уровня КФК от подготовительного периода к соревновательному периоду отмечается у

представителей большей части циклических видов спорта у лиц обоего пола [125].

Динамика изменения биохимических показателей обмена веществ от подготовительного периода к соревновательному периоду отражает различную по интенсивности физическую нагрузку, маркируя направленность процессов срочной адаптации на мобилизацию энергетических резервов в период нагрузок соревновательного периода.

Выявленные особенности изменения показателей костного метаболизма и активности эндокринных желез (Таблицы 18–20) у высококвалифицированных спортсменов велотрека, сочетаются с динамикой значений МППК (Таблица 17 и Рисунок 1) на этапах годового цикла подготовки (тест Фридмана, $p=0,002$), изменения которой статистически значимы в условиях физической нагрузки различной интенсивности – подготовительного и соревновательного периода годового цикла подготовки ($p=0,001$), что объясняется сочетанным воздействием гравитационного фактора нагрузки и метаболическими изменениями.

Таким образом, нами выявлены характерная динамика маркеров костного метаболизма под влиянием функциональной активности эндокринных желез, изменяющихся под действием напряженной мышечной деятельности, которые ассоциируются с изменением значений МППК и могут выступать факторами риска снижения МПКТ у спортсменов на этапах годового цикла подготовки.

С целью поиска наиболее информативных маркеров риска снижения МПКТ в условиях напряженной мышечной деятельности проведен анализ динамических корреляционных связей изменения от подготовительного периода к соревновательному периоду МППК и маркеров костного метаболизма, показателей активности эндокринных желез, биохимических показателей общего обмена (Рисунок 14), которые дополнили представления о влиянии изучаемых показателей на снижение массы кости в период нагрузок соревновательного периода.

Динамическая положительная корреляция изменения уровня МППК и соотношения Т/К ($r=0,590$, $p=0,034$), маркера активности анаболических процессов в организме спортсмена [44] и перетренированности [72, 155], указывает на снижение переносимости физических нагрузок у спортсменов с более выраженным

снижением МППК от подготовительного периода к соревновательному периоду. Следует отметить, что снижение уровня тестостерона и повышение кортизола – доказанные факторы развития риска патологии кости [32, 120, 184, 202]. Следовательно, нами установлена приоритетная значимость ОТ и кортизола, необходимых для расчета индекса анаболизма (тестостерон/кортизол \times 100%), по сравнению с другими гормонами, регулирующими костный обмен у спортсменов, что является спецификой отражения приоритетного формирующего влияния интенсивных нагрузок на костный метаболизм.

Динамические корреляции изменения уровней МППК и обмена веществ от подготовительного периода к периоду соревнований: АЛТ ($r=-0,583$, $p=0,037$), креатинин ($r=-0,656$, $p=0,015$), мочевины ($r=-0,561$, $p=0,046$), указывает на большую напряженность переносимости нагрузок соревновательного периода у спортсменов с более выраженной динамикой изменения МППК [59, 69, 72, 128, 219].

Динамическая положительная корреляция изменения уровней МППК и общего кальция ($r=0,588$, $p=0,035$) может указывать на дегидратацию организма в период соревнований [79], большую напряженность энергообмена, выступать факторами риска нарушения работы сердечно-сосудистой системы и повышения травм в спорте [58], снижение уровня МПКТ у спортсменов с более низкими значениями МППК в соревновательном периоде и выраженной динамикой изменения уровня МППК от подготовительного периода к соревновательному.

Динамическая положительная корреляция изменения уровней МППК и пролактина от подготовительного к соревновательному периоду ($r=0,709$, $p=0,007$) может свидетельствовать о большей концентрации кортизола, подавляющего секрецию пролактина [70], следовательно, об активности процессов катаболизма [120, 184] и меньшем уровне пролактина, физиологические значения которого стимулируют остеосинтез [93], что вместе отрицательно отражается на показателях МПКТ, позволяя рассматривать пролактин в качестве маркера изменения костной массы и переносимости тренировочного воздействия.

Отрицательная динамическая корреляция изменения уровней МППК и СТГ ($r=-0,657$, $p=0,015$) от подготовительного к соревновательному периоду может быть

следствием гипоксии у спортсменов, усиливающей секрецию СТГ [201, 255].

Отрицательные динамические корреляции изменения уровня МППК и значений ОЩФ ($r=-0,598$, $p=0,031$) и соотношения остеокальцин/ β -Cross laps ($r=-0,678$, $p=0,015$) от подготовительного к соревновательному периоду указывают на более активное протекание процессов остеосинтеза в группе с более выраженным снижением показателей МППК от подготовительного периода к соревновательному периоду, направленного, вероятнее всего, на предотвращение дальнейшей отрицательной динамики уровня МПКТ в данной группе спортсменов. Данные выводы могут подтверждаться наличием отрицательных динамических корреляций изменения уровня кортизола и показателей остеокальцина ($r=-0,657$, $p=0,020$) и β -Cross laps ($r=-0,690$, $p=0,013$) между периодами с различной физической активностью. Избыточная активация гипофизарно-надпочечниковой оси на фоне нагрузок соревновательного периода, направленная на мобилизацию и повышение задействованности резервных возможностей организма с целью поддержания высокого уровня работоспособности [27, 73], приводит к менее активному снижению остеокальцина и повышению β -Cross laps на фоне физической нагрузки, что подтверждается наличием положительной корреляции изменения остеокальцина и β -Cross laps ($r=0,673$, $p=0,0170$) от подготовительного к соревновательному периоду, указывая на сохранение высокой скорости костного ремоделирования в пользу остеосинтеза в группе спортсменов с большим снижением МППК от подготовительного к соревновательному периоду. Высокая активность костного синтеза в данном случае, вероятнее всего, направлена на предотвращение дальнейшего снижения МПКТ, а также может отражать степень участия остеокальцина в обеспечении поддержания энергетического гомеостаза организма в данной группе спортсменов [34, 158, 179, 268]. Следует обратить внимание, что развитие тренированности приводит к уменьшению реакции адренкортикальной системы и отсутствию значимого повышения уровня кортизола у более тренированных лиц [6, 35], что объясняет связь меньшего прироста кортизола с большей динамикой показателей, отражающих активность костного синтеза, от подготовительного периода к соревновательному периоду.

Следовательно, данные маркеры костного метаболизма и показатели активности эндокринных желез можно рассматривать как наиболее информативные маркеры оценки состояния МПКТ у спортсменов на этапах годичного цикла подготовки.

Измерение маркеров костного метаболизма, показателей активности эндокринных желез и биохимических показателей общего обмена в рамках двух подготовительных периодов годичного цикла подготовки показывает отсутствие статистически значимой динамики изменения изучаемых данных и восстановление их исходного уровня к подготовительному периоду следующего года наблюдения (Рисунки 2-13): ОЩФ ($p=0,307$), остеокальцин ($p=0,327$), β -Cross laps ($p=0,151$), остеокальцин/ β -Cross laps ($p=0,161$), кальций ионизированный ($p=0,308$), общий кальция ($p=0,209$), фосфор ($p=0,530$), магний ($p=0,887$), кортизол ($p=0,351$), тестостерона ($p=0,763$), СТГ ($p=0,473$), пролактин ($p=0,051$), инсулин ($p=0,624$), тироксин ($p=0,515$), ТТГ ($p=0,894$), Т/К ($p=0,173$), кортизол/инсулин ($p=0,784$), холестерин ($p=0,176$), общего белок ($p=0,248$), креатинин ($p=0,594$), мочевины ($p=0,052$), АЛТ ($p=0,280$), АСТ ($p=0,552$), общий и прямой билирубин ($p=0,061$ и $p=0,066$, соответственно). Однако пролонгация измерения МПКК за два следующих года (Таблица 22) показывает тенденцию к незначительному снижению уровня МПКК ($p=0,136$ и $p=0,724$, соответственно, при последовательном сравнении подготовительных периодов). Снижение МПКК в рамках оценки двух подготовительных периодов годичного цикла подготовки может быть обусловлено сохранением концентрации тироксина на прежнем уровне за счет тенденции к повышению секреции ТТГ, отсутствием динамики соотношения кортизол/инсулин и тенденцией снижения уровня пролактина, что сопровождается тенденцией понижения показателей остеосинтеза и фосфорно-кальциевого обмена. Динамика снижения МПКК в рамках подготовительных периодов трехлетнего динамического контроля свидетельствует о необходимости дальнейшего наблюдения за спортсменами из группы риска.

Таким образом, на фоне физических нагрузок соревновательного периода костный метаболизм определяется балансом катаболической (кортизол, св. Т4) и анаболической (ОТ, пролактин, инсулин) составляющей функциональной

активности эндокринных желез: повышением секреции гормонов, оказывающих остеокатаболический эффект на обменные процессы в концентрациях выше физиологических значений, и снижение анаболических процессов в пользу процессов катаболизма, что подтверждено снижением соотношения Т/К и ростом соотношения кортизол/инсулин, отражающих напряженность адаптационных механизмов спортсмена на фоне физических нагрузок соревновательного периода, оказывает влияние на динамику маркеров костного ремоделирования и показателей фосфорно-кальциевого обмена: повышение скорости резорбции кости и снижение активности остеосинтеза и уровня показателей фосфорно-кальциевого обмена. Данные изменения маркеров костного метаболизма с пользой процессов остеорезорбции под влиянием изменения активности эндокринных желез с доминированием процессов катаболизма сочетается со снижением МППК, более выраженным у спортсменов с меньшими адаптационными возможностями, что выступает факторами риска снижения массы кости у спортсменов в соревновательном периоде годичного цикла подготовки.

Анализ полученных нами данных позволяет определить приоритетные маркеры риска нарушения костного метаболизма у высококвалифицированных спортсменов с учетом этапа годичного цикла подготовки. Так, в подготовительном периоде – повышение скорости костного ремоделирования связана с ростом доли участия анаэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения с активацией резорбции кости у спортсменов со сниженным уровнем физической подготовленности; в соревновательном периоде – доминирование процессов катаболизма под анаболической составляющей повышает костную резорбцию со снижением синтеза и показателей фосфорно-кальциевого обмена. Таким образом, в программы мониторинга здоровья спортсменов целесообразно включить комплексную оценку состояния костной ткани и активности желез внутренней секреции с целью формирования групп риска развития остеопении среди спортсменов для проведения своевременных профилактических мероприятий, направленных на поддержание качества кости и профилактику травматизма в спорте высших достижений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании показано, что значения МППК, полученные путем КУЗД, у спортсменов в видах спорта с ограничением гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета (академическая гребля, велотрек и велошоссе) не отличаются от контрольной группы, представленной лицами, не занимающимися спортом регулярно. Однако уровень МППК у спортсменов изучаемых специализаций не одинаков и отражает особенности энергообеспечения основного соревновательного упражнения: минимальные величины МППК, определенные по правой стопе, характерны для спортсменов велотрека, тренирующегося в максимальной-субмаксимальной зоне мощности с анаэробными алактатно-лактатными приоритетными механизмами энергообеспечения; максимальные – для велошоссе, работающих в умеренной зоне мощности, где аэробные механизмы энергообеспечения составляют более 95% ($p=0,014$), выделяя тем самым в группу риска по потере костной массы виды спорта с большим объемом анаэробной составляющей в энергообеспечении основного соревновательного упражнения

Показатели активности эндокринных желез во всех изучаемых группах, соответствуя физиологической норме, отражают особенности процессов адаптации каждого вида спорта к напряженной мышечной деятельности с учетом длительности основного соревновательного упражнения и приоритетных механизмов его энергообеспечения с наибольшей выраженностью, учитывая наличие статистически значимых отличий между группами спортсменов, для показателей активности анаболических процессов, стрессового воздействия, функций щитовидной железы и водно-солевого обмена, активности углеводного и липидного обменов. У представителей велотрека и гребли по сравнению со спортсменами велошоссе большие значения активности щитовидной железы (св. Т4, $p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), тестостероновой функции (ОТ, $p=0,012$ и $p<0,001$, соответственно), секреции пролактина ($p<0,001$ и $p<0,001$) отражают их общую скоростно-силовую направленность и повышение длительности основного соревновательного упражнения в ряду велотрек – академическая гребля –

велошоссе. Водно-солевой обмен, который характеризуется значениями альдостерона, отражающего дополнительно уровень тренированности, общий объем и превалирующий режим нагрузок, выражение задействован у спортсменов велошоссе и гребли: уровень альдостерона в данных группах выше по сравнению с представителями велотрека ($p=0,004$ и $p<0,001$, соответственно), что связано с повышением длительности основного соревновательного упражнения в ряду велотрек – академическая гребля – велошоссе. У спортсменов велошоссе более низкие значения описанных выше показателей активности эндокринных желез отражают, больший объем и длительность физической активности, процессы адаптации к гипоксии, приводящие к угнетению секреции большинства описанных выше гормонов за исключением СТГ, который выше у спортсменов велошоссе по сравнению с группами академической греблей и велотрек ($p=0,010$, $p=0,004$). Повышение секреции СТГ у спортсменов велошоссе может указывать на активацию липолиза, способствуя увеличению концентрации СЖК в крови – превалирующего источника энергии для обеспечения энергетических механизмов основного соревновательного упражнения представителей данного вида спорта. Маркер углеводного обмена – С-пептид, более точно отражающий секрецию эндогенного инсулина, выше у представителей велосипедных видов спорта (велотрек и велошоссе) по сравнению с академической греблей ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно), но регулирует различные звенья метаболизма. Так, у представителей велотрека он отвечает за гликолитическую составляющую, учитывая преимущественно анаэробные механизмы энергообеспечения основного соревновательного упражнения. У спортсменов велошоссе, напротив, больший уровень С-пептида оказывает противоположное действие на углеводный обмен за счет своего относительного дефицита, сформированного у них под воздействием более высоких концентраций СТГ, что, совместно, направлено на активацию липолиза – главного механизма энергообеспечения основного соревновательного упражнения. Таким образом, СТГ и С-пептида маркируют приоритетный механизм энергообеспечения в изучаемых спортивных специализациях, совместно регулируя баланс активности углеводного и липидного обменов.

