

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ИМЕНИ А. И. БУРНАЗЯНА»

*На правах рукописи*

МИХЕЕВ  
Семён Юрьевич

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ АМПУТАЦИИ НА  
ГОРМОНАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ В  
УСЛОВИЯХ СПЕЦИАЛЬНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ГОДИЧНОГО  
ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦИКЛА

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:  
доктор медицинских наук,  
Пустовойт Василий Игоревич

Москва – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	14
1.1. Медицинское обеспечение паралимпийского спорта в современном мире .....	14
1.2. Медико-биологическое сопровождение лиц с ампутациями нижних конечностей .....	18
1.3. Оценка гормонального статуса спортсменов-паралимпийцев с поражениями опорно-двигательного аппарата .....	24
1.4. Исследования гормонального ответа на травматическую ампутацию на модели животных .....	28
1.5. Заключение по главе.....	36
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	38
2.1. Материал исследования .....	38
2.2. Методы исследования .....	43
2.2.1. Антропометрические методы исследования.....	43
2.2.2. Лабораторные методы исследования.....	44
2.2.3. Методы статистической обработки данных .....	45
ГЛАВА 3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУППЫ СПОРТСМЕНОВ- ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ТРАВМАТИЧЕСКИМИ АМПУТАЦИЯМИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ .....	47
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ АМПУТАЦИИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ НА ГОРМОНАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ СПОРТСМЕНОВ- ПАРАЛИМПИЙЦЕВ НА СПЕЦИАЛЬНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ГОДИЧНОГО ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦИКЛА .....	68

ГЛАВА 5. СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРМОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ТРАВМАТИЧЕСКИМИ АМПУТАЦИЯМИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ СПОРТСМЕНОВ-ОЛИМПИЙЦЕВ НА СПЕЦИАЛЬНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ГОДИЧНОГО ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦИКЛА И С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПАЦИЕНТОВ, ГОСПИТАЛИЗИРОВАННЫХ В ЦЕНТР КОМБИНИРОВАННЫХ ПОРАЖЕНИЙ ПО ПОВОДУ УТРАТЫ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	81
ВЫВОДЫ .....	90
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	92
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	94
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	120

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире проводят около 185 000 ампутаций, преимущественно за счет нижних конечностей, и большинство из них связаны с последствиями боевых действий (Yuan и др. 2023). Утрата нижней конечности неизбежно ведет к нарушению функционального состояния организма, в том числе к изменениям в уровне гормонов, резкому снижению физической активности и трудоспособности (Al Yafi и др. 2023; Yağız и др. 2023). Ряд иностранных исследователей указывают на то, что лица с ампутациями нижних конечностей имеют явные отличия в физиологическом аспекте по сравнению с людьми без утраты конечности (Adams и Lakra 2024; Aizawa 2023; Al Yafi и др. 2023; Dasanayaka, Patwary, и van Ravensberg 2023).

Адаптивная физическая культура и паралимпийские виды спорта являются важным компонентом физической, психологической и социальной реабилитации лиц с ампутациями (Брюхова 2022; van den Hoek, Beaumont, и Latella 2024). На фоне современных вооруженных конфликтов ожидаем прирост спортсменов с такими видами травм в ближайшей перспективе (Казарьян и Юламанова 2022; Cach и др. 2023), что обосновывает актуальность научных исследований в направлении их медико-биологического сопровождения.

В настоящее время в спортивной медицине все большую значимость обретают вопросы медицинского обеспечения спортсменов-инвалидов с целью индивидуализации и повышения эффективности тренировочного процесса, улучшения функционального состояния и, как следствие, достижения наивысших спортивных результатов (Трунина 2020; Шестиловская 2020; Kons и Patatas 2023; van den Hoek и др. 2024). Однако, лишь немногие исследования изучали психобиологические аспекты у спортсменов с ампутациями и их связь с гормональным статусом (Rosa и др. 2020).

Изучение гормонального профиля спортсменов-паралимпийцев может помочь разработать эффективные методики оценки функционального состояния не только самих спортсменов, но и участников боевых действий, получивших ранения, явившиеся причиной ампутации, а также определить причины возможных нарушений в адаптации организма к потере конечности.

### Степень разработанности темы исследования

По данным научной литературы, исследователи сталкиваются с проблемой определения и внедрения надежных протоколов, которые обнаруживают небольшие, но значимые функциональные нарушения у лиц с ампутациями конечностей (Paulson и Goosey-Tolfrey 2017). Эксперименты, проведенные на животных, не могут полностью отражать реакцию организма на стресс и механизмы восстановления функционального состояния, так как большая часть подопытных организмов не синтезируют кортизол (Zhu и др. 2024).

В связи с этим, практикующие врачи располагают ограниченной научно обоснованной информацией, касающейся функциональных особенностей не только спортсменов с ампутациями нижних конечностей, но и участников боевых действий с аналогичными травмами. Рекомендации по медико-биологическому сопровождению таких лиц зачастую носят общий, а не индивидуальный характер (Dehghansai, Pinder, и Baker 2022; Hosokawa и др. 2022; Lexell и Frontera 2022).

До настоящего времени не до конца разработана и научно обоснована концепция медицинского обеспечения паралимпийского спорта, как целостной системы, направленной на сохранение здоровья и достижения высоких спортивных результатов (Ribeiro Neto, Winckler, и Gomes Costa 2024; Rodríguez Macías, Giménez Fuentes-Guerra, и Abad Robles 2023; Rozado и Avanzas 2024). В современной литературе отмечено, что исследований, касающихся вопросов планирования годичного тренировочного цикла спортсменов-паралимпийцев с ампутациями нижних конечностей, в том числе с точки зрения

функционального состояния, в различных видах спорта явно недостаточно (Гаврилова 2023; Фролушина и Бакшеев 2019). Исследование гормонального статуса спортсменов с ампутациями конечностей является важным аспектом для сохранения здоровья, повышения спортивных результатов и мониторинга их прогресса (Sanders, Spindler, и Stanley 2022; Shimizu, Mossialos, и Shibuya 2022).

Рядом отечественных и зарубежных авторов высказано много предложений, направленных на дальнейшее улучшение тренировочного процесса и повышение результативности таких спортсменов, однако в работах последних лет почти не уделяется внимания специфике подготовки спортсменов с ампутациями с точки зрения эндокринологического статуса (Беленов и Дмитренко 2020; Блохин и др. 2019; Madzar и др. 2023; Parziale и De Luigi 2023).

### Цель исследования

Изучить влияние травматической ампутации нижних конечностей, как внешнего фактора, на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла.

### Задачи исследования

1. Выявить корреляционную связь концентраций половых гормонов, гормонов щитовидной железы, соматотропного гормона и кортизола в крови с полом, возрастом и антропометрическими характеристиками спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла.
2. Определить влияние уровня травматической ампутации нижних конечностей на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла.
3. Сравнить концентрации гормонов спортсменов-олимпийцев и

спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей из скоростно-силовых видов спорта на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла.

4. Сравнить концентрации гормонов спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей с госпитализированными пациентами, утратившими нижнюю конечность в ходе боевых действий.

### Научная новизна исследования

Впервые структурированы и статистически обработаны данные репрезентативной выборки спортсменов-паралимпийцев с ампутациями нижних конечностей и пациентов, госпитализированных по поводу потери конечности в ходе боевых действий в острый период, что позволило получить достоверно значимые результаты.

Впервые проведена оценка зависимости гормонального профиля спортсменов-паралимпийцев от уровня травматической ампутации, выявлена статистически значимо более низкая концентрация тироксина у спортсменов с двусторонними и односторонней ампутациями на уровне бедер и статистически значимо более высокая концентрация пролактина у спортсменов с ампутациями на уровне одного бедра по сравнению с ампутациями на уровне голени.

Впервые выявлено, что уровень тироксина статистически значимо выше был у спортсменов-паралимпийцев по сравнению с пациентами, госпитализированными по поводу потери нижней конечности в ходе боевых действий, а уровень пролактина был, наоборот, значительно выше у госпитализированных пациентов.

Впервые проведен сравнительный анализ гормонального профиля спортсменов-олимпийцев и спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей на уровне средней трети голени и ниже из скоростно-силовых видов спорта (легкая атлетика и академическая гребля); определено, что концентрации тироксина и пролактина были статистически значимо выше, а концентрации общего тестостерона и соматотропного гормона

были ниже у спортсменов-паралимпийцев по сравнению со спортсменами-олимпийцами.

Для дальнейшей разработки новых и усовершенствованных медицинских технологий медико-биологического сопровождения лиц с травматическими ампутациями нижних конечностей в том числе для оценки функционального состояния, впервые сформирована база данных, содержащая информацию об антропометрических показателях, уровнях ампутации и гормональном профиле спортсменов с ампутациями нижних конечностей (членов сборных команд Российской Федерации), в период специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла, а также данные пациентов, госпитализированных по поводу утраты конечности в ходе боевых действий.