Отличия спортивной субпопуляции, представленной представителями академической гребли, велотрека и велошоссе, от мужчин группы контроля, не занимающихся спортом регулярно, более затрагивают показатели, маркирующие напряженную мышечную деятельность спорта высших достижений, как высокоинтенсивное воздействие, приводящее к формированию специфического нейроэндокринного ответа, что отражено в уровне пролактина ($p < 0,001$, $p = 0,001$, $p < 0,001$, соответственно) и маркерах анаболизма (ОТ и соотношение Т/К, $p = 0,003$, $p = 0,033$, $p < 0,001$, соответственно, и $p = 0,004$, $p = 0,027$, $p < 0,001$, соответственно).

Спортивная субпопуляция характеризуется высокой скоростью костного ремоделирования: маркеры костного ремоделирования превышают верхнюю границу референсных значений для остеокальцина у всех представителей изучаемых видов спорта и для β -Cross laps в большинстве изучаемых видов спорта (академическая гребля и велотрек) с ростом скорости костного ремоделирования в ряду в ряду велошоссе – академическая гребля – велотрек: большие значения остеокальцина у спортсменов велотрека по сравнению с представителями велошоссе ($p < 0,001$) и β -Cross Laps при меньших соотношения остеокальцин/ β -Cross laps у спортсменов гребли и велотрека по сравнению с представителями велошоссе ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно, $p < 0,001$ и $p = 0,006$, соответственно) с активацией остеорезорбции (β -Cross Laps, соотношение остеокальцин/ β -Cross laps). Таким образом, рост доли задействованности анаэробных механизмов в энергообеспечении соревновательного упражнения спортсменов в ряду велошоссе – академическая гребля – велотрек сопровождается повышением скорости костного ремоделирования с активацией остеорезорбции. В общей популяции доказано, что высокая скорость костного ремоделирования может предсказывать более быструю потерю костной массы, а показатели β -Cross Laps отражать более высокий риск переломов, таким образом высокая скорость костного ремоделирования с активацией остеорезорбции по мере роста доли участия аэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения может выступать фактором риска снижения минеральной плотности костной ткани у спортсменов. Отличия группы контроля от спортсменов связаны в

большей мере с активностью костного синтеза, отраженной в уровнях остеокальцина и ОЩФ, которая ниже в контрольной группе, чем у представителей академической гребли, велотрека и велошоссе ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, соответственно, и $p = 0,001$, $p < 0,001$, $p = 0,011$, соответственно). Корреляционный анализ указывает на взаимосвязь показателей костного ремоделирования с активностью углеводного и жирового обменов: у представителей велошоссе корреляция С-пептида и ОС ($r = -0,570$, $p = 0,042$), С-пептида и ОЩФ ($r = -0,565$, $p = 0,035$), глюкозы и ОС ($r = -0,537$, $p = 0,039$); у представителей гребли – 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 ($r = 0,338$, $p = 0,033$); у представителей велотрека – ОС/ β -Cross laps и относительной ЖМ ($r = 0,519$, $p = 0,033$). Корреляционный анализ подтверждает взаимовлияние жирового и углеводного обменов и костного ремоделирования, указывая на задействованность костного обмена, остеокальцина, в поддержании энергетического гомеостаза у спортсменов за счет активации различных звеньев обменных процессов для обеспечения энергообмена с учетом доминирующего механизма энергообеспечения основного соревновательного упражнения.

Показатели фосфорно-кальциевого обмена и их гормонов-регуляторов соответствуют физиологической норме во всех изучаемых группах. Данные фосфорно-кальциевого обмена отражают особенности энергетического обмена в каждом виде спорта и активность костного ремоделирования с более избирательным распределением значений ионизированного кальция, повышающегося в ряду велошоссе – академическая гребля – велотрек ($p = 0,016$, $p = 0,003$, $p = 0,013$, соответственно) и маркирующего активность процессов резорбции кости среди изучаемых спортивных специализаций, что отражает более высокую скорость костного ремоделирования у представителей велотрека по сравнению с велошоссе, у которых остеокальцин и β -Cross laps статистически значимо выше ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно); показатели общего кальция и фосфора статистически значимо выше в группах велотрека и академической гребле по сравнению со спортсменами велошоссе ($p = 0,001$ и $p = 0,001$, соответственно, и

$p=0,003$ и $p=0,016$, соответственно). Наибольшие значения ПТГ у спортсменов, представителей академической гребли, велотрек и велошоссе, по сравнению с группой лиц, не занимающихся спортом регулярно ($p<0,001$, $p=0,009$, $p=0,003$, соответственно), вероятнее направлены на поддержание должного уровня кальция в крови на фоне его высоких трат в условиях напряженной мышечной деятельности за счет вымывания кальция из костного депо, что подтверждается взаимосвязью между β -Cross laps и ПТГ во всех спортивных специализациях: академическая гребля ($r=0,339$, $p=0,032$), велотрека ($r=0,524$, $p=0,037$), велошоссе ($r=0,654$, $p=0,015$) и может выступать фактором риска снижения МПКТ у спортсменов.

Биохимические показатели обмена веществ, отражающие углеводный, жировой, липидный и водно-электролитный обмены, находятся в референсных значений во всех изучаемых в исследовании группах за исключением уровня КФК для подавляющего большинства спортсменов, что наряду с показателями креатинина, отражают высокую интенсивность мышечной деятельности спортсменов по сравнению с лицами, не занимающимися спортом регулярно, также косвенно демонстрируя взаимосвязь костного и мышечного обменов. Большой уровень прямого билирубина у спортсменов академической гребли может отражать особенности особенностями двигательного стереотипа гребца.

Таким образом, показатели костного метаболизма и активности эндокринных желез у представителей различных видов спорта в подготовительном периоде годового цикла подготовки формируются под влиянием специализированной мышечной деятельности и отражают процесс долговременной адаптации организма к выполнению тренировочных нагрузок, различающихся по времени и интенсивности, и приоритетным механизмом энергообеспечения основного соревновательного упражнения. Представители спортивной субпопуляции по сравнению с общей популяцией характеризуются большей скоростью костного синтеза, отраженной в уровнях остеокальцина и ОЩФ, направленной на активацию процессов восстановления костной ткани у спортсменов в рамках адаптации скелета к напряженной мышечной деятельности, и демонстрирующих взаимосвязь костного обмена с энергетическим гомеостазом посредством задействованности

углеводного, жирового и фосфорно-кальциевого обменов. Рост доли анаэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения в ряду велошоссе – гребля – велотрек соотносится с повышением скорости костного ремоделирования (остеокальцина и β -Cross laps) и активацией остеорезорбции (β -Cross laps) и повышением показателей фосфорно-кальциевого обмена, что выступает фактором риска снижения минеральной плотности кости у спортсменов, с сохранением связь ПТГ с β -Cross Laps (гребля: $r=0,339$, $p=0,032$; велотрек: $r=0,524$, $p=0,037$; велошоссе: $r=0,654$, $p=0,015$), как в общей популяции.

Для изучения механизмов взаимосвязи показателей костного метаболизма и активности эндокринных желез с выявлением факторов риска снижения костной массы с учетом значений МППКТ проведено исследование комплекса изучаемых показателей у представителей академической гребли, разделенных на три группы, значительно отличающихся по уровню МППК, включая категории ниже референсных значений (МППК 68–87%), норму (МППК 87,1–113%), превышение референсных значений (МППК > 113%). Данное исследование, включающее факторный и корреляционный анализы, показывает, что характеристики костного метаболизма находятся под преимущественным влиянием уровня общей физической подготовленности и переносимости тренировочного воздействия. Показатели костного обмена являются составляющей общего обмена, обеспечивающего адаптацию организма к напряженной мышечной деятельности. Активация костной резорбции (меньшие уровни соотношения остеокальцин/ β -Cross laps за счет роста β -Cross laps и ОЩФ, $p=0,014$ и $p=0,003$, соответственно) находит свое отражение в показателях активности эндокринных желез, регулирующих углеводный обмен (повышение инсулина и С-пептида, $p=0,015$, и $p=0,03$, соответственно) и метаболизм тестостерона (повышение СТ и СТ/ОТ, $p=0,004$ и $p=0,002$, соответственно), в биохимических показателях общего обмена (повышение общего белка, $p=0,017$, снижение эритропоэтина, $p=0,014$), доле лабильных компонентов состава массы тела (сниженный уровень мышечного, $p<0,001$, и повышенный жирового компонентов состава массы тела, $p<0,001$), которые выступают морфофункциональными маркерами общей физической подготовленности

спортсмена, а также на тканевом уровне – показатели МППК (более низкие значения МППК, $p < 0,001$). Таким образом, активность остеорезорбции более выражена у спортсменов со сниженным уровнем физической подготовленности, что приводит к повышению риска потери массы кости.

С целью выявления наиболее информативных факторов риска снижения МПКТ у спортсменов в условиях различной по интенсивности напряженной мышечной деятельности предпринято исследование высококвалифицированных спортсменов представителей велотрека на протяжении трех лет в рамках годичного цикла подготовки: подготовительный период, предсоревновательного период, соревновательный период одного годичного цикла и подготовительный период следующего сезона тренировочного процесса. Показано, что у представителей велотрека уровень МППК не одинаков на этапах годичного цикла подготовки, статистически значимо снижаясь от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p = 0,001$), что сочетается с динамикой показателей цикла костного ремоделирования и активности эндокринных желез.

В соревновательном периоде по сравнению с подготовительным периодом выявлено статистически значимое изменение показателей костного ремоделирования: снижение маркеров синтеза кости (остеокальцина и ОЩФ, $p = 0,002$, и $p = 0,004$, соответственно) и активация резорбции (повышение β -Cross laps, $p = 0,011$) с её доминированием под остеосинтезом (снижение соотношения остеокальцин/ β -Cross laps, $p = 0,002$). Измерение маркеров цикла костного ремоделирования сочетается с достоверной динамикой показателей фосфорно-кальциевого обмена в виде снижения уровней ионизированного кальция ($p = 0,001$) и фосфора ($p = 0,036$) и изменением функциональной активности эндокринных желез под влияние физической нагрузки соревновательного периода: повышение секреции кортизола ($p = 0,028$) и св. Т4 ($p = 0,001$) с превышением их физиологической нормы, что оказывает остеокатаболическое влияние на обменные процессы, и снижение уровней анаболических гормонов (пролактин, ОТ, СТГ, инсулин, $p = 0,016$, $p = 0,402$, $p = 0,093$, $p = 0,347$, соответственно) в рамках референсных значений, оказывающих остеанаболическое действие, с

превалированием процессов катаболизма над анаболизмом (снижение соотношения тестостерон/кортизол ниже значений нормы, $p=0,013$, и повышение соотношения кортизол/инсулин, $p=0,039$). Уровень катаболических гормонов является индикатором интенсивности физической нагрузки, тогда как анаболические гормоны выступают регуляторами общего состояния и переносимости физической нагрузки. Описанная динамика функциональной активности эндокринных желез со смещением баланса секреции в сторону процессов катаболизма отражает адаптацию организма спортсмена к физическим нагрузкам соревновательного периода и обуславливает накопление изменений минеральной плотности кости, являясь основой смещения баланса резорбтивных и костеобразующих процессов в сторону остеорезорбции, что отражается в изменении маркеров цикла ремоделирования кости и показателях фосфорно-кальциевого обмена, а на тканевом уровне – в отрицательной динамике МППК, выступая фактором риска снижения костной массы у спортсменов в соревновательном периоде.

Биохимические показатели обмена веществ, отражающих состояние углеводного, жирового, липидного обменов, интенсивность и объем физической нагрузки соревновательного периода, маркируют состояние текущих изменений и процессы срочной адаптации, направленных на поддержание механизмов энергообеспечения в соревновательном периоде: статистически значимо от подготовительного периода к соревновательному периоду повышались эритропоэтин ($p=0,041$), холестерин ($p=0,002$) и общий белок ($p=0,023$), а снижались – глюкоза и креатинин ($p=0,001$ и $p=0,001$, соответственно).

Корреляционный анализ взаимосвязи динамического снижения уровня МППК от подготовительного к соревновательному периоду с изменением маркеров костного метаболизма, показателей активности эндокринных желез, биохимических показателей обмена веществ у спортсменов велоспорта позволяет дополнить имеющиеся выводы с учетом наиболее значимых взаимосвязей между данными показателями: 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 остеокальцин/ β -Cross Laps ($r=-0,678$, $p=0,015$), АЛТ ($r=-0,583$, $p=0,037$), креатинин ($r=-0,656$, $p=0,015$), мочеви́на ($r=-0,561$, $p=0,046$).

Таким образом, костный метаболизм в соревновательном периоде годового цикла подготовки спортсменов велотрека определяется балансом процессов катаболизма (кортизол, св. Т4) и анаболизма (тестостерон, инсулин, пролактин): повышение секреции гормонов, оказывающих остеокатаболический эффект на обменные процессы и снижение уровня пролактина с суммарным приоритетом процессов катаболизма (снижение соотношения Т/К и повышение соотношения кортизол/инсулин), можно расценивать как факторы риска снижения минеральной плотности кости у спортсменов в соревновательном периоде в результате доминирования процессов костной резорбции над остеосинтезом.

Пролонгация измерений изучаемых показателей в рамках подготовительных периодов трехлетнего динамического контроля за спортсменами велотрека показывает, что уровень маркеров костного метаболизма, показателей активности эндокринных желез, биохимических показателей общего веществ, значения МППК восстанавливаются к очередному подготовительному периоду. Вместе с тем отмечается тенденция к снижению значений МППК в подготовительный период за весь трехлетний период наблюдения, что актуализирует необходимость дальнейшего наблюдения за спортсменами и проведение профилактических мероприятий в группах риска по остеопении.

Таким образом выявлены особенности костного метаболизма и активности эндокринных желез с учетом спортивной специализации, которые формируются в процессе долговременной адаптации организма к специализированной напряженной мышечной деятельности у спортсменов высокой квалификации. Выявлено ускорение костного ремоделирования с активацией костной резорбции и повышением показателей фосфорно-кальциевого обмена по мере роста доли участия анаэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения в ряду велошоссе – гребля – велотрек. Активность эндокринных желез отражает изменение длительности основного соревновательного упражнения и особенности приоритетного механизма

энергообеспечения основного соревновательного упражнения среди спортивных специализаций: особенности водно-электролитный обмена (альдостерон), активность щитовидной железы (св. Т4), анаболизма (ОТ) и стрессового воздействия (пролактин), соотношение углеводного и липидного обменов (инсулин и С-пептид). Процессы остеорезорбции соотносятся с активностью эндокринных желез, регулирующих углеводный обмен (инсулина и С-пептида), процессы анаболизма (СТ, СТ/ОТ), а также уровнем развития лабильным компонентов состава массы тела, выступающих морфофункциональными маркерами общей физической подготовленности, где активность резорбции, как фактора риска снижения МПКТ, выше у спортсменов со сниженным уровнем общей физической подготовленности. Определена динамика маркеров костного метаболизма и показателей активности эндокринных желез у спортсменов на этапах многолетнего цикла подготовки: нарастание остеокатаболической активности приводит к росту остеорезорбции, снижению маркеров синтеза кости и показателей фосфорно-кальциевого обмена от подготовительного к соревновательному периоду годичного цикла подготовки, выступая фактором риска снижения МПКТ.

Полученные наши данные позволяют выявить приоритетные маркеры риска нарушения костного метаболизма у спортсменов высокой квалификации в процессе напряженной мышечной деятельности с учетом этапов тренировочного процесса: в подготовительном периоде – высокая скорость костного ремоделирования с активацией резорбции костной ткани у спортсменов со сниженным уровнем физической подготовленности; в соревновательном периоде – смещение обменных процессов в сторону катаболизма вызывают повышение резорбции кости и замедление остеосинтеза со снижением показателей фосфорно-кальциевого обмена. Таким образом, комплексную оценку состояния костной ткани целесообразно включать в программы мониторинга здоровья спортсменов с формированием групп риска развития остеопоротических изменений для проведения своевременных профилактических мероприятий, направленных на поддержание качества кости и профилактику травматизма в спорте высших достижений.

ВЫВОДЫ

1. Маркеры костного метаболизма отражают особенности вида спорта: повышение доли участия анаэробных механизмов в энергообеспечении соревновательного упражнения спортсменов в ряду веложоссе – академическая гребля – велотрек соотносится с ускорением костного ремоделирования при больших значениях остеокальцина у спортсменов велотрека по сравнению с представителями веложоссе ($p < 0,001$) и β -Cross Laps у спортсменов гребли и велотрека по сравнению с представителями веложоссе ($p < 0,001$ 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 веложоссе ($p = 0,001$ 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: $r = 0,524$, $p = 0,037$; веложоссе: $r = 0,654$, $p = 0,015$).

2. Активность эндокринных желез формируется в процессе долговременной адаптации организма к напряженной мышечной деятельности. Повышение длительности основного соревновательного упражнения в ряду велотрек – академическая гребля – веложоссе соотносится со снижением гормонов анаболического звена метаболизма (общий тестостерон), стрессового воздействия (пролактин) и активности щитовидной железы (свободный тироксин) у представителей веложоссе 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 веложоссе 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 годичного 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 годичного 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 годичного цикла подготовки с формированием групп риска развития остеопении среди спортсменов для проведения своевременных профилактических мероприятий, направленных на поддержание качества кости.

3. На протяжении всего годичного 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 годичного 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 годичного 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 СОКРАЩЕНИЙ

- АДФ – аденозиндифосфат;
- АКТГ – адренокортикотропный гормон, кортикотропин;
- АЛТ – аланинаминотрансфераза;
- АСТ – аспаратаминотрасфераза;
- АТФ – аденозинтрифосфат;
- БМЕ – базисная многоклеточная единица;
- ВНИИФК – Государственное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт физической культуры и спорта;
- ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения;
- ГнРГ – гонадотропин-рилизинг-гормон;
- ГСПГ – глобулин, связывающий половые гормоны;
- ДГТ – дигидротестостерон;
- ЖМ – жировая масса;
- змс – заслуженный мастер спорта;
- ИМТ – индекс массы тела;
- ИФР-1 – инсулиноподобный фактор роста-1;
- КУЗД – количественная ультразвуковая денситометрия;
- КФК – креатинфосфокиназа;
- ЛГ – лютеинизирующий гормон;
- МЕ – международная единица;
- ММ – мышечная масса;
- мс – мастер спорта;
- мсмк – мастер спорта международного класса;
- МП – минеральная плотность;
- МПК – максимальное потребление кислорода;
- МПКТ – минеральная плотность костной ткани;
- МПЛН – минеральная плотность левой ноги;
- МППК – минеральная плотность пяточной кости;

МППН – минеральная плотность правой ноги;
ОТ – общий тестостерон;
ОЩФ – общая щелочная фосфатаза;
ПРЛ – пролактин;
ПТГ – паратгормон, паратиреоидный гормон;
РНИМУ имени Н.И. Пирогова – Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова;
РФ – Российская Федерация;
Св. – свободный
СЖК – свободные жирные кислоты;
СТ – свободный тестостерон;
СТ/К – свободный тестостерон/кортизол;
СТГ – соматотропный гормон, соматотропин;
Т/К – общий тестостерон/кортизол;
Т3 – трийодтиронин;
Т4 – тироксин;
ТТГ – тиреотропный гормон, тиреотропин;
УЗИ – ультразвуковое исследование;
ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации» Федерального медико-биологического агентства России;
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр физической культуры и спорта»;
ФРФ 23 – фактор роста фибробластов 23;
ФСГ – фолликулостимулирующий гормон;
ЧСС – частота сердечных сокращений;
ЩФ – щелочная фосфатаза;
BUA – скорость затухания ультразвуковой волны;
скорости её широкополосного рассеивания (BUA);
DXA – Dual-Energy X-ray Absorptiometry, двухэнергетическая рентгеновская

абсорбциометрия;

IGFBP-3 – белок 3, связывающий инсулиноподобный фактор роста;

IGFBP-4 – белок 4, связывающий инсулиноподобный фактор роста;

Ca – кальций;

Ca общий – кальций общий;

Ca⁺⁺ – кальций ионизированный;

25(OH)D – 25-гидроксивитамин D (кальцидиол);

1,25(OH)₂D – 1,25-дигидроксивитамин D (кальцитриол);

P – фосфор;

FRAX – алгоритм оценки индивидуальной 10-летней вероятности переломов;

RANKL – лиганд рецептора ядерного фактора каппа-бета;

REMS – радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия;

Mg – магний;

SOS – скорость распространения ультразвуковой волны;

NTX – аминотерминальный телопептид коллагена 1 типа плазма;

uNTX – аминотерминальный телопептид коллагена 1 типа моча;

TRACP – тартратрезистентная кислая фосфатаза;

CTSK – катепсин К;

RANK – рецептор, активирующий ядерный фактор каппа;

RANKL – лиганд рецептора-активатора ядерного фактора каппа-бета;

OPG – остеопротегерин;

Сигнальные молекулы и белки Wnt пути (сыворотка крови):

DKK-1 – белки Диккопфа (Dkkopf-1),

RSPO – белок R-spondin,

sFRP – secreted Frizzledrelated protein,

SOST – склеростин,

WIF – Wnt-ингибирующий фактор;

β-Cross laps – сывороточный карбокситерминальный (С-терминальный) телопептид коллагена 1 типа;

CTX – сывороточный карбокситерминальный (С-терминальный) телопептид

коллагена I типа плазма;

uCTX – сывороточный карбокситерминальный (С-терминальный) телопептид

коллагена I типа моча;

P1NP – сывороточный аминотерминальный (N-терминальный) пропептид

человеческого проколлагена I типа;

VDR – ген рецептора витамина D;

CALCR – ген рецептора кальцитонина;

Colla1 – ген коллагена I типа;

QUS – количественная ультразвуковая денситометрия;

SD – стандартное отклонение;

OC – общий остеокальцин;

BGP – общий остеокальцин;

ALP – общая щелочная фосфатаза;

ВАР – костная щелочная фосфатаза;

bALP – костная щелочная фосфатаза;

P1NP – аминотерминальный пропептид человеческого проколлагена I типа;

P3INP – аминотерминальный пропептид проколлагена III типа;

P1CP – карбокситерминальные пропептид человеческого проколлагена I типа;

RSPO – белок R-spondin;

SHBG – глобулин, связывающий половые гормоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, Т. Ф. Лабильные компоненты массы тела – критерии общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам: методические рекомендации / Т. Ф. Абрамова, Н. И. Кочеткова, Т. М. Никитина. – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 132 с.
2. Абрамова, Т. Ф. Морфологические критерии – показатели пригодности, общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам: методические рекомендации / Т. Ф. Абрамова, Н. И. Кочеткова, Т. М. Никитина. – М.: ФГУ ЦСП, ФГУ «Всерос. науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта», 2010. – 104 с.
3. Абрамова, Т. Ф. Показатели минеральной плотности костной ткани лиц мужского пола 13-35 лет в условиях напряженной мышечной деятельности / Т. Ф. Абрамова, Е. Н. Комиссарова, Т. М. Никитина // Морфологические ведомости. – 2021; – № 29 (4). – С. 59–64.
4. Адаптационные изменения минеральной плотности костной ткани у спортсменов различных специализаций / Н. В. Черницына, Л. А. Столбова, С. В. Ивченко, О. Г. Герингер // Вестник КГУ. – 2004. – № 1 (01). – С. 147–151.
5. Акопян, А. О. Оптимизация адаптации спортсменов в условиях централизованной подготовки / А. О. Акопян, С. Н. Португалов // Вестник спортивной науки. – 2013. – № 4. – С. 12–15.
6. Актуальные вопросы спортивной медицины и лечебной физкультуры / А. А. Виру, А. А. Вигла, Т. А. Мийль, Т. А. Карумаа. – Таллин, 1977. – С. 61–62.
7. Алексеева, Т. И. Адаптивные процессы в популяциях человека / Т. И. Алексеева. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 215 с.
8. Алиментарные факторы здоровья костной ткани у спортсменов / А. С. Самойлов, А. В. Жолинский, Н. В. Рылова, И. В. Большаков // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № 3(547). – С. 25–35.
9. Анализ ассоциации костной массы у спортсменов с биохимическими и молекулярно-генетическими маркерами ремоделирования костной ткани / В. С.

Оганов, О. Л. Виноградова, Н. С. Дудов [и др.] // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 2. – С. 56–65.

10. Анализ эффективности и клинических перспектив немедикаментозных методов лечения и профилактики остеопороза / Л. А. Марченкова, М. А. Добрицына, Н. Г. Бадалов [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2016. – № 2. – С. 88–89.

11. Анварова, Ш. С. К вопросу о диагностике остеопенического синдрома у больных с гиперпролактинемией / Ш. С. Анварова, М. А. Пирматова // Остеопороз и остеопатии. – 2016. – № 1. – С. 56–57.

12. Анверша, А. Т. Систематический обзор: Значимость плиометрических тренировок для функциональных показателей и минеральной плотности костной ткани у баскетболистов разных возрастных групп / А. Т. Анверша, В. Рамалингам // Спортивная медицина: наука и практика. – 2023. – № 13 (2). – С. 62–76.