### Теоретическая значимость работы

Теоретическая значимость настоящей работы заключается в способствовании дальнейшему развитию спортивной медицины в области адаптивной физической культуры, в том числе адаптивного и паралимпийского спорта, расширению научных представлений о медико-биологическом сопровождении спортсменов и участников боевых действий с ампутациями нижних конечностей. Данные проведенного исследования расширят теоретическую основу анализа гормонального профиля лиц с ампутациями, обеспечат понимание гормонального ответа на потерю конечности у военнослужащих, а также определят эффективные мероприятия по предупреждению заболеваний и травм у спортсменов и наиболее рациональные гигиенические условия физического воспитания.

### Практическая значимость работы

Результаты настоящего исследования могут быть применены спортивными врачами сборных команд Российской Федерации, осуществляющих работу со спортсменами с поражениями опорно-

двигательного аппарата, с целью определения эффективных мероприятий по предупреждению заболеваний и травм, реабилитации, а также для обеспечения контроля за функциональным состоянием спортсменов-паралимпийцев; врачами хирургического профиля, осуществляющими свою деятельность в стационарных условиях по поводу боевых травм. Полученные данные будут способствовать повышению качества медико-биологического сопровождения, позволяют оценивать компенсаторные процессы таких лиц для достижения метаболического гомеостаза, а также позволяют получить представление о функционировании организма после получения травмы и уточнить границы нормальных значений гормонов.

### Методология и методы исследования

Настоящая работа выполнена на базе кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» в период с декабря 2023 г. по август 2024 г.

Вид научного исследования – ретроспективное когортное. Протокол диссертационного исследования одобрен локальным этическим комитетом при ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, протокол № 112 от 18 декабря 2023г.

Исследование проводили в три этапа. На первом этапе настоящей работы были проанализированы данные антропометрических и лабораторных исследований 150 спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей, средний возраст которых составил  $34,14 \pm 9,52$  лет, среди них женщин – 29 (19,3%), мужчин – 121 (80,7%) человек. Далее, согласно уровню ампутации, спортсмены были разделены на 8 групп: 13 (8,7%) имели травму на уровне нижней трети голени, 18 (12,0%) – на уровне средней трети голени, 26 (17,3%) – верхней трети голени; 12 (8,0%) – нижней трети бедра, 26 (17,3%)

– средней трети бедра, 30 (20,0%) – верхней трети бедра. Двустороннюю ампутацию на уровне голеней имели 13 (8,7%) спортсменов, двустороннюю ампутацию на уровне бедер – 12 (8,0%) спортсменов. Данные гормонального профиля спортсменов всех групп были сопоставлены между собой.

На втором этапе настоящей работы были проанализированы данные гормонального профиля 78 спортсменов мужского пола из скоростно-силовых видов спорта (легкая атлетика и академическая гребля), из них 31 спортсмен-олимпиец и 47 спортсменов-паралимпийцев с односторонней ампутацией на уровне средней трети голени и ниже. Проведено сравнение полученных данных спортсменов-олимпийцев и паралимпийцев с помощью современных методов статистического анализа.

На третьем этапе диссертационного исследования было проведено сравнение гормонального профиля спортсменов-паралимпийцев ( $n=19$ ) и пациентов, госпитализированных в Центр комбинированных поражений ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России по поводу утраты нижней конечности в ходе боевых действий ( $n=19$ ).

#### Положения, выносимые на защиту

1. У спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей отмечается корреляционная связь между ростом и площадью поверхности тела спортсменов и концентрациями биодоступного и свободного тестостерона.

2. Уровень травматической ампутации нижней конечности влияет на функциональное состояние спортсменов-паралимпийцев, в том числе на концентрации пролактина и тироксина в плазме крови.

3. У спортсменов-паралимпийцев по сравнению со спортсменами-олимпийцами определяются более высокие концентрации тироксина и пролактина и более низкие концентрации тестостерона и соматотропного гормона.

4. При оценке функционального состояния пациентов в остром периоде заболевания, госпитализированных по поводу потери нижней конечности в ходе боевых действий, отмечается более низкий уровень тироксина и более высокий уровень пролактина по сравнению со спортсменами-паралимпийцами.

### Внедрение результатов работы в практику

Материалы исследования внедрены в работу кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна»; Федерального казенного учреждения «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации; филиала № 8 Федерального государственного бюджетного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; Московской региональной общественной организации «Федерация спорта лиц с поражением ОДА».

### Степень достоверности и апробация результатов исследования

Достоверность полученных данных подтверждается достаточным количеством клинического материала (150 спортсменов на первом этапе, 78 – на втором, 19 спортсменов и 19 пациентов – на третьем), а также применением современных методов статистической обработки с использованием современных программ статистического анализа.

Результаты диссертационного исследования доложены на I Конгрессе международного общества клинической физиологии и патологии, ISCPP2023 (Москва, 2023), II Конгрессе международного общества клинической физиологии и патологии, ISCPP2024 (Москва, 2024), XXIII Всероссийском

форуме «Здравница-2024» (Ярославль, 2024).

Апробация диссертационной работы состоялась 29 августа 2024 г. на заседании научно-методического совета ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России.

### Публикации

Основные положения и результаты диссертации отражены в 8 печатных работах: 4 статьи в журналах включенных в перечень рецензируемых научных изданий, из них 1 статья в журнале категории К-1, 1 статья в иностранном журнале и 2 статьи в журнале перечня рецензируемых научных изданий Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации; 1 патент; 3 тезиса доклада.

### Личный вклад автора в проведенное исследование

Автором были поставлены цели, задачи, разработан дизайн исследования. Соискатель осуществлял изучение и анализ научных публикаций по тематике исследования, участвовал в сборе ретроспективных данных, осуществлял их статистическую обработку, проводил анализ полученных данных. Автором самостоятельно написаны статьи и текст диссертации.

### Соответствие паспорту научной специальности

Диссертация посвящена изучению влияния травматической ампутации нижних конечностей, как внешнего фактора, на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла, что соответствует паспорту специальности 3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация (медицинские науки), в частности, пунктам 5 (разработка средств и методов медицинского контроля за функциональным состоянием лиц, занимающихся спортом, а также

программ восстановления нарушенных функций и реабилитации спортсменов), 6 (изучение влияния внешних и внутренних факторов на структурные особенности, функционирование и патологические проявления организма спортсмена) и 7 (разработка научно-обоснованных вопросов медико-биологического обеспечения спортсменов, включая вопросы организации и оптимизации медико-биологического обеспечения при проведении массовых физкультурных и спортивных мероприятий).

### Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 120 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка использованной литературы, приложения. Работа иллюстрирована 11 таблицами и 39 рисунками. Список литературы включает 179 источников, из них 24 отечественных и 155 иностранных авторов.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Медицинское обеспечение паралимпийского спорта в современном мире

Развитие паралимпийского спорта и, в частности, его медицинского обеспечения выступает одним из важнейших условий всесторонней физической, социальной, профессиональной и медицинской реабилитации инвалидов [3, 21, 45, 163].

Паралимпийское движение существует в России более 15 лет, в рамках которого осуществляют свою деятельность Паралимпийский комитет России и Федерация физической культуры и спорта инвалидов России [3, 11, 21]. В настоящее время, в свете комплексной системы спортивной подготовки в паралимпийском спорте, научные исследования, направленные на изучение вопросов медико-биологического сопровождения спортсменов с инвалидностью, становятся все более актуальными. Эти исследования имеют цель в виде индивидуализации и повышения эффективности тренировочного процесса, а также достижения наивысших спортивных результатов [21, 24, 93, 105].

По данным Росстата, на территории России в 2023 г. числилось 10 933 тыс. инвалидов [16], а за последнее десятилетие частота детской инвалидности в странах мира увеличилась в два раза [3, 93, 158]. Были представлены данные о том, что более миллиарда человек, или около 15% жителей земного шара, имеют какую-либо форму инвалидности. Одной из ведущих причин инвалидности населения в России и во всем мире являются болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани. Доля первичной инвалидности вследствие таких заболеваний за последние четыре года увеличилась с 6,1 до 8,0% [3].

Тенденция к увеличению численности лиц с поражениями опорно-двигательного аппарата (ПОДА), как врожденными, так и приобретенными, обуславливает дальнейшее развитие адаптивной физической культуры и спорта для полноценной социализации таких лиц в обществе.

Паралимпийский спорт является той сферой деятельности, где человек с ограниченными возможностями здоровья может самореализовываться как полноценная личность [30, 55, 108, 166]. Вместе с тем, паралимпийскому спорту присущи все основные признаки спорта высших достижений с его ориентацией на наивысший результат, высоким уровнем конкуренции и стресса [5, 53, 93, 158].

Тренировочная деятельность паралимпийцев представляет сложную систему, которая отличается от других видов спорта. Она включает в себя особые процедуры педагогического обследования, физиологической и психологической диагностики, а также другую логику оценки результатов комплексных обследований, оценки тренировочной и соревновательной деятельности с учетом медицинских параметров, функциональной классификации и компенсаторных механизмов спортсменов-инвалидов [38, 142].

За последние десятилетия в паралимпийском спорте произошло значительное развитие как по количеству спортсменов, так и по спортивным достижениям и технологиям, и многие паралимпийские спортсмены достигли результатов, аналогичных результатам элитных спортсменов [53, 132].