13. Афанасьева, И. А. Медико-биологический контроль состояния сердечно-сосудистой системы у гимнасток / И. А. Афанасьева, В. С. Василенко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – №7 (125). – С.21–25.

14. Баранова, О. В. Современные возможности лучевых методов диагностики остеопороза / О. В. Баранова, Э. Е. Малевич // Медицинские новости. – 2009. – № 10. – С. 12–17.

15. Безуглов, Э.Н. Стрессовые повреждения костной ткани в спорте / Э. Н. Безуглов, А. В. Любушкина, Т. В. Кирсанова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 136 с.

16. Беляев, Н. Г. Кальциевый обмен и его гормональная регуляция в условиях хронического физического перенапряжения: автореф. дис. ... док. биол. наук: 03.00.13 / Беляев Николай Георгиевич. – Ставрополь, 2004. – 37 с.

17. Болезни органов эндокринной системы: руководство для врачей / И. И. Дедов, М. И. Балаболкин, Е. И. Марова [и др.]. – М.: Медицина, 2000. – 568 с.

18. Бутова, О. А. Адаптация к физическим нагрузкам: анаэробный метаболизм мышечной ткани / О. А. Бутова, С. В. Масалов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2011. – № 11. – С. 123–128.

19. Вакс, В. В. Приобретённая недостаточность гормона роста у взрослых: этиология, клинические проявления, диагностика и возможности лечения / В. В. Вакс, О. А. Герасименко, Л. К. Дзеранова // Ожирение и метаболический синдром. – 2011. – № 2. – С. 11–17.
20. Василевска, В. А. Влияние специфической двигательной нагрузки на минеральную плотность костной ткани у спортсменов 16 – 20 лет / В. А. Василевска, Т. В. Маринич // Здоровье для всех : научно-практический журнал. – 2023. – № 1. – С. 11–15.
21. Василенко, В. С. Липиды крови у спортсменов в зависимости от направленности тренировочного процесса / В. С. Василенко, Е. С. Семенова, Ю. Б. Семенова // Педиатр. – 2017. – Т. 8, №2. – С. 10–14.
22. Вербовая, М. В. Минеральная плотность костной ткани, показатели ее метаболизма и кальций-фосфорного обмена у больных тиреотоксикозом / М. В. Вербовая // Остеопороз и остеопатии. – 2002. – №1. – С.16–19.
23. Вёрткин, А. Л. Остеопороз / А. Л. Вёрткин, А. В. Наумов. – М.: Эксмо, 2015. – 272 с.
24. Взаимосвязи параметров энергетического метаболизма скелетных мышц, форменных элементов крови и гормонального статуса при высоком уровне двигательной активности человека / А. Н. Некрасов, Л. В. Костина, Н. С. Дудов [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2003. – № 2 (2). – С. 34–39.
25. Взаимосвязь маркеров ремоделирования костной ткани с минеральной плотностью костей у женщин с сахарным диабетом 2 типа, находящихся в постменопаузе / В. В. Климонтов, О. Н. Фазуллини, А. П. Лыков, В. И. Коненков // Сахарный диабет. – 2016. – № 19 (5). – С. 375–382.
26. Винничук, Ю. Д. Предикторы и маркеры функционального состояния спортсменов при тренировках в среднегорье / Ю. Д. Винничук, Л. М. Гунина // Здоровье для всех. – 2014. – №2. – С. 3–9.
27. Виру, А. А. Гормоны и спортивная работоспособность / А. А. Виру, П. К. Кырге. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 159 с.
28. Виру, А. А. К вопросу о динамике адренокортикальной активности при

длительных физических нагрузках у крыс / А. А. Виру, К. Э. Томпсон, Т. А. Смирнова // Проблемы эндокринологии. – Минск, 1972. – Вып.4. – С. 64–68.

29. Виру, А. А. Обмен веществ и биохимическая оценка тренированности спортсмена / А. А. Виру, П. К. Кырге. – Л.: ЛНИИФК, 1974. – С. 160–170.

30. Виру, А. А. Процессы адаптации и биологически активные вещества / А. А. Виру, П. К. Кырге. – Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1976. – С. 12–18.

31. Виру, А. А. Физиологическое обоснование тренировки / А. А. Виру – М.: Физкультура и спорт, 1969. – С. 82–92.

32. Влияние гормонального статуса на развитие остеопороза и переломов костей у мужчин (обзор литературы) / О. Б. Ершова, О. С. Синицын, К. Ю. Белова [и др.] // Медицинский совет. – 2013. – № 3. – С. 72–75.

33. Влияние спортивных нагрузок на работу эндокринной системы у мужчин / М. А. Берковская, А. А. Эльмурзаева, А. Л.-А. Эдаев [и др.] // Consilium Medicum. – 2024. – № 26 (4). – С. 263–268.

34. Влияние физической активности на маркеры костного метаболизма / А. Б. Чадина, Е. А. Анисимов, С. В. Додонов, А. Б. Федин // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – Т. 61, №3. – С. 168–174.

35. Влияние физической работы на уровень регуляторных пептидов и активность ферментов их обмена в сыворотке крови спортсменов различных квалификационных групп / В. Б. Соловьев, О. В. Соловьева, А. А. Столяров, В. М. Скуднов // Actualscience. – 2015. – Т. 1, № 2 (2). – С. 6–16.

36. Выборная, К. В. Генетические полиморфизмы, ассоциированные со спортивной успешностью, у спортсменов, представляющих художественную гимнастику / К. В. Выборная, Е. Ю. Сорокина, Е. В. Пескова // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 79-1. – С. 78–83.

37. Выборная, К. В. Некоторые аспекты асимметрии развития верхних конечностей у детей, занимающихся теннисом / К. В. Выборная, Р. М. Раджаббадиев, Д. Б. Никитюк // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 78-2. – С. 149–151.

38. Гиперфосфатемия при хронической болезни почек / С. А. Мартынов, М.

С. Бирагова, М. Ш. Шамхалова, М. В. Шестакова // Медицинский совет. – 2013. – № 5 (6). – С. 98–101.

39. Гланц, С. Медико-биологическая статистика.: Пер. с англ. / С. Гланц; пер. с англ. д-ра физ.-мат. наук Ю. А. Данилова; под ред. Н. Е. Бузикашвили и Д. В. Самойлова. – М.: Практика, 1999. – 459 с.

40. Головач, И. Ю. Остеопороз у мужчин: состояние проблемы, факторы риска, диагностика, современные подходы к лечению. / И. Ю. Головач, Е. Д. Егудина // Травма. – 2018. – Т. 19, № 5. – С. 5–19.

41. Григорьева, А. Л. Первый опыт применения инновационной технологии REMS в России / А. Л. Григорьева, О. М. Лесняк // Остеопороз и остеопатии. – 2020. – № 23 (1). – С. 90.

42. Громова, О. А. Дефицит магния как проблема современного питания у детей и подростков / О. А. Громова // Педиатрическая фармакология. – 2014. – Т. 11, №1. – С. 20–30.

43. Громова, О. А. Кальций и его синергисты в поддержке структуры соединительной и костной ткани / О. А. Громова, И. Ю. Торшин, О. А. Лиманова // Лечащий врач. – 2014. – № 5. – С.69–76.

44. Грязных, А. В. Индекс тестостерон/кортизол как эндокринный маркер процессов восстановления висцеральных систем после мышечного напряжения / А. В. Грязных // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: образование, здравоохранение, физическая культура. – 2011. – Вып. 27, № 20 (237). – с.107–111.

45. Данилова, О. В. Изменение обмена коллагена в губчатой костной ткани и плазме крови крыс при сочетании аллоксанового диабета с введением высоких доз преднизолона / О. В. Данилова, Е. Г. Бутолин //Сибирский медицинский журнал. – 2010. – № 1. – С.52–54.

46. Дедов, И. И. Эндокринология: национальное руководство / под ред. И. И. Дедова, Г. А. Мельниченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – С. 895–976.

47. Дедов, И. И. Эндокринология: учебник, 3-е изд., перераб. и доп. / И. И.

Дедов, Г. А. Мельниченко, В. В. Фадеев. – М.: Литтера, 2015. – 416 с.

48. Динамика минеральной плотности кости, маркеров костного обмена и качества жизни пациентов с эндогенным гиперкортицизмом после достижения ремиссии эндогенного гиперкортицизма / Н. В. Драгунова, Ж. Е. Белая, Л. Я. Рожинская, Н. И. Сазонова [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2014. – № 1. – С. 16–20.

49. Држевецкая, И. А. Участие кальцитонина в реакции организма человека на мышечные нагрузки / И. А. Држевецкая, Н. Н. Лиманский // Изменения функции эндокринных желез при физической нагрузке. Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности IX. Учебные записки тартуского государственного университета. Под редакцией А. А Виру [и др.]. – ТАРТУ, 1980. – С. 147–151.

50. Дроздов, Д. Н. Влияние физической нагрузки на показатели периферической крови человека / Д. Н. Дроздов, А. В. Ковалев // Вестник Мозырского государственного педагогического университета имени И. П. Шемакина. – 2015. – № 2 (46). – С. 11–16.

51. Дроздов, Д. Н. Динамика срочной адаптации эритроцитов к действию регулярной физической нагрузки у молодых мужчин / Д. Н. Дроздов, А. В. Кравцов // Вестник Мозырского государственного педагогического университета имени И. П. Шемакина. – 2017. – № 2 (50). – С. 22–26.

52. Жижин, К. С. Медицинская статистика: Учебное пособие/ К. С. Жижин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 160 с.

53. Захарченко, И. В. Адаптация костной ткани спортсменок высокой квалификации к физическим нагрузкам: дис. канд. наук по физическому воспитанию и спорту: 24.00.01 / Захарченко Ирина Васильевна. – Киев, 2011. – 160 с.

54. Зиц, С. В. Скрининговая оценка влияния базисной терапии беклометазоном на костную ткань периферического скелета у больных бронхиальной астмой / С. В. Зиц, А. В. Максимова, Б. И. Гутники // Клиническая геронтология. – 2013. – Т. 19, № 7. – С. 17–21.

55. Значение для клинической практики ранней диагностики дефицита магния при определении его в различных биосубстратах / О. А. Громова, И. Ю. Торшин, А. Ю. Волков, С. Н. Щербо // Российский вестник акушера-гинеколога. – 2014. – Т. 14, №5. – С.101–110.

56. Изменения минеральной плотности костной ткани при сахарном диабете / А. А. Гусова, М. Г. Павлова, Г. А. Мельниченко [и др.] // Клиницист. – 2010. – № 1. – С. 10–16.

57. Иорданская, Ф. А. Костный и минеральный обмен в системе мониторинга функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов / Ф. А. Иорданская, Н. К. Цепкова. – М.: Спорт, 2022. – 152 с.: ил.

58. Иорданская, Ф. А. Минеральный обмен в системе мониторинга функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов / Ф. А. Иорданская, С. Н. Португалов, Н. К. Цепкова. – М.: Советский спорт, 2014. – 96 с.

59. Иорданская, Ф. А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений (этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования): монография, изд. 2-е, перераб. и дополн. / Ф. А. Иорданская. – М.: Спорт, 2020. – 172 с.

60. Иорданская, Ф. А. Мужчина и женщина в спорте высших достижений. Проблемы полового диморфизма. – М.: Советский спорт, 2012. – 256 с.

61. Иорданская, Ф. А. Фосфор крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния высококвалифицированных спортсменов / Ф. А. Иорданская, Н. К. Цепкова // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 4. – С. 30–33.

62. Использование физических факторов для коррекции работоспособности спортсменов / Л. П. Середенко, В. Г. Калоерова, Н. А. Добровольская [и др.] // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2009. – № 5. – С. 241–244.

63. Исследование факторов риска остеопоротических переломов у ветеранов спорта / Е. А. Теняева, Е. А. Турова, А. В. Головач [и др.] // Человек. Спорт.

Медицина. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 177–182.

64. Капилевич, Л. В. Спортивная биохимия с основами спортивной фармакологии: Учебное Пособие / Л. В. Капилевич, Е. Ю. Дьякова, А. В. Кабачкова. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – 132 с.

65. Климова, Ж. А. Современная лабораторная диагностика остеопороза / Ж. А. Климова, А. А. Зафт, В. Б. Зафт // Международный эндокринологический журнал. – 2014. – № 7 (63). – С.75–84.

66. Клинические и биохимические аспекты исследования инсулиноподобного фактора роста-1 в сыворотке крови у реципиентов с нарушениями костного обмена после пересадки сердца и почки / В. П. Бузулина, И. А. Пронченко, Н. А. Томилина [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2006. – № 3. – С. 2–7.

67. 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. – № 4. – С. 60–84.

68. Ключников, С. О. Остеопороз у детей и его актуальность для детской спортивной медицины / С. О. Ключников, Д. А. Кравчук, М. Г. Оганнисян // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2017. – Т. 62, № 3. – С. 112–120.

69. Комплексный медико-биологический контроль в пляжном волейболе: научно-методическое пособие / Ф. А. Иорданская, Е. В. Бучина, Н. И. Кочеткова, Н. К. Цепкова, В. В. Нирка [и др.]. – М.: Спорт, 2018. – 96 с.

70. Кубасов, Р. В. Гормональные изменения в ответ на экстремальные факторы внешней среды / Р. В. Кубасов // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2014. – № 69 (9-10). – С. 102–109.

71. Кудря, О. Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О. Н. Кудря, Л. Е. Белова, Л. В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 356. – С. 162–166.

72. Кулиненков, О. С. Биохимия в практике спорта / О. С. Кулиненков, И. А. Лапшин. – М.: Спорт, 2018. – 184 с.

73. Кулиненко, О. С. Медицина спорта высших достижений. / О. С. Кулиненко. – М.: Спорт. 2016. – 320 с.

74. Курляндская, Р. М. Роль гормона роста в регуляции жирового и углеводного обмена / Р. М. Курляндская, Т. И. Романцова // Лечащий врач. – 2002. – № 5. – С. 36–38.

75. Кылосов, А. А. Динамика физической работоспособности, вариабельности ритма сердца, биохимических и гематологических показателей в течение годового цикла подготовки у юных лыжников: автореф. дис. ... канд. биол. наук, 03.00.13: Кылосов Андрей Анатольевич. – Ярославль, 2009. – 24 с.

76. Лапач, С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. – Киев: МОРИОН, 2001. – 408 с.

77. Ларин, О. С. Динамика биохимических маркеров на этапе трансформирующего мезоцикла тренировки в пауэрлифтинге / О. С. Ларин, А. Н. Гаврилов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2015. – № 7 (125). – С. 119–122.

78. Лесняк, О. М. Остеопороз. Руководство для врачей / О. М. Лесняк, И. А. Баранова, Ж. Е. Белая. Редактор: О. М. Лесняк. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 464 с.

79. Лопатина, А. Б. Теоретические аспекты изменения биохимических показателей крови организма спортсменов как показатель адаптационных процессов / А. Б. Лопатина // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – № 2 (31). – С. 117–122.

80. Мадера, Е. А. Адаптационные изменения в системе энергообеспечения у спортсменов, тренирующихся в разных биоэнергетических режимах: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Мадера Елена Анатольевна. – Казань, 1999. – 20 с.

81. Майлян, Э. А. «Мультифакторность этиопатогенеза остеопороза и роль генов канонического Wnt- сигнального пути» / Э. А. Майлян // Остеопороз и остеопатии. – 2015. – № 2. – С. 15–19.

82. Макаров, Г. А. Спортивная медицина / Г. А. Макаров. – М.: Советский спорт, 2003. – С. 480.

83. Мартиросов, Э. Г. Модельные характеристики морфологических особенностей спортсменов в основных группах видов спорта / Э. Г. Мартиросов, Б. Н. Шустин. – М., 1978. – С. 48–50.

84. Мартиросов, Э. Г. Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе / Э. Г. Мартиросов, С. Г. Руднев, Д. В. М. Николаев. – М: Физическая культура, 2009. – 144 с.

85. Мартиросова, Т. А. Системный анализ причин спортивного травматизма и путей его профилактики / Т. А. Мартиросова, Н. В. Арнст, Т. А. Трифоненкова // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 174–181.

86. Масалова, Н. Н. Состояние фосфорно-кальциевого обмена и костного метаболизма в норме и при нарушении функции щитовидной железы. / Н. Н. Масалова, Р. В. Захаренко // Дальневосточный медицинский журнал. – 2009. – № 2. – С. 122–125.

87. Матсин, Т. А. Функциональная устойчивость регулирующих и регулируемых систем, как фактор спортивной работоспособности и основы выносливости / Т. А. Матсин, А. А. Виру // Теория и практика физической культуры. – 1978. – № 11. – С. 19–22.

88. Матсин, Т. А. Функциональная устойчивость тренированного организма при выполнении длительных равномерных нагрузок в стандартных условиях / Т. А. Матсин, А. А. Виру // Физиология человека. – 1980. – Т. 6, № 1. – С. 85–92.

89. Метаболический ответ на травму и заболевание в спорте высоких достижений / А. С. Самойлов, А. В. Жолинский, А. Е. Шестопалов [и др.] // Практическая медицина. – 2020. – Т. 18, № 5. – С. 31–35.

90. Мехдиев, К. Р. Остеопороз и занятия спортом: причины и механизмы структурных изменений костной ткани / К. Р. Мехдиев, Д. А. Обожина // Молодежь XXI. века: потенциал, тенденции и перспективы, материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Екатеринбург, 19-20 ноября 2013г. – издательство Уральского университета, 2014. – Т. 2. – С. 43–45.

91. Минеральная плотность костной ткани у спортсменов различных специализаций / Н. В. Черницына, Н. Д. Нененко, С. В. Домрачева, А. Е. Давлетзянов // Вестник Югорского государственного университета. – 2007. – Выпуск 6. – С. 95–97.

92. Минеральный обмен / Ш. Мелмед, К. С. Полонски, П. Р. Ларсен, Г. М. Кроненбург; пер. с англ. Под ред. И. И. Дедова, Г. А. Мельниченко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 296 с.

93. Мироманов, А. М. Гормональная регуляция остеогенеза: обзор литературы / А. М. Мироманов, К. А. Гусев // Травматология и ортопедия России. – 2021. – № 27 (4). – С. 120–130.

94. Мисникова, И. В. Влияние физической нагрузки на обменные процессы у пациентов с метаболическим синдромом / И. В. Мисникова, Ю. А. Ковалева // РМЖ. – 2018. – № 1 (I). – С. 8–11.

95. Михайлова, А. В. Клинико-функциональная характеристика спортсменов с перенапряжением сердечно-сосудистой системы / А. В. Михайлова // Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам. Материалы Международной научно-практической конференции (29-30 ноября 2012). – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2012. – Т. 1. – С. 41–44.

96. Мхитарян, Г. Р. Скрининг постменопаузального остеопороза в некоторых регионах Республики Армения и Нагорно-Карабахской Республики // Медицинская наука Армении НАН РА. – 2011. – № 2. С. 124–130.

97. Нарушение метаболизма костной ткани у пациентов с нарушениями функции щитовидной железы / Т. М. Черных, А. П. Волынкина, И. П. Горшков, А. В. Захарченко // Остеопороз и остеопатии. – 2016. – № 2. – С.59–60.

98. О возможной связи развития остеопении с биохимическими и генетическими маркерами костного метаболизма у спортсменов после интенсивной физической нагрузки. Часть I / В. С. Оганов, О. Л. Виноградова, Н. С. Дудов [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2008. – Т. 11, № 1. – С.2–5.

99. О диагностике дефицита магния. Часть 1. / О. А. Громова, А. Г. Калачёва,

И. Ю. Торшин [и др.] // Архивъ внутренней медицины. – 2014. – № 2 (16). – С. 5–10.

100. О новых подходах к выявлению ранних проявлений костной патологии метаболического генеза / А. А. Павлова, А. В. Жолинский, Л. И. Дергачева [и др.] // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2024. – №1 (171). – С. 19–28.

101. О роли магния в спортивной медицине / О. А. Громова, Е. Ю. Егорова, И. Ю. Торшин [и др.] // Русский медицинский журнал. – 2016. – № 9. – С. 560–571.

102. Особенности биохимических показателей крови у высококвалифицированных спортсменов / Е. А. Анисимов, А. Б. Чадина, А. В. Жолинский [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – Т. 61, № 3. – С. 160–167.

103. Особенности метаболизма организма хоккеистов высшей квалификации в ходе соревновательного периода / С. А. Колесов, С. А. Рахматов, Т. В. Блинова [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник. – 2018. – № 25 (1). – С. 82–87.

104. Особенности нейрогуморального ответа на стресс у пострадавших с торакоабдоминальными травмами, поступившими в состоянии алкогольного опьянения. / Э. П. Сорокин, Е. Г. Бутолин, Е. В. Шиляева, В. Г. Иванов // Кубанский научный медицинский вестник. – 2017. – № 24 (6). – С. 122–128.

105. Особенности питания спортсменов в зависимости от полиморфизма rs2228570 (ген VDR) / Е. Ю. Сорокина, Н. Н. Денисова, Э. Э. Кешабянц, Е. В. Пескова // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6, № 4. – С. 246–251.

106. Остеопороз и физическая активность. Научно-методическое пособие / Т. Ф. Абрамова, Н. И. Кочеткова, Т. М. Никитина [и др.]. – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 112 с.

107. Оценка адекватности восстановительного периода в профессиональной деятельности при физических и психоэмоциональных нагрузках по гормональному статусу организма / Р. С. Рахманов, Т. В. Блинова, С. А. Разгулин [и др.] // Медицинский альманах. – 2017. – № 2 (47). – С. 146–150.

108. Оценка некоторых биохимических показателей системы энергообеспечения организма при значительных физических нагрузках / Р. С.

Рахманов, М. А. Сапожникова, Т. В. Блинова [и др.] // Медицинский альманах. – 2015. – № 1 (36). – С. 141–143.

109. Оценка функциональной надежности спортсменов по показателям обменных процессов организма / Р. С. Рахманов, Т. В. Блинова, С. А. Колесов [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 1. – С. 44–48.

110. Панкратова, Ю. В. Витамин К-зависимые белки: остеокальцин, матриксный Gla-белок и их внекостные эффекты / Ю. В. Панкратова, Е. А. Пигарова, Л. К. Дзеранова // Ожирение и метаболизм. – 2013. – № 2. – С. 11–18.

111. Панькив, В. И. Гиперпаратиреоз: диагностика, клинические признаки и симптомы, современные подходы к лечению / В. Г. Панькив // Новости медицины и фармации. – 2013. – № 6. – С. 26–30.

112. Панькив, И. В. Влияние функционального состояния щитовидной железы на минеральную плотность костной ткани / И. В. Панькив // Травма. – 2015. – Т.6, № 16. – С. 33–40.

113. Пенкин, И. А. Оценка информативности и сравнительный анализ медицинских показателей, регистрируемых у паралимпийцев - в основных классификационных группах фехтовальщиков на колясках: дис. канд. мед.наук: 14.03.11 / Пенкин Иван Александрович – М., 2014. – 147 с.

114. Первичный гиперпаратиреоз: клиника, диагностика, дифференциальная диагностика, методы лечения / И. И. Дедов, Г. А. Мельниченко, Н. Г. Мокрышева [и др.] // Проблемы эндокринологии. – 2016. – № 6. – С. 40–77.

115. Питание спортсменов: зарубежный опыт и практические рекомендации: учеб.-метод. пособие / О. О. Борисова. – М.: Советский спорт, 2007. – 132 с.

116. Полищук, Д. А. Велосипедный спорт / Д. А. Полищук. – К.: Олимпийская литература. – 1997. – 344 с.

117. Проблема остеопороза и возможности метода ультразвуковой денситометрии для его первичного выявления и профилактики, в том числе при беременности / М. Ю. Кожаринов, К. Ф. Юсупов, И. М. Михайлов, О. Ю. Дмитриев // Медицинский алфавит. Радиология. – 2009. – № 1. – С. 54–56.

118. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 46 с.

119. Риггз, Б. Л. Остеопороз / Б.Л. Риггз, Ш. Л.Дж. Мелтон. Перевод с английского, Москва. – СПб, ЗАО «Издательство БИНОМ», «Невский диалект», 2000. – 560 с.

120. Рожинская, Л. Я. Системный остеопороз: Практическое руководство для врачей / Рожинская Л.Я. – М.: Издатель Мокеев, 2000. – 196 с.

121. Розенфельд, А. С. Поддержание физической работоспособности путем метаболической коррекции ацидоза: автореф. дис. ... док. биолог. наук: 03.00.13 / Розенфельд Александр Семенович. – Пушкино, 2001. – 40 с.

122. Роль витамина D в спорте (обзор литературных источников) / И. А. Малёваная, Н. В. Иванова, Л. Н. Цехмистро [и др.] // Прикладная спортивная наука. – 2020. – № 1 (11). – С. 89–98.

123. Румянцева, Э. Р. Спортивная подготовка тяжелоатлетов. Механизмы адаптации / Э. Р. Румянцева, П. С. Горулев. – М.: Теория и практика физической культуры, 2005. – 260 с.

124. Рыбина, И. Л. Использование активности креатинфосфокиназы в оценке срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам / И. Л. Рыбина, З. М. Кузнецова // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2015. – №3 (63). – С. 150–158.

125. Рыбина, И. Л. Физиологические значения активности креатинфосфокиназы у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И. Л. Рыбина // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 6. – С. 36-41.

126. Свешников, А. А. Возрастные изменения минеральной плотности костей скелета мужчин / А. А. Свешников, Е. Н. Овчинников // Гений ортопедии. – 2010. – № 3. – С. 162–167.

127. Свешников, А. А. Роль физической культуры в профилактике остеопороза / А. А. Свешников, Л. А. Смотровая, Н. Ф. Обанина // Гений ортопедии.

– 2003. – № 3. – С. 151–158.