По мере того, как паралимпийское движение получает все большую коммерческую поддержку и освещение в средствах массовой информации, с ростом численности параспортсменов растет потребность в понимании эпидемиологии травматизма и стратегий предотвращения травм среди паралимпийцев. Многократно было доказано, что уровень травматизма в паралимпийском спорте, как правило, высок, с тенденцией к большему количеству травм по сравнению со спортсменами-олимпийцами [67, 120, 122, 163].

Хотя травмы и заболевания в олимпийских видах спорта интенсивно исследуются, знаний в паралимпийских видах спорта недостаточно, а регистрация проблем со здоровьем в условиях крупных международных турниров представляет собой лишь малую часть жизни спортсмена.

Примечательно, что в настоящее время большинство опубликованных данных по эпидемиологии травм в паралимпийских видах спорта относятся к Паралимпийским играм, а данные с других соревнований национального и международного уровней практически отсутствуют. Предполагается, что травматизм дополнительно связан с видом ПОДА, используемым оборудованием и конкретной механикой спорта [39, 73]. Кроме того, структура спортивных травм и заболеваний в некоторой степени отличается от таковой среди спортсменов-олимпийцев, поскольку само нарушение включается в причинно-следственную цепочку [101, 148, 177].

Учитывая тот факт, что паралимпийские игры в настоящее время являются одним из крупнейших в мире мультиспортивных мероприятий [39], и что интенсивность тренировок и уровень производительности спортсменов-паралимпийцев за последние годы возросли, существует на удивление мало эпидемиологических исследований, посвященных спортивным травмам и заболеваемости таких спортсменов [73, 97, 100, 177].

Также спортсмены с ограничениями в состоянии здоровья (ОВЗ) в повседневной жизни могут подвергаться повторяющимся, а иногда и неправильным биомеханическим нагрузкам, что приводит к дополнительной бытовой травматизации. Помимо этого спортсмены-паралимпийцы, как правило, подвержены ранней утомляемости и имеют более высокие метаболические затраты, поскольку у них снижается общая работоспособность и аэробная производительность, и в процессе тренировочной деятельности возрастает вклад анаэробных источников энергообеспечения [9], поэтому учет таких аспектов в тренировках и выступлениях этих спортсменов имеет решающее значение [112].

Отмечено, что психолого-педагогическая поддержка необходима всем спортсменам, независимо от их класса и от того, какой разряд они имеют. Тем более актуальна такая поддержка для спортсменов с инвалидностью [3, 136]. Совокупность мероприятий для повышения эффективности всех видов подготовки спортсменов и, прежде всего, обеспечения психологической

готовности к выступлению, создает предпосылки к продолжительной спортивной карьере и стабильной демонстрации высоких результатов [3]. Некоторые авторы отмечают, что у спортсменов, участвующих в паралимпийской стрельбе из лука и легкой атлетике на колясках, уровни психофизиологических показателей ниже, чем у спортсменов в этих же дисциплинах, но которые могут передвигаться самостоятельно и имеют менее серьезные функциональные нарушения [15, 18].

Анализ научной литературы и данных прикладных исследований также свидетельствует о том, что психофизиологические особенности спортсменов-паралимпийцев существенно отличаются от инвалидов, имеющих такие же функциональные нарушения зрения, слуха или опорно-двигательного аппарата, в том числе инвалидов, непрофессионально занимающихся спортом [7, 24].

В мета-анализе 2015 г. [61] было показано, что у паралимпийцев по сравнению со спортсменами-олимпийцами наблюдался более низкий уровень самопринятия и восприятия образа тела. На фоне этого отмечался более высокий уровень мотивации и, соответственно, ориентированность на спортивное мастерство [38, 93].

До настоящего времени не до конца разработана и научно-обоснована концепция медицинского обеспечения паралимпийского спорта, как целостной системы, направленной на сохранение здоровья и достижения высоких спортивных результатов, хотя вопросы, связанные с особенностями тренировки паралимпийцев, порой стоят остро [121, 131, 132]. В современной литературе отмечено, что исследований, касающихся вопросов планирования годичной тренировки спортсменов-паралимпийцев, в том числе с медицинской точки зрения, в различных видах спорта явно недостаточно [4, 23].

Рядом отечественных и зарубежных авторов высказано много предложений, направленных на дальнейшее улучшение тренировочного процесса и повышение результативности таких спортсменов, однако, аналогичным образом, в работах последних лет почти не уделяется внимания специфике подготовки спортсменов с ОВЗ с точки зрения медицинского

обеспечения [2, 20, 123, 124].

## 1.2. Медико-биологическое сопровождение лиц с ампутациями нижних конечностей

В современном мире отмечается выраженный рост техногенного, природного и социального травматизма [6, 18, 153]. По данным Федеральной службы государственной статистики России, травмы являются причиной инвалидности в 13,2%, случаев, они занимают третье место среди всех причин, уступая только сердечно-сосудистым (ССЗ) и онкологическим заболеваниям [16]. Ампутации в структуре травматических факторов занимают 0,7% от общего количества травмированного населения [10], однако, в Методологических пояснениях Росстата указано, что «в общую численность инвалидов включаются лица, состоящие на учете и получающие пенсию в системе Пенсионного фонда Российской Федерации (до 2002 г. – в органах социальной защиты населения), Министерстве обороны Российской Федерации, Министерстве внутренних дел Российской Федерации, Федеральной службе безопасности Российской Федерации. Начиная с 2017 г. – с учетом лиц Федеральной службы исполнения наказаний Минюста России, Следственного комитета Российской Федерации и Генеральной прокуратуры Российской Федерации. С 2015 г. учитывают численность инвалидов по Республике Крым и г. Севастополю. Учёт проводят по данным формы № 1-ЕДВ, № 94 (ПЕНСИИ)» [16]. Таким образом, настоящее количество людей с инвалидностью по ПОДА (в том числе, с ампутациями) неизвестно.

Ежегодно в Российской Федерации, в особенности на фоне вооруженных конфликтов, тысячи людей получают ранения конечностей, приводящие к ампутации [6, 17]. В современных локальных войнах такие ранения составляют 60-70% в структуре боевой травмы, они отличаются большей тяжестью повреждений, высокой частотой осложнений, требуют значительных финансовых затрат на сложное лечение и длительную реабилитацию [17].

В условиях войн последних десятилетий к травматической ампутации

приводит, в основном, применение взрывных устройств и боеприпасов, характеризующихся значительным разрушающим воздействием, а также огнестрельные ранения [1, 14]. Среди сочетанных повреждений, приводящим к дополнительным осложнениям, авторы отмечают перелом таза, травмы промежности и гениталий, органов груди и живота, головного мозга [22].

Крайне распространены коморбидные состояния среди лиц с травматическими ампутациями, как соматические, так и психологические. По данным исследования, включавшего крупную когорту лиц с травматическими ампутациями нижних конечностей, на фоне сопутствующей патологии средняя продолжительность жизни после ампутации составляет  $9,9 \pm 5,7$  лет [83].

Исследователи из Шри-Ланки оценивали отдаленные коморбидные последствия у военнослужащих [176]. Так, у 77,6% испытуемых встречались фантомные боли, а по сравнению с трудоспособной группой наблюдалась достоверно более высокая распространность сахарного диабета (34,2%), гипертонической болезни (22,4%), ОА коленного сустава (18,8%), болей в коленях (20%) и болей в спине (69,4%).

Ученые из Турции, ретроспективно оценившие историю болезни 300 человек с травматическими ампутациями [83], отметили, что ампутация ниже колена была наиболее распространенным уровнем (50,77% случаев). По данным анализа, наиболее частой причиной госпитализации были осложнения со стороны культи (26,00%), а психологические расстройства были сопутствующим заболеванием у 37,56% лиц.

Отмечено, что психиатрическая заболеваемость после ампутации (например, большое депрессивное расстройство, посттравматическое стрессовое расстройство, генерализованное тревожное расстройство и паническое расстройство) встречается в 7,4-28% случаев [32].

Ряд автором отмечает повышенный риск развития ССЗ, в том числе ишемической болезни сердца (ИБС) у лиц с ампутациями. Интересно, что риск ИБС почти одинаков как при ампутациях пальцев рук, так и при высоких ампутациях нижних конечностей. Преобладающими клинически значимыми

факторами считаются артериальная гипертензия (АГ), хроническая почечная недостаточность (ХПН), дислипидемия и инсулинерезистентность (ИР). Отмечено, что пациенты с ампутациями имеют более низкие уровни общего холестерина, липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), но более высокие показатели триглицеридов (ТГ) [36].

Потеря нижней конечности неизбежно приводит к серьезному ограничению двигательной активности, вызывает нарушения со стороны метаболизма и морфофункциональных процессов, снижает функциональные резервы организма, выносливость и толерантность к физической нагрузке, а также приводит к стойкому снижению трудоспособности и жизнедеятельности [154, 159]. Эти изменения в организме отражаются на физическом, психологическом и эмоциональном состоянии человека, влияют на его социальный статус и ухудшают качество жизни [19].

Некоторые зарубежные исследователи указывают на то, что лица с ампутациями нижних конечностей имеют явные отличия в физиологическом аспекте по сравнению с людьми без утраты конечности. R. H. Miller и соавт. (2023) [116] отмечают, что, в отличие от случая транстибиальной потери конечности, военнослужащие с трансфеморальной потерей конечности имеют более высокие метаболические затраты на ходьбу: метаболические затраты после потери конечности увеличиваются, в среднем, на 0,7-9,3%. По данным исследования авторов, метаболические затраты у молодых военнослужащих с трансфеморальной потерей конечности в среднем на 45% превышали показатели лиц без ампутации соответствующего возраста согласно биологической массе тела и на 20% – согласно общей массе.

H. Gong и соавт. (2023) [57] выявили, что ампутация у пациентов подразумевала дальнейшее усиление коагуляции, нарушение фибринолиза и эндотелиальную дисфункцию. Отмечено, что на фоне повреждения сосудов увеличивается количество циркулирующих эндотелиальных прогениторных клеток CD45+, CD34+, KDR+, полученных из кровотока вблизи культи [82].

Отдельно обсуждаются кожные заболевания у лиц с ампутациями, к которым приводят как собственно повреждения кожи, так и повреждения нервных, скелетно-мышечных и сосудистых структур культи [152]. Поверхность культи представляет собой хрупкий кожный покров, склонный к кожным заболеваниям из-за многих факторов [104]. Так, культи, помещенная в лунку протеза, должна адаптироваться к влажной среде и противостоять силам сжатия и трения, к которым она плохо приспособлена, поэтому кожа в таких местах более уязвима, что приводит к образованию зоны локальной иммунной дисрегуляции, называемой районом иммунодефицита [107]. Этот термин включает в себя понятие о том, что кожные покровы культи более склонны к дерматологическим заболеваниям, таким как воспаления, инфекции и злокачественные новообразования [48]. E. Colgecen и соавт. (2014) [26] в своем исследовании отметили, что проблемы с кожей (дерматит, грибковая и бактериальная инфекция) наблюдались у 70% испытуемых с ампутациями, а положительные аллергенные пробы были в 45,7% случаев.

Распространенность ожирения среди людей с ампутированными конечностями значительно выше, чем в общей популяции. Определено, что в 50% случаев ожирение, ИР и сахарный диабет развиваются в первые 1,5 года после травмы [165]. Целью исследования D. R. Spain и соавт. (2023) [114] было изучение состава жировых отложений у мужчин с травматической ампутацией нижних конечностей и определение того, существуют ли различия в составе жира в организме в зависимости от уровня ампутации. Мужчины с травматической потерей нижних конечностей имели более высокий процент жира в организме по сравнению с мужчинами без потери конечностей, однако не имели отличий по компонентному составу жировой массы тела.

Был проведен ряд исследований, направленных на то, чтобы изучить хроническую ишемию нижних конечностей и лежащие в его основе биологические процессы, включая эксперименты с метаболомом, транскриптомом и липидом. T. E. Ryan (2022) [102] и его коллеги исследовали изменения протеома, которые происходят на фоне ампутации.

Авторы отметили, что большинство белков с пониженной регуляцией (70%) были митохондриальными, наибольшая доля белков с повышенным уровнем экспрессии (38%) была связана с внеклеточным матриксом. Мышечные протеомы до и после ампутации также различались по 345 дифференциально регулируемым белкам. Регуляция большинства из них была снижена, причем большинство из них также было связано с митохондриями.

38 военнослужащих мужского пола с травматической односторонней ампутацией нижней конечности приняли участие в проспективном двухлетнем продольном исследовании, оценивающем состояние контралатерального ампутации коленного сустава. Авторы отметили сужение суставной щели, что чаще всего было связано с большим наклоном надколенника [87].

У большого числа людей с ампутированными конечностями в результате конфликтов в Ираке и Афганистане диагностируется остеопения и остеопороз, что увеличивает пожизненный риск развития патологических переломов и бросает вызов традиционным парадигмам лечения остеопороза [95, 139]. Данная патология может возникнуть из-за изменения нагрузки на суставы и мышцы, что приводит к локализованной разгрузочной остеопении [41]. У лиц с ампутациями нижних конечностей наблюдается значительное снижение минеральной плотности костей как в бедре, так и в конце культи, по сравнению с неповрежденной стороной [66, 167].

Отмечено, что молодые военнослужащие с травматическими односторонними ампутациями нижних конечностей могут подвергаться повышенному риску развития остеоартрита (OA) коленного сустава по сравнению с лицами без ампутации [29]. По данным J. G. Wasser и соавт. [27], у 37,5% лиц с ампутациями ниже колена имелся OA большеберцово-бедренного сустава, у 72,7% наблюдалась пателлофеморальная дегенерация. Эти результаты показывают, что после травматической ампутации ниже колена велик риск развития пателлофеморального конфликта. У военных с односторонними ампутациями OA развивается значительно чаще как на ипси-, так и на контралатеральной стороне. У людей с ампутацией выше колена

значительно чаще развивается ОА тазобедренного сустава и остеопения на ампутированной стороне, чем у людей с ампутацией ниже колена [40].

Особенно важно обеспечить медико-биологическое сопровождение лиц с ампутацией нижней конечности, включая спортсменов и участников боевых действий, так как это группа наиболее социально-активных и трудоспособных людей в возрасте от 20 до 59 лет. Их потеря является значительным экономическим убытком как для общества, так и для государства [8, 139, 154].

Часто тренировочная деятельность спортсменов-паралимпийцев с ампутацией нижних конечностей основывается на опыте тренировки здоровых спортсменов. Так, Ю. Б. Казарьян (2022) в своих исследованиях спортсменов в параканоэ отмечает необходимости принятия мер, направленных на решение проблем научного обоснования физической подготовки ампутантов, так как в научных работах не раскрыты особенности построения физической подготовки таких спортсменов с учетом их функционального состояния. Автор справедливо отмечает, что применение в тренировочном процессе методик, которые не учитывают особенностей адаптации организма спортсменов с ампутациями нижних конечностей, не позволяет достичь необходимого уровня развития физических способностей и, как следствие, достижения высокого спортивного результата [8, 9].

По мнению автора, одна из особенностей планирования подготовки спортсменов с ампутациями нижних конечностей – повышение количества применяемых восстановительных средств и процедур, взаимосвязь тренировок с процессом реабилитации, лечебными и профилактическими мероприятиями, коррекцией сопутствующих заболеваний. Как было сказано выше, это связано с рядом специфичных заболеваний и состояний, характерных для ампутантов, с нарушением координации движений и выполнения двигательных действий в неестественной биомеханике [8, 9].

### 1.3. Оценка гормонального статуса спортсменов-паралимпийцев с поражениями опорно-двигательного аппарата

В современном научном сообществе отмечается рост интереса к паралимпийскому движению, в первую очередь, исследования сосредоточены на подготовке спортсменов-олимпийцев и их максимальных спортивных результатах. Несмотря на это, одна из новых и актуальных на данный момент областей исследований среди спортсменов с инвалидностью включает взаимодействие между биомаркерами и поведенческими факторами [42, 133].

С точки зрения тренировок, существует много общего в физических реакциях на перетренированность у спортсменов-паралимпийцев и олимпийцев, однако гормональный ответ на приложенную нагрузку может быть разным [42, 157]. Также отмечается, что люди с приобретенной инвалидностью реагируют на тренировочные нагрузки иначе, чем люди с врожденной инвалидностью [59]: в ходе обсервационных исследований было показано, что люди с приобретенными травмами более мотивированы преодолевать свои ограничения и имеют более сильные стрессовые реакции на тренировочный стимул, поэтому они могут реагировать на нагрузку большей секрецией кортизола [64, 157]. Однако J. W. Castellani и соавт. [64] обнаружили статистически значимое снижение уровня кортизола у спортсменов-инвалидов по сравнению со здоровыми спортсменами. Они также обнаружили увеличение концентрации тестостерона, вызванное физической нагрузкой, у спортсменов, соревнующихся в инвалидных колясках по сравнению со здоровыми спортсменами.

Наоборот, некоторые исследования указывают на высокую частоту дефицита тестостерона у мужчин с острой травмой спинного мозга (ТСМ) в период менее четырех месяцев после травмы. Сообщалось о низких показателях тестостерона у мужчин с хронической ТСМ по сравнению с мужчинами соответствующего возраста, не имеющими инвалидности [49, 99]. Сочетание сопутствующих заболеваний, приема лекарственных препаратов и

ожирения может частично объяснять снижение уровня этого гормона в сыворотке крови, так же как стресс и собственно ТСМ [157].

В общем контексте 80% людей с ТСМ – мужчины, что оправдывает более высокое число научных исследований, ориентированных на потребности этого пола [127]. Исследований, изучающих влияние и последствия ТСМ на уровень гормонов у женщин, немного [71]. Исследование, проведенное B. Dirlikov и соавт. (2019) оценивало функцию щитовидной железы и уровень тестостерона у женщин с ТСМ. Результаты показали, что низкий общий показатель тестостерона был связан с депрессивными расстройствами. В том же исследовании подчеркивается необходимость дальнейших исследований для выяснения гормональных дисфункций у женщин после ТСМ [71].

Были исследованы особенности менструального цикла у женщин с ТСМ, членов сборной Японии по баскетболу на колясках. Отмечено, что спортсменки с обильными менструациями имели более низкие уровни гемоглобина и железа в сыворотке крови, однако статистически значимой разницы со спортсменками без травм выявлено не было [103].