128. Сейранов, С. Г. Контроль за физическими нагрузками по мочеvine / С. Г. Сейранов, М. И. Шикунов // Лыж. спорт: [сборник]. – М., 1986. – Вып. 1. – С. 19–23.

129. Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками / В. А. Бадтиева, В. И. Павлов, А. С. Шарыкин [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 23 (6). – С. 180–190.

130. Синдром перетренированности у спортсменов (обзор отечественной и зарубежной литературы), 2 часть / Г. А. Макарова, С. Н. Волков, Ю. А. Холявко, С. А. Локтев // Физическая культура, спорт - наука и практика. – 2014. – № 4. – С. 54–60.

131. Солодков, А. С. Спортивная физиология / А. С. Солодков, Е. Б. Сологубов. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. Учебник для высших учебных заведений физической культуры, Издание 6-е, исправленное и дополненное. – М.: Спорт, 2016. – С. 198–434.

132. Солопов, И. Н. Функциональная подготовка спортсменов / И. Н. Солопов, А. И. Шамардин. – Волгоград: ПринТерра-Дизайн, 2003. – 263 с.

133. Соотношение инсулина и кортизола после восстановительного лечения оперированных больных раком желудка./ А. И. Лактионова, Г. Г. Кныров, В. В. Фролов [и др.] // Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. – 1990. – Т. 2, № 2. – С. 36–37.

134. Состояние системы остеопротегерин (OPG) лиганд рецептора-активатора ядерного фактора каппа-В (RANKL) у пациентов с диабетической остеоартропатией и медиакальцинозом артерий нижних конечностей / М. В. Ярославцева, И. Н. Ульянова, Г. Р. Галстян [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2008. – №1. – С. 9–13.

135. Статус витамина D у жителей Российской Федерации, его возрастные особенности и взаимосвязь с уровнем паратиреоидного гормона / Д. А. Мармалюк, Г. Е. Рунова, И. В. Глинкина, В. В. Фадеев // Архивь внутренней медицины. – 2024.

– Т. 14; № 4. – С. 276-283.

136. Стаценко, Е. А. Профилактика и коррекция нарушений функционального состояния у высококвалифицированных спортсменов в условиях тренировочного процесса: дис. доктора мед. наук: 14.03.11 / Стаценко Евгений Александрович. – Москва, 2014. – 359 с.

137. Стогов, М. В. Влияние занятий спортом на показатели минеральной плотности костной ткани у женщин-потомков мигрантов ХМАО-Югры / М. В. Стогов, Н. В. Черницына, Р. В. Кучин // Вестник Югорского государственного университета. – 2016. – Вып. 1; № 40. – С. 190–200.

138. Студеникина, Н. Н. Изменение минеральной плотности пяточной кости спортсменов под влиянием спортивной деятельности: дисс. ... канд. биол. наук, 14.00.51: Студеникина Наталья Николаевна. – Москва, 2005. – 139 с.

139. Суздальницкий, Р. С. Специфические изменения в метаболизме спортсменов, тренирующихся в разных биоэнергетических режимах в ответ на стандартную физическую нагрузку / Р. С. Суздальницкий, И. В. Меньшиков, Е. А. Мадера // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 3. – С. 16–20.

140. Тарасов, А. В. Травмы и заболевания опорно-двигательного аппарата у спортсменов (обоз литературы) / А. В. Тарасов, О. И. Беличенко, А. В. Смоленский // Терапевт. – 2019. – № 5. – С. 4–14.

141. Тумашева, А. Г. Особенности минерального обмена и метаболизма костной ткани у женщин в постменопаузе / А. Г. Тумашева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 10 (185). – С. 277–278.

142. Тюзиков, И. А. Дефицит андрогенов у женщин в урогинекологической практике: патофизиология, клинические "маски" и фармакотерапия с применением трансдермальных форм тестостерона / И. А. Тюзиков, С. Ю. Калинин, С. С. Апетов // Российский вестник акушера-гинеколога. – 2014. – № 14 (1). – С. 33–43.

143. Ультразвуковая остеометрия и рентгеновская денситометрия у больных с травмой позвоночника / Ш. А. Булекбаева, К. К. Кусаинова, Х. Мухаметжанов [и др.] // Вестник АГИВ, спецвыпуск. – 2013. – С. 10–13.

144. Уровень гастрина, инсулина и соматотропного гормона у спортсменов

при совместном применении мышечной нагрузки и пробного жирового завтрака / А. В. Речкалов, А. В. Каргапольцев, М. В. Шимченко [и др.] // Вестник Курганского государственного университета. – 2012. – № 1; вып. 4. – С. 8–13.

145. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза / Ж. Е. Белая, К. Ю. Белова, Е. В. Бирюкова [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2021. – № 24 (2). – С. 4-47. DOI: 10.14341/osteo12930.

146. Хадарцев, А. А. Психозэмоциональный стресс в спорте. Физиологические основы и возможности коррекции (обзор литературы) / А. А. Хадарцев, Н. А. Фудин // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2015. – № 3. – С. 8–4.

147. Цитологические и биохимические показатели крови при развитии различных неспецифических адаптационных реакций у спортсменов экстремальных видов спорта / В. И. Пустовойт, Р. В. Никонов, А. С. Самойлов [и др.] // Курортная медицина. – 2021. – № 2. – С. 85-91.

148. Цыбизов, Г. Г. Значение функции гормональных механизмов в регуляции гомеостаза кальция и фосфора при физической нагрузке / Г. Г. Цыбизова // Материалы XX республиканской конф. по физкультуре. – Таллин, 1978. – С. 61–63.

149. Чепурненко, С. А. Возможности ранней диагностики нарушений метаболизма костной ткани в постменопаузе / С. А. Чепурненко, З. И. Микашинович, Н. М. Булгакова // Вестник современной клинической медицины. – 2016. – Т. 9, вып. 1. – С. 71–74.

150. Черкасова, Е. В. Состояние костной прочности у здоровых подростков Оренбурга по данным ультразвуковой денситометрии / Е. В. Черкасова, С. Е. Лебедькова // Вестник ОГУ. – 2016. – № 6 (155). – С. 13–17.

151. Черницына, Н. В. Воздействие гипердинамики на минеральную плотность костной ткани и содержание половых гормонов в сыворотке крови у мужчин: дис. кан. биол. наук: 03.00.13 / Черницына Наталья Валерьевна. – Курган, 2000г. – 152 с.

152. Черницына, Н. В. Оценка минеральной плотности костной ткани скелета

спортсменов различных специализаций методом двухэнергитической рентгеновской абсорбциометрии / Н. В. Черницына, Н. Д. Нененко, Р. В. Кучин // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – № 4 (33). – С. 133–139.

153. Черницына, Н.В. Изменения минерализации скелета в зависимости от спортивной специализации / Н.В. Черницына // Физиология экстремальных состояний. Сборник тезисов национальной конференции имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора биологических наук, профессора А. П. Кузнецова. – Курган, 2023. – С. 71–74.

154. Чиркин, А. А. Биохимия и молекулярная биология спорта / А. А. Чиркин // Наука - образованию, производству, экономике: материалы XIX(66) Регион. науч.-практ. конференции преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 13-14 марта 2014 г.: в 2 т. – 2014. – Т. 1. – С. 10–11.

155. Чурганов, О. А. Спортивная подготовка и проблемы перетренированности; ФГБУ «Федеральный центр подготовки спортивного резерва». Методические рекомендации / О. А. Чурганов. – М., 2022. – 74 с.

156. Шрейбург, Г. Л. Механизмы обратной связи системы гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников и стрессорная реакция при спортивной деятельности / Г. Л. Шрейбург, Н. Н. Шаров // Изменения функции эндокринных желез при физической нагрузке. Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности IX. Учебные записки тартуского государственного университета. Под редакцией А. А Виру [и др.]. – ТАРТУ: 1980. – С. 34–42.

157. Шустин, Б. Н. Моделирование в спорте: Теоретические основы и практическая реализация: автореф. дис. ... док. пед. наук: 13.00.04 / Шустин Борис Нахимович. – М., 1995. – 82 с.

158. Эндокринная функция костной ткани / Т. А. Гребенникова, Ж. Е. Белая, Т. Т. Цориев [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2015. – № 18 (1). – С. 28–37.

159. Acute calcium ingestion attenuates exercise-induced disruption of calcium homeostasis / D.W. Barry, K.C. Hansen, R.E. van Pelt [et. al.] // Medicine & Science

in Sports & Exercise. – 2011. – Vol. 43 (4). – P. 617–623.

160. Acute effect of HIIT on testosterone and cortisol levels in healthy individuals: A systematic review and meta-analysis / M. Dote-Montero, A. Carneiro-Barrera, V. Martinez-Vizcaino [et. al.] // Scand J Med Sci – Sports. – 2021. – Vol. 31 (9). – P. 1722-1744.

161. Anderson, T. Cortisol and testosterone dynamics following exhaustive endurance exercise / T. Anderson, A. R. Lane, A. C. Hackney // European Journal of Applied Physiology. – 2016. – Vol. 116 (8). – P. 1503–1509.

162. Assessment of osteoporotic fracture risk in urban Indian population using quantitative ultrasonography & FRAX tool / R. Vaishya, V. Vijay, A. K. Agarwal, P. Maheshwari // Indian Journal of Medical Research. – 2017. – Vol. 146 (8). – P. 51–56.

163. Association between serum osteocalcin and markers of metabolic phenotype / A. G. Pittas, S. S. Harris, M. Eliades [et. al.] // Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. – 2009. – Vol. 94 (3). – P. 827–832.

164. Association of five quantitative ultrasound devices and bone densitometry with osteoporotic vertebral fractures in a population-based sample: the OPUS Study / C.C. Glüer, R. Eastell, D. M. Reid [et. al.] // Journal of Bone and Mineral Research. – 2004. – Vol. 19 (5). – P. 782–793.

165. Athanasiou N. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise / N. Athanasiou, G. C. Bogdanis, G. Mastorakos // Rev Endocr Metab Disord. – 2023. – Vol. 24 (2). – P. 251-266.

166. A single bout of jumping exercise does not modulate serum markers of bone formation or bone resorption throughout a 24 h period / L. Hilkens, J. Bons, J. Nyakayiru [et. al.] // Bone. – 2024. – Vol. 188. – P. 117216.

167. Bachman, D.M. Comparison of heel ultrasound and finger DXA to central DXA in the detection of osteoporosis. Implications for patient management / D. M. Bachman, P. E. Crewson, R. S. Lewis // Journal of Clinical Densitometry. – 2002. – Vol. 5 (2). – P. 131–141.

168. Banfi, G. Bone metabolism markers in sports medicine / G. Banfi, G. Lombardi, A. Colombini, G. Lippi // Sports medicine. – 2010. – Vol. 40 (8). – P 697-714.

169. Bone and energy metabolism parameters in professional cyclists during the Giro d'Italia 3-weeks stage race / G. Lombardi, P. Lanteri, R. Graziani [et. al.] // PLoS ONE. – 2012. – Vol. 7 (7). – P. e42077.

170. Bone density, body composition, and markers of bone remodeling in type 1 diabetic patients / S. M. Abd El Dayem, A. M. El-Shehaby, A. Abd El Gafar [et. al.] // Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation. – 2011. – Vol. 71 (5). – P. 387–93.

171. Bone density, microarchitecture and strength in elite figure skaters is discipline dependent / L. A. Burt, E. M. Groves, K. Quipp, S. K. Boyd // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2022. – Vol. 25(2). P. 173–177.

172. Bone health, body composition and physical fitness dose-response effects of 16 weeks of recreational team handball for inactive middle-to-older-aged males - A randomised controlled trial / I. Carneiro, P. Krstrup, C. Castagna [et. al.] // Eur J Sport Sci. – 2023. – Vol. 23 (11). – P. 2251-2263.

173. Bone health in elite Norwegian endurance cyclists and runners: a cross-sectional study / O. Klomsten Andersen, B. Clarsen, I. Garthe [et. al.] // BMJ Open Sport and Exercise Medicine. – 2018. – Vol. 7;4 (1):e000449.

174. Bone mass in lifetime tennis athletes / A. L. Huddleston, D. Rockwell, D. N. Kulund, R. B. Harrison // J. Am. Med. Ass. – 1980. – Vol. 244 (10). – P. 1107–1109.

175. Bone metabolism in elite male rowers: adaptation to volume-extended training / J. Jürimäe, P. Purge, T. Jürimäe, S. P. von Duvillard // European Journal of Applied Physiology. – 2006. – Vol. 97 (1). – P. 127–132.

176. Bone Metabolism, Bone Mineral Content, and Density in Elite Late Teen Female Sprinters / Y. Tsukahara, S. Torii, F. Yamasawa [et. al.] // International Journal of Sports Medicine. – 2021. – Vol. 42 (13). – P. 1228–1233.

177. Bone Mineral Density in Athletes of Different Disciplines: a Cross-sectional Study / T. Hinrichs, E-H. Chae, R. Lehmann [et. al.] // The Open Sports Sciences Journal. – 2010. – Vol. 3. – P. 129–133.

178. Bone Turnover Markers and Lean Mass in Pubescent Boys: Comparison Between Elite Soccer Players and Controls / A. Nebigh, M. E. Abed, R. Borji [et. al.] //

Pediatrics Sciences Journal. – 2017. – Vol. 1; 29 (4). – P. 513–519.