Высвобождение катехоламинов нарушено у людей, у которых имеется ТСМ на уровнях С1-Th6 из-за подавления симпатических путей и дисфункции надпочечников [157]. Однако следует отметить, что некоторые спортсмены с травмами на этом уровне намеренно повышают концентрацию катехоламинов, в том числе норадреналина и адреналина, в крови при помощи так называемой автономной дисрефлексии или «бустинга» для повышения своей работоспособности [49].

Бустинг – это преднамеренная индукция вегетативной дисрефлексии с целью повышения работоспособности. Он вызывается пусковым стимулом ниже уровня поражения, который вызывает генерализованную эфферентную симпатическую реакцию; это, в свою очередь, вызывает сужение сосудов ниже неврологического поражения. Следовательно, у субъекта наблюдается повышение давления и притока крови к работающим мышцам, что повышает производительность [160]. Усиление симпатического ответа, скорее всего,

связано с денервационной гиперчувствительностью симпатических спинальных, ганглиозных или периферических рецепторов, потерей супраспинального тормозного контроля и образованием аномальных синаптических связей в результате повторного отрастания аксонов [74].

У спортсменов с высокой ТСМ снижены физиологические ресурсы для повышения сердечного выброса и максимального поглощения кислорода и, следовательно, для поддержания выносливости во время соревнований. Действительно, у таких спортсменов нарушение симпатической иннервации сердца приводит к максимальной ЧСС 110-130 ударов в минуту, определяемой только синоатриальной активностью; кроме того, их ограниченный резерв сердечного ритма и уменьшенный ударный объем усугубляются дефицитом реакции катехоламинов на физическую нагрузку и отсутствием мышечной венозной помпы в нижних конечностях. Поэтому, из-за этих физиологических ограничений некоторые спортсмены с тяжелой ТСМ пытаются вызвать дисрефлекторное состояние [115].

Таким образом, предполагается, что высокая концентрация тестостерона в крови при физической нагрузке является реакцией на выброс катехоламинов или защитной реакцией, индуцированной кортизолом [85, 126].

С эндокринной точки зрения в соревновательных ситуациях стрессовая реакция срабатывает еще до начала соревновательной деятельности [42, 96, 143]. Этот резкий рост выполняет особую функцию в подготовке к конкурентному взаимодействию [94, 149]. Однако исследования связи между концентрацией гормонов стресса и психобиологическими аспектами у спортсменов с ОВЗ немногочисленны.

J. P. P. Rosa и соавт. (2020) исследовали связь уровней кортизола и тестостерона с психофизиологическими характеристиками (использовались анкеты для оценки уровня стресса, восстановления, мотивации) спортсменов из паралимпийского плавания. Была выявлена связь между кортизолом и шкалами «Конфликты» и «Недостаток энергии», «Опыт». Также наблюдались ассоциации между кортизолом и общим самочувствием и качеством сна [42].

Сinnott-O'Connor и соавт. (2018) [133] изучали взаимосвязь между тренировочной нагрузкой и уровнем кортизола слюны у спортсменов из паралимпийского плавания на протяжении 16-недельной фазы подготовки и 10-дневной фазы соревнований. Анализ выявил значительное увеличение содержания кортизола в слюне во время усиленных тренировок, а также дальнейшее значительное увеличение во время соревновательной деятельности, несмотря на снижение тренировочной нагрузки. Таким образом, выступления на крупных соревнованиях, таких как Паралимпийские игры, несмотря на заметное снижение нагрузки, вызывают у спортсменов стрессовую реакцию. Авторы справедливо отмечают, что из-за наблюдаемой повышенной реакции на стресс могут потребоваться изменения в индивидуальных протоколах восстановления после соревнований, чтобы спортсмены могли добиться максимальных результатов.

Однако B. T. Stephenson и соавт. (2019) не отметили существенных изменений в уровне кортизола, тестостерона, соотношения кортизол/тестостерон у паратриатлетов на фоне повышения интенсивности тренировочной деятельности [28].

Группа исследователей из Туниса [129] анализировали кортикотропную и гонадотропную оси до и после соревновательного сезона у спортсменов из регби на колясках. Обычная тренировочная деятельность у регбистов не влияла на уровень кортизола в слюне в покое, но вызвала снижение уровня тестостерона. Соревновательная деятельность вызывала значительное повышение уровня кортизола, но уровни тестостерона зависели от степени конкуренции в ходе матча. Их концентрация увеличивалась, когда конкуренция вызывала серьезный стресс, и снижалась, когда психологические условия оставались относительно стабильными. Целью исследования другой группы авторов была оценка гормонального ответа регбистов на колясках в течение полугодового тренировочного цикла [126]. По данным авторов, наблюдалось повышение концентрации кортизола в крови игроков и снижение уровня креатинина.

Ряд исследований посвящен вопросу терморегуляции у лиц с ТСМ, в том числе, влияния гипоталамуса и периферических эндокринных желез на этот процесс [141, 151, 169]. Сама по себе ТСМ приводит к снижению эfferентного выброса, вызывая нарушение кожной вазодилатации, а также нарушение активации потовых желез [88, 144]. Чем выше уровень травмы, тем более выражено угнетение афферентного терморегуляторного ответа. Помимо этого, лица с ТСМ имеют меньшую мышечную массу, что оказывает прямое влияние на общую теплопродукцию [144]. Этую разницу также можно продемонстрировать с помощью физиологических переменных, таких как потребление кислорода и расход энергии [141]. В совокупности это приводит к большей вероятности гипертермии, вызванной физической нагрузкой, с последующим снижением работоспособности, а также к риску потенциального теплового заболевания (например, теплового удара) [63]. Согласно современным данным, такие состояния более вероятны у людей с высоким уровнем ТСМ [88]. Это объясняется резко уменьшенной площадью поверхности кожи, способной выделять пот, что приводит к большему накоплению тепла, а также к более быстрому увеличению температуры тела [62, 169].

Нарушение зрения также меняет гормональный статус, поскольку воздействие света на глаза является мощным синхронизатором циркадных ритмов окружающей среды. Давние исследования, проведенные S. Bodenheimer и соавт. (1973) [46] обозначили некоторые отклонения в продукции тестостерона и кортизола у большинства слепых мужчин.

#### 1.4. Исследования гормонального ответа на травматическую ампутацию на модели животных

При острой травме, в том числе травматической ампутации, гормоны оказывают как благотворное, так и негативное воздействие на организм человека [80, 164]. Они изменяют иммунный ответ, титр маркеров воспаления, изменяют параметры обмена веществ и скорость заживления в ответ на

физическую травму и стресс. Это приводит как к краткосрочным, так и к долгосрочным последствиям. Краткосрочные эффекты были изучены достаточно подробно, однако в долгосрочной перспективе исследования незначительны как в рамках организма человека, так и на модели животных [48, 61, 68, 80, 95, 113, 128, 142, 156].

Гормоны щитовидной железы являются одними из наиболее изученных гормонов, участвующих в регенерации различных физиологических структур, включая сердечную мышцу и нервную ткань [43]. Для того, чтобы произошла регенерация у *urodeles* (саламандры) и бесхвостых животных (лягушек), необходимо, чтобы уровень этих гормонов был повышен. Хотя виды саламандры, которые естественно обладают регенеративными способностями, сохраняют их, у аксолотлей – высокорегенеративного вида саламандры, которые обычно остаются в ювенильной форме на протяжении всей жизни, метаморфоз, индуцированный тироксином, приводит к снижению скорости регенерации в целом [70, 86].

Экзогенный гормон щитовидной железы оказывает ингибирующий эффект на регенерацию сердца рыбок данио [84], тогда как инактивация передачи сигналов гормонов щитовидной железы у мышей увеличивает регенеративный потенциал сердца и пролиферативную активность. На основании этих данных можно было бы заключить, что повышение уровня гормонов щитовидной железы замедляет процесс регенерации, однако не у всех организмов это открытие подтверждается. Например, у *Xenopus laevis* наблюдается нарушение регенерации сердца при значительном снижении уровня гормонов щитовидной железы; это включает как случаи ингибирования передачи сигналов гормонов щитовидной железы, так и случаи их сверхэкспрессии [145].

Гипотиреоз чаще всего связан со снижением скорости регенерации как на животных моделях, так и у людей, хотя существуют разногласия относительно того, возникает ли эта связь с осложнениями заживления ран среди пациентов с гипотиреозом, получающих тироксин [106]. Между тем, исследования,

касающиеся гипертриеоза у млекопитающих, показали, что повышенный уровень гормонов щитовидной железы связан с повышением регенеративных способностей сердечной мышцы [111, 156, 170]. Более точно данная связь была проиллюстрирована на примере сердечной ткани крыс после инфаркта миокарда. Недавнее исследование на мышах убедительно продемонстрировало, что сигнальная система гормонов щитовидной железы может быть эффективной терапевтической целью для регенеративных процессов в сердце. Когда передача сигналов гормонов щитовидной железы была ослаблена в кардиомиоцитах взрослых мышей благодаря экспрессии доминантно-негативного рецептора гормонов щитовидной железы, это привело к регенерации сердечной ткани после повреждения сердца наблюдалось увеличение пролиферации кардиомиоцитов и уменьшение фиброза [43, 145, 170].

Недавнее исследование регенерации сердца у головастиков *Xenopus laevis* показало, что применение гормона щитовидной железы может ухудшить регенерацию [145].

Исследования влияния гормонов щитовидной железы на заживление ран в клетках и тканях человека ограничены. В культивируемых кератиноцитах человека экзогенный гормон щитовидной железы стимулирует экспрессию генов кератина, связанных с пролиферацией; однако необходимы дальнейшие исследования, чтобы окончательно определить эндогенную роль (если таковая имеется) гормона щитовидной железы в заживлении ран у человека [111].

Гормон роста является распространенным регулятором синтеза инсулиноподобного фактора роста в печени, а также во многих других тканях. Добавление экзогенного гормона роста увеличивает скорость регенерации волосковых клеток рыбок данио после взрывной травмы. Этот эффект опосредован выраженной пролиферацией клеток и уменьшением апоптоза. Инъекция антагониста гормона роста, наоборот, вызывает снижение пролиферации клеток и увеличение скорости апоптоза [178].

Введение экстрактов передней доли гипофиза или сырых экстрактов

гормона роста может восстановить регенерацию конечностей у взрослых гипофизэктомированных тритонов. Позже было показано, что эффективными компонентами этих экстрактов являются гормон роста и пролактин. Введение очищенного гормона роста отдельно или применение комбинации пролактина и тироксина может эффективно восстановить регенерацию конечностей у взрослых гипофизэктомированных тритонов. Применение одного только тироксина достаточно для регенерации конечностей у тритонов, подвергшихся тироидэктомии. Эти данные позволяют предположить, что регенерация конечностей зависит от системных гормональных сигналов, поступающих из удаленных эндокринных тканей [37, 78].

Уровни пролактина исследованы у тритона *Notophthalmus viridescens* при регенерации передних конечностей [60]. Специфическое связывание пролактина было продемонстрировано в гомогенатах неампутированной ткани и регенерирующих конечностей в сроки от 3 до 21 дня после ампутации. Меченный пролактин, введенный внутрибрюшинно животным с одной регенерирующей конечностью, накапливался в наиболее дистальной части регенерата на 7 и 14 сутки после ампутации. Световая микроскопия показала, что меченный пролактин наиболее сильно локализуется в апикальном, наружном слое раневого эпителия. Поверхности клеток из области, в которой меченный пролактин локализовался наиболее интенсивно, характеризовались отсутствием сосочеков и, в зависимости от стадии регенерации, рисунком микроворсинок и микроскладок. Эти морфологические изменения, по-видимому, отражают функциональные и биохимические различия между эпидермисом культи и эпителием раны [98].

Недавние работы исследовали взаимосвязь между кортикостероном и регенерацией в различных физиологических структурах и в различных модельных организмах [25, 54, 138]. Например, у темных саламандр с горы Аллегейни введение эктопического кортикостерона вызывает задержку регенерации хвоста. Также было показано, что лечение экзогенным кортикостероном замедляет заживление кожных ран у темноволосых саламандр

с горы Аллегейни, вмешиваясь в воспалительный процесс, поэтому вполне вероятно, что сообщаемые задержки в регенерации хвоста могут быть вызваны аналогичным воспалительным механизмом [54, 111].

Два недавних исследования подтвердили, что инъекция кортикостерона в кардиомиоциты эмбриональных мышей приводит к уменьшению размножения клеток как *in vitro*, так и *in vivo* [89]. Дополнительно, было замечено снижение цитокинеза в кардиомиоцитах, полученных от мышей в первый день жизни, но не в исследовании *in vivo* на 779-й день после рождения. Абляция кардиомиоцит-специфичных глюкокортикоидных рецепторов, которая препятствует передаче сигналов кортикостерона, приводит к увеличению размножения кардиомиоцитов и регенерации сердца после инфаркта миокарда на 778-й день после рождения. Однако этот результат не был воспроизведен в исследовании, где мышей лечили антагонистом глюкокортикоидных рецепторов после инфаркта миокарда в постнатальном периоде. Как и в экспериментах с эктопическим кортикостероном у саламандры, расхождение между этими результатами может быть связано с использованием мышей разных возрастов в разных экспериментах.

Стоит отметить, что хотя у саламандры, грызунов, птиц, рептилий и большинства других позвоночных животных кортикостерон является основным физиологическим глюкокортикоидом, у людей и некоторых других млекопитающих наибольшее значение имеет кортизол, хотя кортикостерон также может быть синтезирован [25, 47, 138]. Следовательно, эксперименты, проведенные на организмах, которые используют кортикостерон и не синтезируют кортизол, не могут полностью отражать механизмы заживления, связанные с глюкокортикоидами, которые полностью идентичны таковым у людей [72, 161].

Рыбки данио являются полезным объектом исследования для изучения эффектов глюкокортикоидов, которые могут быть применимы к людям, поскольку их основным гормоном стресса является кортизол [44, 65, 77, 134]. У рыбок, получавших кортизол во время эмбриогенеза, во взрослом возрасте

наблюдается повышенный уровень кортизола, что приводит к хроническому воспалению. У этих рыбок данио также наблюдается дефектная регенерация хвостового плавника, что указывает на то, что роль кортизола и, возможно, других глюкокортикоидов в регенерации может быть связана с иммунорегуляторными и воспалительными реакциями [111, 134]. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы раскрыть точные молекулярные механизмы действия глюкокортикоидов во время регенерации.

Большое количество исследований было посвящено влиянию гормональных изменений на гетеротопическую оссификацию у животных с моделированной ампутацией [54, 91, 113, 150]. Авторы отмечают, что роль эндокринной дисрегуляции в гетеротопической оссификации (ГО) остается неизученной. Интересным представляется исследование M. Y. Qin и соавт. (2020) [54] по изучению влияния уровней кортикостерона и тестостерона на возникновение гетеротопической оссификации на модели крыс. Пятнадцать крыс были разделены на три группы по характеру травматических повреждений: взрывная волна и травма (взрывная волна 120 кПа, перелом бедренной кости и размозжение четырехглавой мышцы), только травма и только взрывная волна. Уровни кортикостерона и тестостерона в сыворотке определяли до 40-го дня после операции. По данным исследования, уровни кортикостерона достигли пика в группе с воздействием взрывной волны и травмой в кратчайшие сроки после опыта, за ним следовали группы только с травмой и только с воздействием взрывной волны. Уровень тестостерона достиг минимума аналогичным образом. Объем оссификации был самым высоким в группе с воздействием взрывной волны и травмой. Авторы пришли к выводу о том, что вклад кортикостерона и тестостерона в образование гетеротопической оссификации требует дальнейшего изучения, но их исследование предполагает, что высокие пики кортикостерона и низкий минимум тестостерона связаны с более высокими объемами ГО.

A. I. Turner и соавт. (2006) [31] проверили гипотезу о наличии половых различий в реакции кортизола и АКТГ на купирование хвоста у ягнят в

возрасте 1 и 8 недель. Половые различия развивались в возрасте от 1 до 8 недель, причем у самок реакция была более сильной, чем у самцов. Данные позволяют предположить, что механизм половых различий в ответ на купирование хвоста может включать надпочечники. В обоих возрастах у самцов реакция кортизола на комбинацию купирования хвоста и кастрации была значительно выше, чем только на купирование хвоста.

Поведенческие и физиологические изменения оценивали S. D. Eicher и соавт. (2000) [147] после купирования хвоста у первородящих телок. Тёлок окольцовывали, а некротизированный хвост удаляли через 144 часа. Физиологические, иммунологические и поведенческие измерения проводились в течение 240 часов после кольцевания. Уровень кортизола не отличался у контрольных и обработанных телок. Уровень гаптоглобина увеличивался у купированных телок через 168 часов после кольцевания (24 часа после купирования). Уровень альфа1-кислотного гликопротеина снижался по мере увеличения гаптоглобина. Фактор некроза опухоли-альфа увеличивался только при приеме лидокаина и не проявлял эффекта через 240 часов после купирования. Фенотипирование лимфоцитов продемонстрировало увеличение мононуклеарных клеток периферической крови CD4+ и CD8+ у купированных телок, получавших лидокаин. Единственным видом поддерживающего поведения, на которое повлияло кольцевание в обеих купированных группах, было питание (увеличение при кольцевании и уменьшение при купировании). Первоначальная процедура кольцевания не изменила физиологию телки и изменила только пищевое поведение, но купирование хвоста увеличило уровень гаптоглобина в ответ на повреждение тканей и вернуло пищевое поведение к исходному уровню.

У дрозофилы низкий уровень эндогена необходим для регенерации имагинальной ткани на ранней личиночной стадии, тогда как высокие уровни эндогена запускают метаморфоз и препятствуют восстановлению имагинального диска на поздней личиночной стадии [79].

В этих примерах регенерация сопровождается изменениями внешней

среды, внутренней физиологии и внутренних свойств клеток. Таким образом, разумно предположить, что существуют внутренние факторы, которые регулируют то, как поврежденная ткань воспринимает гормональные сигналы на разных стадиях развития, а также внешние факторы, которые взаимодействуют с гормональными сигналами и регулируют влияние гормонов на поврежденные ткани во время регенерации.