179. Bone turnover response is linked to both acute and established metabolic changes in ultra-marathon runners / V. Sansoni, G. Vernillo, S. Perego [et. al.] // *Endocrine*. – 2016. – Vol. 56 (1). – P. 196–204.

180. Caralis, D. G. Serum total and free thyroxine and triiodothyronine during dynamic muscular exercise in man / D. G. Caralis, L. Edwards, P. J. Davis // *American Journal of Physiology*. – 1977. – Vol. 233 (2). – P. 115–118.

181. Clemens, T. L. The osteoblast: an insulin target cell controlling glucose homeostasis / T.L. Clemens, G. Karsenty // *Journal of Bone and Mineral Research*. – 2011 – Vol. 26 (4). – P. 677–680.

182. Comparisons of Bone Mineral Density Between Recreational and Trained Male Road Cyclists / C. D. Mojock, M. Ormsbee, J. S. Kim [et. al.] // *Clinical Journal of Sport Medicine*. – 2016. – Vol. 26 (2). – P. 152–156.

183. Competitive season of triathlon does not alter bone metabolism and bone mineral status in male triathletes / L. Maimoun, O. Galy, J. Manetta [et. al.] // *International Journal of Sports Medicine*. – 2004. – Vol. 25 (3). – P. 230–234.

184. Cooper, M. S. Glucocorticoid activity, inactivity and the osteoblast / M. S. Cooper, M. Hewiston, P. M. Stewart // *Journal of Endocrinology*. – 1999. – Vol. 163 (2). – P. 159–164.

185. Coordinated increase in albumin, fibrinogen, and muscle protein synthesis during hemodialysis: role of cytokines / D. S. Raj, E. A. Dominic, R. Wolfe [et. al.] // *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. – 2004. – Vol. 286 (4). – P. 658–664.

186. Davies, C.T.M. Effects of exercise on adrenocortical function/ C. T. M. Davies, J. D. Few // *Journal of Applied Physiology*. – 1973. – Vol. 6 (35). – P. 888–891.

187. Diagnosing Overtraining Syndrome: A Scoping Review / J. Carrard, A. C. Rigort, C. Appenzeller-Herzog [et. al.] // *Sports Health*. – 2022. – Vol. 14 (5). – P. 665-673.

188. Do we need to change the guideline values for determining low bone mineral density in athletes? / K. L. Jonvik, M. K. Torstveit, J. Sundgot-Borgen, T. F. Mathisen //

Journal of Applied Physiology (1985). – 2022. – Vol. 132 (5). – P. 1320–1322.

189. Ducey, P. The role of osteocalcin in the endocrine cross-talk between bone remodelling and energy metabolism / P. Ducey // *Diabetologia*. – 2011. – Vol. 54 (6). – P. 1291–1297.

190. Duma, E. Blood levels of some electrolytes and hormones during exercise in athletes / E. Duma, P. Orbai, P. Derevenco // *Romanian Journal of Physics*. – 1998. – Vol. 35 (1-2). – P. 55–60.

191. Effects of competitive physical activity on serum irisin levels and bone turnover markers / A. Gaudio, R. Rapisarda, A. Xourafa [et. al.] // *Journal of Endocrinological Investigation*. – 2021. – Vol. 44 (10). – P. 2235–2241.

192. Effects of exercise, altitude, and food on blood hormone and metabolite levels / M. J. Stock, C. Chapman, J. L. Stirling, J. T. Campbell // *Journal of Applied Physiology*. – 1978. – Vol. 45 (3). – P. 350–354.

193. Effects of physical training on bone mineral density and bone metabolism / Y. Shibata, I. Ohsawa, T. Watanabe [et. al.] // *Journal of physiological anthropology and applied human science*. – 2003. – Vol. 22 (4). – P. 203–208.

194. Effects of prolonged, strenuous exercise on lipids and thyroxine in serum/ K. Kirkeby, S. B. Stromme, J. Bjerkedal [et. al.] // *Acta medica Scandinavica*. – 1977. – Vol. 202 (1-6). – P. 463–467.

195. Effects of testosterone replacement in androgen-deficient women with hypopituitarism: a randomized, double-blind, placebo-controlled study / K. K. Miller, B. M. Biller, C. Beauregard [et. al.] // *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. – 2006. – Vol. 91 (5). – P. 1683–1690.

196. Effects of Vitamin D Supplementation in Elite Athletes: A Systematic Review. / P. B. Wyatt, C. R. Reiter, J. R. Satalich [et. al.] // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2024. – Vol. 12 (1). – P. 23259671231220371.

197. Elevated Creatine Kinase and Lactic Acid Dehydrogenase and Decreased Osteocalcin and Uncarboxylated Osteocalcin are Associated with Bone Stress Injuries in Young Female Athletes / T. Miyamoto, Y. Oguma, Y. Sato [et. al.] // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8 (1). – P.18019.

198. Endurance training-induced changes in the GH-IGF-I axis influence maximal muscle strength in previously untrained men / M. Grandys, J. Majerczak, P. Kuczek [et. al.] // *Growth Hormone & IGF Research*. – 2017. – Vol. 32. – P. 41–48.

199. Exercise-Induced Hormone Elevations Are Related to Muscle Growth / G. T. Mangine, J. R. Hoffman, A. M. Gonzalez [et. al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2017. – Vol. 31 (1). – P. 45–53.

200. Fifteen years of GH replacement increases bone mineral density in hypopituitary patients with adult-onset GH deficiency / M. Elbornsson, G. Götherström, I. Bosæus [et. al.] // *European Journal of Endocrinology*. – 2012. – Vol. 166 (5). – P. 787–795.

201. Filopoulos, D. Normobaric hypoxia increases the growth hormone response to maximal resistance exercise in trained men / D. Filopoulos, S. J. Cormack, D. G. Whyte // *European Journal of Sport Science*. – 2017. – Vol. 17 (7). – P: 821–829.

202. Fransis, R.M. Pathogenesis of osteoporosis / R. M. Fransis, A. M. Sutcliffe, A. C. Scane // *Osteoporosis*. Eds. Stevenson J. and Lindsay R. – London: Chapman & Hall Medical. – 1998. – P. 29–51.

203. Glucocorticoid-induced osteoporosis: an overview / N. O. Kuchuk, J. N. Hoes, J. W. J. Bijlsma, J. W. G. Jacobs // *International Journal of Clinical Rheumatology*. – 2014. – Vol. 9 (3). – P. 311–326.

204. Greater growth hormone and insulin response in women than in men during repeated bouts of sprint exercise / M. Esbjörnsson, B. Norman, S. Suchdev [et. al.] // *Acta Physiologica (Oxf)*. – 2009. – Vol. 197 (2). – P. 107–115.

205. Hans, D. Quantitative Ultrasound (QUS) in the Management of Osteoporosis and Assessment of Fracture Risk / D. Hans, S. Baim // *Journal of Clinical Densitometry*. – 2017. – Vol. 20 (3). – 322–333.

206. Human growth hormone response to repeated bouts of aerobic exercise / J. A. Kanaley, J. Y. Weltman, J. D. Veldhuis [et. al.] // *Journal of Applied Physiology*. – 1997. – Vol. 83 (5). – P. 1756–1761.

207. Insulin signaling in osteoblasts integrates bone remodeling and energy metabolism / M. Ferron, J. Wei, T. Yoshizawa [et. al.] // *Cell*. – 2010. – Vol. 142 (2). –

P. 296–308.

208. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update / M. Mountjoy, J. K. Sundgot-Borgen, L. M. Burke [et. al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 52. – P. 687–697.

209. Is bone tissue really affected by swimming? A systematic review / A. Gómez-Bruton, A. González-Agüero, A. Gómez-Cabello [et. al.] // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8 (8): e70119.

210. Ishikawa, T. Biochemical markers of bone turnover. New aspect. Bone metabolism movement in various sports and physical activities. / T. Ishikawa, K. Sakuraba // *Clinical calcium*. – 2009. – Vol. 19 (8). – P. 1125–1131.

211. Ismail, A. A. A. Chronic magnesium deficiency and human disease; time for reappraisal? / A. A. A. Ismail, Y. Ismail, A. A. Ismail // *QJM*. – 2018. – Vol. 1; 111 (11). – P. 759–763.

212. Jumping rope and whole-body vibration program effects on bone values in Olympic artistic swimmers / M. Bellver, F. Drobnic, E. Jovell [et. al.] // *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. – 2021. – Vol. 39 (5). – P. 858–867.

213. Larson-Meyer, D.E. The Importance of Vitamin D for Athletes / D.E. Larson-Meyer // *Sports Science Exchange*. – 2015. – Vol. 28, No. 148. – P. 1–6.

214. Lee, H. D. Use of quantitative ultrasound for identifying low bone density in older people / H. D. Lee, H. F. Hwang, M. R. Lin // *Journal of Ultrasound in Medicine*. – 2010. – Vol. 29 (7). – P. 1083–1092.

215. Lehnert, G. Plasma cortisol and plasma corticosterone in the stage of adaptation to graduated physical labor / G. Lehnert, H. Leiber, K. H. Scheller // *Endocrinology*. – 1968. – Vol. 52 (5). – P. 402–405.

216. Lombardi, G. Physical Activity-Dependent Regulation of Parathyroid Hormone and Calcium-Phosphorous Metabolism / G. Lombardi, E. Ziemann, G. Banfi, S. Corbetta // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2020. – Vol. 21 (15). – P. 5388 (pp.50).

217. Long-term rugby practice enhances bone mass and metabolism in relation with physical fitness and playing position / M. Elloumi, O. Ben Ounis, D. Courteix [et.

al.] // *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. – 2009. – Vol. 27 (6). – P. 713–720.

218. MacKnight, J. M. Osteopenia and Osteoporosis in Female Athletes / J. M. MacKnight // *Clinical Journal of Sport Medicine*. – 2017. – Vol.36 (4). – P. 687–702.

219. Metabolic markers in sports medicine. / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi, A. Lubkowska // *Advances in Clinical Chemistry*. – 2012. – Vol. 56. – P. 1–54.

220. Multiple hormonal responses to prolonged exercise in relation to physical training / L. H. Hartley, J. W. Mason, R. P. Hogan [et. al.] // *Journal of Applied Physiology*. – 1972. – Vol. 33 (5). – P. 607–610.

221. Multisite quantitative ultrasound for the prediction of fractures over 5 years of follow-up: The Canadian Multicentre Osteoporosis Study / W. P. Olszynski, J. P. Brown, J. D. Adachi [et. al.] // *Journal of Bone and Mineral Research, American Society for Bone and Mineral Research*. – 2013. – Vol. 28 (9). – P. 2027–2034.

222. Nho, S. J. Editorial Commentary: Is Vitamin D the New Wheaties? Preventing Muscle Fatigue Could Keep Athletes in the Game. / S. J. Nho, W. H. Neal // *Arthroscopy*. – 2018. – Apr; Vol. 34 (4). – P.1286–1287.

223. No negative impact of reduced leptin secretion on bone metabolism in male decathletes. / L. Maïmoun, O. Coste, A. M. Puech [et. al.] // *European Journal of Applied Physiology*. – 2008. – Vol. 102 (3). – P. 343–351.

224. O'Brien, M. Exercise and osteoporosis / M. O'Brien // *Irish Journal of Medical Science*. – 2001. – Vol. 170, Issue 1. – P. 58–62.

225. Onsori, M. Effects of 12 weeks aerobic exercise on plasma level of TSH and thyroid hormones in sedentary women / M. Onsori, M. Galedari // *European Journal of Sports and Exercise Science*. – 2015. – Vol. 4 (1). – P. 45–49.

226. Oosthuysen, T. Bone resorption is suppressed immediately after the third and fourth days of multiday cycling but persistently increased following overnight recovery / T. Oosthuysen, M. Badenhorst, I. Avidon // *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*. – 2014. – Vol. 39 (1). – P. 64–73.

227. Osteocalcin is associated with testosterone in the general population and selected patients with bone disorders / A. Hannemann, S. Breer, H. Wallaschofski [et. al.] // *Andrology*. – 2013. – Vol. 1 (3). – P. 469–474.

228. Osteocalcin Signaling in Myofibers Is Necessary and Sufficient for Optimum Adaptation to Exercise / P. Mera, K. Laue, M. Ferron [et. al.] / *Cell Metabolism*. – 2016. – Vol. 14; 23 (6). – P. 1078–1092.

229. Osteocalcin, energy and glucose metabolism / L. C. Zanatta, C. L. Boguszewski, V. Z. Borba, C. A. Kulak // *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*. – 2014. – Vol. 58 (5). – P. 444–451.

230. Participation in road cycling vs running is associated with lower bone mineral density in men / R. S. Rector, R. Rogers, M. Ruebel, P. S. Hinton // *Metabolism*. – 2008. – Vol. 57 (2). – P. 226–232.

231. Physical activity and blood insulin, sugar and NEFA values in normal, untrained subjects / E. Rottini, G. Cozzolino, G. Dominici, M. D'Ovidio // *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. – 1997. – Mar; Vol. 11 (1). – P. 1–5.