Витамин D, известный своей ролью в поддержании гомеостаза кальция и целостности костей у животных, является хорошо изученным сигнальным фактором [50, 51, 76, 81, 173, 174]. Недавний химический скрининг с использованием личинок рыбок данио выявил, что витамин D является активатором развития кардиомиоцитов. Интересно, что введение аналогов витамина D взрослым рыбкам данио также ускоряло циклические процессы в эпикардиальных клетках, эндокардиальных клетках, дермальных остеобластах, базальных эпителиальных клетках, эпителиальных клетках роговицы и клетках сетчатки, что позволяет предположить, что витамин D действует как панмитоген, который способствует пролиферации клеток [173]. Однако о таком широком митогенном влиянии витамина D не сообщалось в организме грызунов.

Критический обзор традиционных подходов и переоценка действующих в настоящее время предположений и интерпретаций результатов предшествуют данным по инсулину и  $\beta$ -эндорфину [56, 110, 155, 172]. Обобщены результаты экспериментов с инсулином *in vivo* и *in vitro*, показывающие, что инсулин не только способствует различным клеточным процессам, но также необходим для митоза нервной ткани на культивируемых бластемах конечностей тритона [172]. Кроме того, обсуждается высокая вероятность того, что инсулин может быть общим звеном, способствующим регенерации конечностей у тритонов с гипофизэктомией, которые получали заместительную гормональную терапию гипофиза или пищевые добавки. Также исследовался статус  $\beta$ -эндорфина при регенерации [171, 175, 179]. Представлены данные, показывающие, что у позвоночных, обладающих способностью к регенерации (тритоны,

головастики), уровень  $\beta$ -эндорфина в плазме выше, чем у видов, у которых способность к регенерации либо ограничена (лягушки), либо полностью утрачена (млекопитающие) [117, 172].  $\beta$ -эндорфиноподобная иммунореактивность локализована в эпидермисе регенерирующей бластемы тритона, а также в промежуточной доле гипофиза аксолотля, тритона и Xenopus. Обсуждается возможная связь опиатов в регенерации конечностей позвоночных, в частности, в заживлении ран [172].

Исходя из представленной информации, можно обобщить данные об эндокринной регуляции эпиморфной регенерации [78].

### 1.5. Заключение по главе

Согласно данным различных источников, в мире ежегодно проводится около 1,5 миллиона ампутаций конечностей. На данный момент большая часть из них связана с боевыми действиями [6, 153].

Ампутация конечности представляет собой серьёзную физическую и психоэмоциональную травму, требующую адаптации организма как на уровне физиологических процессов, так и на уровне психосоциальной интеграции [6, 33]. В последние десятилетия возрос интерес к исследованию эндокринных изменений у лиц с ампутациями, в том числе у военнослужащих и спортсменов, поскольку гормональные факторы оказывают значительное влияние на различные аспекты здоровья [58]. Однако, более убедительными работами все еще являются исследования на животных [75, 119, 134].

Ампутация сопровождается не только физической потерей части тела, но и активацией многочисленных физиологических процессов, включая гормональный ответ на стресс и травму, что может приводить к более высоким метаболическим затратам и развитию коморбидной патологии [36, 154, 165]. Центральная роль в этом процессе, по данным научных исследований, принадлежит гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, которая активируется в ответ на стресс и вызывает увеличение секреции кортизола [157].

Хроническое повышение уровня кортизола может способствовать развитию синдрома хронической усталости, нарушению сна, депрессии и других психоэмоциональных нарушений [64, 157]. Повышенный уровень кортизола также оказывает влияние на иммунную систему и может замедлять регенерацию тканей, что имеет прямое значение для реабилитации после ампутации [37, 75].

Изучение гормонального профиля спортсменов-паралимпийцев может помочь разработать эффективные методики медицинской реабилитации не только самих спортсменов, но и участников боевых действий, получивших ранения, явившиеся причиной ампутации, а также определить причины возможных нарушений в адаптации организма к потере конечности.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Материал исследования

Настоящая работа выполнена на базе кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» в период с декабря 2023 г. по август 2024 г.

Вид научного исследования – ретроспективное когортное. Сбор ретроспективных данных углубленного медицинского обследования (УМО) на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей и спортсменов-олимпийцев произведен на глубину 10 лет в медицинских информационных системах МИАС и МЕДИАЛОГ (данные УМО с 2014 по 2024 гг.). В исследование включали последнее, по данным систем, УМО спортсмена, если на специально-подготовительных этапах годичных тренировочных циклов их было несколько.

Данные 181 спортсмена сборных команд Российской Федерации (этап высшего спортивного мастерства, из них – 150 паралимпийцев и 31 – олимпийцы), а также данные 19 госпитализированных пациентов с потерей нижней конечности в ходе боевых действий обработаны и структурированы в программе Exel (офисный пакет Microsoft Office) для возможности дальнейшей быстрой и удобной обработки и статистического анализа. База данных включала пол, возраст, уровень ампутации и ее травматический характер, вес, рост, индекс массы тела (ИМТ), площадь поверхности тела (ППТ), лабораторные исследования уровня гормонов).

Протокол диссертационного исследования одобрен локальным этическим комитетом при ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, протокол № 112 от 18 декабря 2023 г.

Исследование проводили в три этапа. На первом этапе настоящей работы были проанализированы данные антропометрических и лабораторных исследований (гормоны, включенные в пул тестирования согласно Приказу ФМБА России от 08.09.2023 № 178 «Об утверждении порядка организации медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации» [13]) 150 спортсменов-паралимпийцев, членов сборных команд Российской Федерации, с травматическими ампутациями нижних конечностей на разном уровне (средний возраст  $34,14 \pm 9,52$  лет, 29 (19,3%) женщин, 121 мужчина (80,7%)). Далее, согласно уровню ампутации, спортсмены были разделены на 8 групп: 13 (8,7%) имели травму на уровне нижней трети голени, 18 (12,0%) – на уровне средней трети голени, 26 (17,3%) – верхней трети голени; 12 (8,0%) – нижней трети бедра, 26 (17,3%) – средней трети бедра, 30 (20,0%) – верхней трети бедра. Двустороннюю ампутацию на уровне голеней имели 13 (8,7%) спортсменов, двустороннюю ампутацию на уровне бедер – 12 (8,0%) спортсменов. Для определения уровня ампутации (верхняя, средняя, нижняя треть бедра или голени) проводили сравнение со здоровой ногой. Ампутации на уровне голеностопного сустава и стопы приравнивались к ампутациям на уровне нижней трети голени. Данные гормонального профиля спортсменов всех групп были сопоставлены между собой по следующим показателям: ТТГ, Т4, общий, свободный, биодоступный тестостерон, индекс свободных андрогенов (ИСА), глобулин, связывающий половые гормоны (ГСПГ), пролактин, кортизол, соматотропный гормон (СТГ).

*Критерии включения в исследование на первом этапе:*

- Спортсмены обоих полов в возрасте от 18 до 50 лет;
- Травматический характер ампутации нижней конечности или обеих нижних конечностей;
- УМО спортсмена проведено на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла (за месяц и ранее до всероссийских и международных спортивных мероприятий в данном виде спорта согласно Единому календарному плану, в которых участвовал спортсмен) [12];

- Результаты УМО спортсмена включали все, требуемые для настоящего исследования, данные (пол, возраст, уровень ампутации и ее травматический характер, вес, рост, ИМТ, ППТ, лабораторные исследования уровня гормонов: ТТГ, Т4, общий, свободный, биодоступный тестостерон, ИСА, ГСПГ, пролактин, кортизол, СТГ).

*Критерии невключения из исследования на первом этапе:*

- Возраст младше 18 и старше 50 лет;
- Нетравматический характер потери конечности (врожденное недоразвитие, ампутация по поводу онкологического заболевания, хронической ишемии нижней конечности, синдрома диабетической стопы);
- Поведение УМО спортсмена на этапе, отличном от специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла;
- Результаты УМО спортсмена не включали все, требуемые для настоящего исследования, данные.

Дизайн первого этапа исследования представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Дизайн первого этапа исследования

На втором этапе настоящей работы были проанализированы данные гормонального профиля 78 спортсменов мужского пола из скоростно-силовых видов спорта (легкая атлетика и академическая гребля), из них 31 спортсмен-олимпиец и 47 спортсменов-паралимпийцев с односторонней ампутацией на уровне нижней трети голени и ниже. Проведено сравнение полученных данных спортсменов-олимпийцев и паралимпийцев с помощью современных методов статистического анализа. Данные гормонального профиля спортсменов обеих групп были сопоставлены между собой по следующим показателям: ТТГ, Т4, общий тестостерон, пролактин, кортизол, СТГ.

*Критерии включения в исследование на втором этапе:*

- Спортсмены мужского пола в возрасте от 18 до 35 лет;
- Травматический характер односторонней ампутации нижней конечности на уровне средней трети голени и ниже (для спортсменов-паралимпийцев);
- Спортсмен является членом сборной команды Российской Федерации по скоростно-силовым видам спорта (легкая атлетика и академическая гребля);
- УМО спортсмена проведено на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла (за месяц и ранее до всероссийских и международных спортивных мероприятий в данном виде спорта согласно Единому календарному плану, в которых участвовал спортсмен) [12];
- Результаты УМО спортсмена включали все, требуемые для настоящего исследования, данные (пол, возраст, уровень ампутации и ее травматический характер, вес, рост, ИМТ, ППТ, лабораторные исследования уровня гормонов: ТТГ, Т4, общий тестостерон, кортизол, пролактин, СТГ).