232. Physical activity and osteoporotic hip fracture risk in men / U. M. Kujala, J. Kaprio, P. Kannus [et. al.] // *Archives of Internal Medicine*. – 2000. – Vol. 160 (5). – P. 705–708.

233. Physical activity may be a potent regulator of bone turnover biomarkers in healthy girls during preadolescence / A. Kambas, D. Leontsini, A. Avloniti [et. al.] // *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. – 2017. – Vol. 35 (6). – P. 598–607.

234. Potent effect of recombinant growth hormone on bone mineral density and body composition in adults with panhypopituitarism / M. Degerblad, N. Elgindy, K. Hall [et. al.] // *Acta Endocrinologica*. – 1992. – Vol. 126. – P. 387–393.

235. 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.

236. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis / F. Farrokhyar, R. Tabasinejad, D. Dao [et. al.] // *Sports Medicine*. – 2015. – Vol. 45 (3). – P. 365–378.

237. Prouteau, S. Relationships between serum leptin and bone markers during stable weight, weight reduction and weight regain in male and female judoists / S.

Prouteau, L. Benhamou, D. Courteix // *European Journal of Endocrinology*. – 2006. – Vol. 154 (3). – P. 389–395.

238. Pruett, E. D. R. Glucose and insulin during prolonged work stress in men living on different diets / E. D. R. Pruett // *Journal of Applied Physiology*. – 1970. – Vol. 28 (2). – P. 199–208.

239. Pruett, E.D.R. Plasma insulin concentrations during prolonged work at near maximal oxygen uptake / E. D. R. Pruett // *Journal of Applied Physiology*. – 1970. – Vol. 29 (2). – P. 155–158.

240. Quality controls for two heel bone ultrasounds used in the Swiss Evaluation of the Methods of Measurement of Osteoporotic Fracture Risk Study / M. A. Krieg, J. Cornuz, F. Hartl [et. al.] // *Journal of Clinical Densitometry*. – 2002. – Vol. 5, N 4. – P. 335–341.

241. Quantitative ultrasound of the heel and fracture risk assessment: an updated meta-analysis / A. Moayyeri, J. E. Adams, R. A. Adler [et. al.] // *Osteoporosis International*. – 2012. – Vol. 23 (1). – P. 143–153.

242. Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry (REMS) for the diagnosis of osteoporosis in a European multicenter clinical context / B. Cortet, E. Dennison, A. Diez-Perez [et. al.] // *Bone*. – 2021. – Vol. 143. – P. 115786.

243. Rahimi, E. The effect of resistance training on thyroid hormones / E. Rahimi, Y.M. Zadeh, M.A. Boostani // *European Journal of Experimental Biology*. – 2013. – Vol. 3 (2). – P. 443–447.

244. Relationship between body composition, leg strength, anaerobic power, and on-ice skating performance in division I men's hockey athletes / J. A. Potteiger, D. L. Smith, M. L. Maier, T. S. Foster // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2010. – Vol. 24 (7). – P. 1755–1762.

245. Rennie, M. J. Uptake and release of hormones and metabolites by tissues of exercising leg in man / M. J. Rennie, D. M. Park, W. K. Sulaiman // *Journal of Physiology*. – 1976. – Vol. 231 (3). – P. 967–973.

246. Response of Bone Metabolism Markers to Ice Swimming in Regular Practitioners. / S. Mu, Y. Xia, Q. Wu [et. al.] // *Frontiers in physiology*. – 2021. – Vol. 26

(12). – P. 731523.

247. Riachy, R. Various Factors May Modulate the Effect of Exercise on Testosterone Levels in Men / R. Riachy, K. McKinney, D. R. Tuvdendorj // *J Funct Morphol Kinesiol.* – 2020. – Vol. 5 (4). – P. 81.

248. 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. 23; 12 (2). – P. 579–591.

249. Sale, C. Nutrition and Athlete Bone Health / C. Sale, K. J. Elliott-Sale // *Sports Medicine.* – 2019. – Vol. 49 (Suppl 2). – P. 139–151.

250. Seasonal variation of bone turnover markers in top-level female skiers / G. Lombardi, A. Colombini, M. Freschi [et. al.] // *European Journal of Applied Physiology.* – 2011. – Vol. 111 (3). – P. 433–440.

251. Serum levels of bone formation and resorption markers in relation to vitamin D status in professional gymnastics and physically active men during upper and lower body high-intensity exercise / J. Mieszkowski, A. Kochanowicz, E. Piskorska [et. al.] // *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* – 2021. – Vol. 13; 18 (1). – P. 29.

252. Serum thyroid hormones, thyrotropin and thyroxine binding globulin during prolonged strength training / A. Pakarinen, M. Alén, K. Häkkinen, P. Komi // *European journal of applied physiology and occupational physiology.* – 1988. – Vol. 57 (4). – P. 394–398.

253. Site-Specific Bone Differences and Energy Status in Male Competitive Runners and Road Cyclists / Z. Chen, V. D. Sherk, P. Sharma-Ghimire [et. al.] // *Journal of Clinical Densitometry.* – 2022. – Vol. 25 (2). – P. 150–159.

254. Spiteri, T. Offensive and defensive agility: a sex comparison of lower body kinematics and ground reaction forces / T. Spiteri, N. H. Hart, S. Nimphius // *Journal of Applied Biomechanics.* – 2014. – Vol. 30 (4). – P. 514–520.

255. Sutton, J. R. Hormonal and metabolic responses to exercise in subject of high and low work capacities / J. R. Sutton // *Medicine & Science in Sports & Exercise.* – 1978. – Vol. 10 (1). – P. 1–6.

256. Terjung, R. L. Plasma thyroxine and thyroid-stimulating hormone levels

during submaximal exercise in humans / R. L. Terjung, C. M. Tipton // *American Journal of Physiology*. – 1971. – Vol. 220 (6). – P. 1840–1845.

257. The effect of 12-month participation in osteogenic and non-osteogenic sports on bone development in adolescent male athletes. The PRO-BONE study / D. Vlachopoulos, A. R. Barker, E. Ubago-Guisado [et. al.] // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2018. – Vol. 21 (4). – P. 404–409.

258. The Effect of Professional Sports Participation on Bone Content and Density in Elite Female Athletes / M. Gheitasi, B. Imeri, A. Khaledi, E. Mozafaripour // *Asian Journal of Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 13 (2). – P. e119683.

259. The endocrine role of bone: Novel functions of bone-derived cytokines / H. Wang, X. Zheng, Y. Zhang [et. al.] // *Biochemical Pharmacology*. – 2021 –Vol. 183. – P. 114308.

260. The hormonal response to physical exercise / J. R. Sutton, J. R. Young, L. Lazarus [et. al.] // *Australasian Annals of Medicine*. – 1969. – Vol. 18 (2). – P. 84–90.

261. The National Osteoporosis Foundation’s position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations / C. M. Weaver, C. M. Gordon, K. F. Janz [et. al.] // *Osteoporosis International*. – 2016. – Vol. 27 (4). – P. 1281–1386.

262. The relationship between changes in serum levels of growth hormone and mobilization of fat during exercise in man / M. Hartog, R. J. Havel, G. Copinschi [et. al.] // *Journal of Experimental Physiology*. – 1967. – Vol. 52. – P. 86–96.

263. Thein-Nissenbaum, J. Treatment strategies for the female athlete triad in the adolescent athlete: current perspectives / J. Thein-Nissenbaum, E. Hammer // *Open Access Journal of Sports Medicine*. – 2017. – Vol. 8. – P. 85–95.

264. Thyroid and testicular hormone responses to graded and prolonged exercise in man / H. Galbo, L. Hummer, I.B. Peterson [et. al.] // *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. – 1977. – Vol. 36 (2). – P. 101–106.

265. Tong, L. Feasibility of quantitative ultrasonography for the detection of metabolic bone disease in preterm infants - systematic review / L. Tong, J. S. Gopal-Kothandapani, A. C. Offiah // *Pediatric Radiology*. – 2018. – Vol. 16. – P 1–13.

266. Undercarboxylated osteocalcin is positively associated with free testosterone in male patients with type 2 diabetes mellitus / I. Kanazawa, K. Tanaka, N. Ogawa [et. al.] // *Osteoporosis International*. – 2013. – Vol. 24 (3). – P. 1115–1119.

267. Vasikaran, S. D. Utility of biochemical markers of bone turnover and bone mineral density in management of osteoporosis / S. D. Vasikaran // *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*. – 2008. – Vol. 45 (2). – P. 221–258.

268. Wei, J. An overview of the metabolic functions of osteocalcin / J. Wei, G. Karsenty // *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. – 2015. – Vol. 16 (2). – P. 93–98.

269. Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes / D. L. Creighton, A. L. Morgan, D. Boardley, P. G. Brolinson // *Journal of Applied Physiology* (1985). – 2001. – Vol. 90 (2). – P. 565–570.

270. Wilson, D. J. Osteoporosis and sport / D. J. Wilson // *European Journal of Radiology*. – 2019. – Jan; Vol. 110. – P. 169–174.

271. Yagishita, K. Calcium and bone metabolism across women's life stages. Stress fracture in female athletes / K. Yagishita // *Clinical calcium*. – 2017. – Vol. 27 (5). – P. 699–706.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Таблица 1 – Биохимические маркеры костного метаболизма

Таблица 2 – Определяемые в исследовании биохимические показатели

Таблица 3 – Основные характеристики выборки

Таблица 4 – Основные морфологические характеристики спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в академической гребле и велосипедном спорте в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 5 – Характеристики минеральной плотности пяточной кости спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в академической гребле и велосипедном спорте в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 6 – Характеристики костного метаболизма и активности эндокринных желез у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 7 – Характеристики белкового, липидного, углеводного и водно-электролитного обменов, эритропоза, печеночных трансаминаз у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 8 – Взаимосвязь показателей костного ремоделирования и активности эндокринных желез у спортсменов различных специализаций в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 9 – Показатели минеральной плотности костной ткани у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 10 – Морфологические особенности у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 11 – Характеристики костного метаболизма и активности эндокринных желез у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла

подготовки

Таблица 12 – Характеристики глюкокортикоидной и тестостероновой активности эндоринных желез у представителей академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовк

Таблица 13 – Характеристики белкового, липидного, углеводного и водно-электролитного обменов, эритропоза и печеночных трансаминаз у представителей академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 14 – Факторная структура взаимосвязи минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез, костного метаболизма у представителей академической гребли

Таблица 15. Корреляционные взаимосвязи лабильных показателей компонентов состава тела и показателей активности эндокринных желез, костного метаболизма у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде

Таблица 16 – Корреляционные взаимосвязи лабильных компонентов состава тела и показателей белкового, липидного, углеводного и водно-электролитного обменов, эритропоза и печеночных трансаминаз у спортсменов академической гребли с различным уровнем минеральной плотности пяточной кости в подготовительном периоде годового цикла подготовки

Таблица 17 – Минеральная плотность пяточной кости у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Рисунок 1 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Таблица 18 – Изменения маркеров костного ремоделирования у спортсменов велотрека в условиях подготовительного и соревновательного периодов годового цикла подготовки

Рисунок 2 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентрации маркеров остеосинтеза, значений соотношения остеокальцин/ β -

Cross laps у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Рисунок 3 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентрации β -Cross laps у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Таблица 19 – Изменения показателей фосфорно-кальциевого обмена у спортсменов велотрека в условиях подготовительного, предсоревновательного и соревновательного периодов годовичного цикла подготовки

Рисунок 4 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентрации показателей фосфорно-кальциевого обмена у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Таблица 20 – Изменения характеристик активности эндокринных желез у спортсменов велотрека в условиях подготовительного и соревновательного периодов годовичного цикла подготовки

Рисунок 5 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции кортизола у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Рисунок 6 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции тестостерона и значений соотношения общий тестостерон/кортизол у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Рисунок 7 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции соматотропного гормона и инсулина у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Рисунок 8 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции пролактина и значений соотношения кортизол/инсулин у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Рисунок 9 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и секреции тиреотропного гормона и свободного тироксина у спортсменов велотрека на этапах годовичного цикла подготовки

Таблица 21 – Изменения показателей белкового, липидного и углеводного обменов, эритропоза, печеночных трансаминаз у спортсменов велоспорта в условиях подготовительного и соревновательного периодов годовичного цикла подготовки

Рисунок 10 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентраций глюкозы, эритропоэтина, мочевины, общего белка и общего холестерина у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Рисунок 11 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентраций билирубина общего и прямого у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Рисунок 12 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентраций аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Рисунок 13 – Изменение уровня минеральной плотности пяточной кости и концентраций креатинина и креатинфосфокиназы у спортсменов велотрека на этапах годового цикла подготовки

Таблица 22 – Изменения минеральной плотности костной ткани пяточной кости у спортсменов велотрека в условиях подготовительных периодов двух циклов годичной подготовки

Рисунок 14 – Динамическая взаимосвязь изменения уровня минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез, костного метаболизма, биохимических показателей обмена веществ у спортсменов велотрека на протяжении подготовительного и соревновательного периодов годового цикла подготовки