*Критерии невключения из исследования на втором этапе:*

- Возраст младше 18 и старше 35 лет;
- Женский пол;
- Нетравматический характер потери конечности для спортсменов-паралимпийцев (врожденное недоразвитие, ампутация по поводу

онкологического заболевания, хронической ишемии нижней конечности, синдрома диабетической стопы);

- Поведение УМО спортсмена на этапе, отличном от специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла;
- Результаты УМО спортсмена не включали все, требуемые для настоящего исследования, данные.

Дизайн второго этапа исследования представлен на рисунке 2.

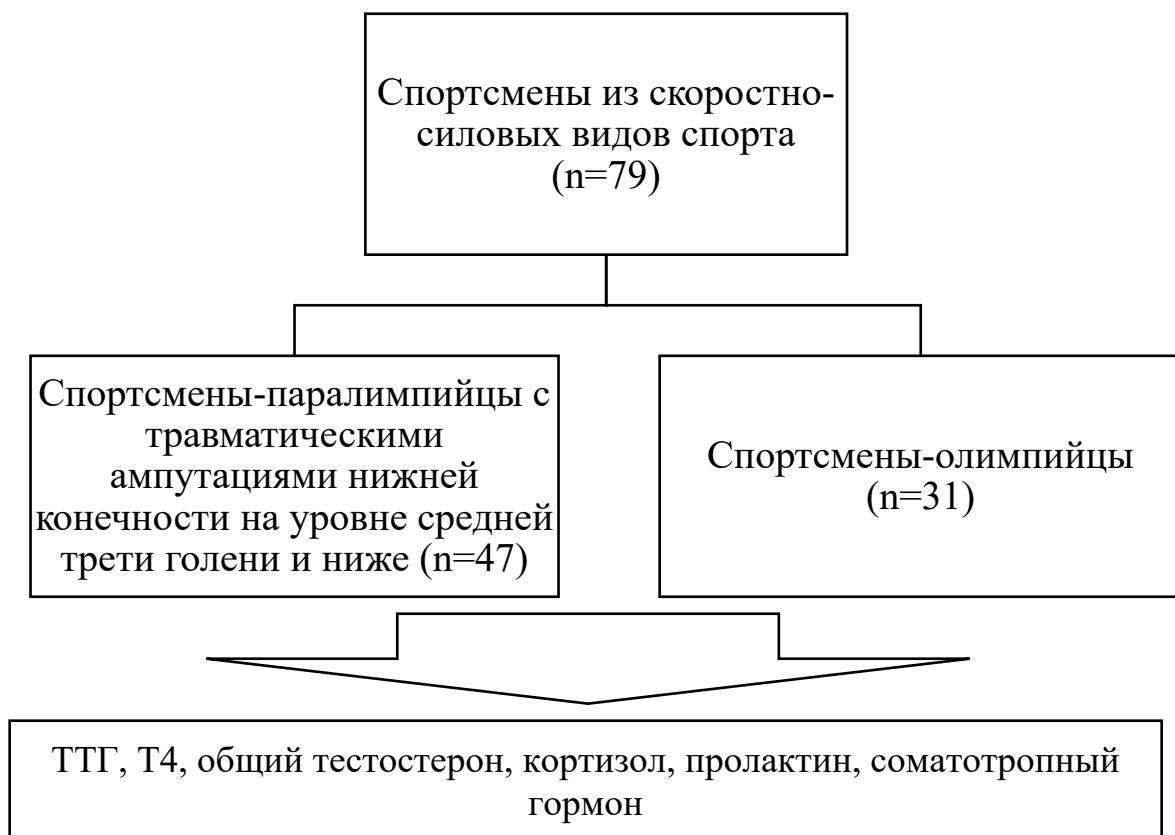


Рисунок 2 – Дизайн второго этапа исследования

На третьем этапе диссертационного исследования было проведено сравнение гормонального профиля спортсменов-паралимпийцев ( $n=19$ ) и пациентов, госпитализированных в Центр комбинированных поражений ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России по поводу утраты нижней конечности в ходе боевых действий ( $n=19$ ). Лица обеих групп имели ампутации на уровне голени (рисунок 3).

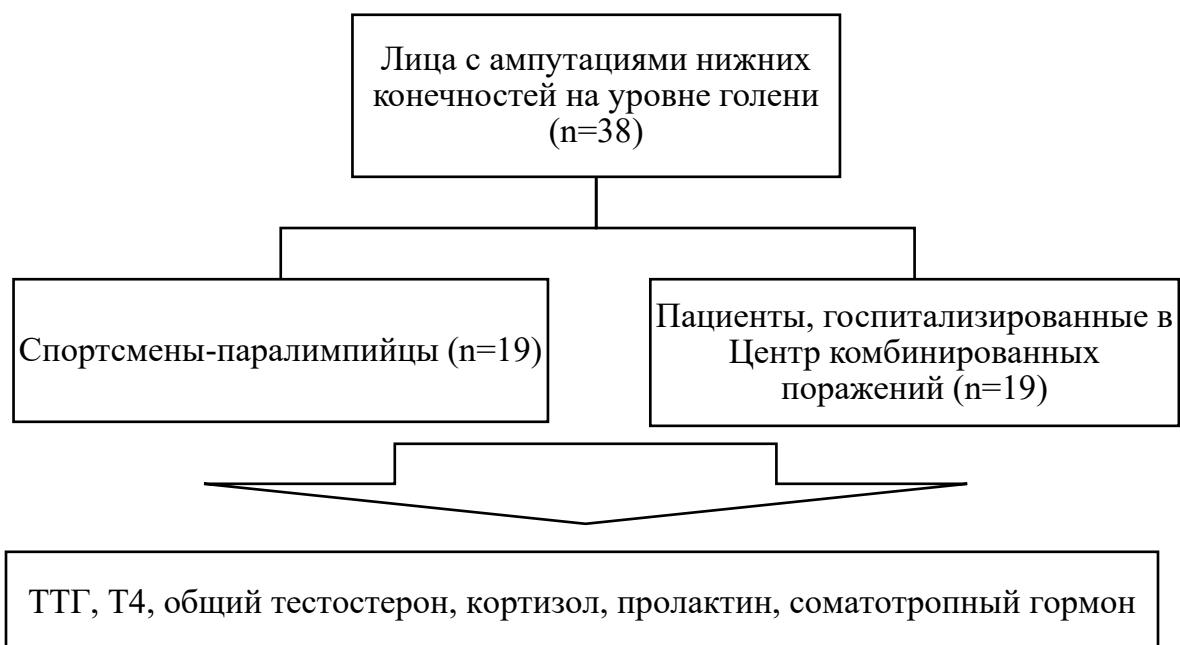


Рисунок 3 – Дизайн третьего этапа исследования

## 2.2. Методы исследования

### 2.2.1. Антропометрические методы исследования

Вес во время УМО определяли с помощью электронных медицинских напольных весов ВМЭН-200-50/100-И-СТ-А (рисунок 4) натощак после сдачи анализов мочи. Взвешивание спортсменов с ампутациями проводили без протезов. При односторонней ампутации вес спортсмена оценивали при его постановке на одной (здоровой) ноге, при двусторонней ампутации спортсмен становился обеими культиами на платформу весов. Если культи были разной длины, спортсмена взвешивали в протезах, затем от полученного числа отнимали вес протезов.

Рост определяли с помощью медицинского ростомера РЭП (бат), рисунок 5. Спортсмен становился спиной к ростомеру, касаясь шкалы тремя точками: межлопаточной областью, ягодицами и пятками. При односторонней ампутации третьей точкой была пятка сохранной ноги, при двусторонней ампутации – самые нижние точки обеих культий. Планка ростомера плотно прижималась к голове спортсмена, после чего спортсмен выходил из-под

ростомера, и снимались показания.



Рисунок 4 – Весы ВМЭН-200-50/100-  
И-СТ-А



Рисунок 5 – Ростомер РЭП (бат)

Индекс массы тела рассчитывался по формуле: ИМТ= $m/h^2$ , где:  $m$  – масса тела в килограммах,  $h$  – рост в метрах.

Для определения площади поверхности тела (ППТ) использовали формулу R. D. Mosteller (1987) [118]:

$$\text{ППТ} = \sqrt{(\text{вес (кг)} * \text{рост (см)}) / 3600}$$

## 2.2.2. Лабораторные методы исследования

Во время УМО забор крови у спортсменов проводили из локтевой вены строго натощак после ночного голодания в соответствии со стандартными диагностическими процедурами. Применялась система сбора венозной крови для биохимических и гематологических анализов с антикоагулянтом (гепарин лития) и этилендиаминтетрауксусной кислотой (ЭДТА), соответственно. Полученный биоматериал не позднее чем через 2 ч после сбора центрифугировали при скорости 3500 об/мин, а затем анализировали модульной платформой Cobas 6000 (Roche Diagnostics, Германия).

На первом этапе в сыворотке крови оценивали: ТТГ (мкМе/мл), Т4 (ммоль/л), общий, свободный и биодоступный тестостерон (нг/мл), ГСПГ (нмоль/л), ИСА (%), кортизол (нмоль/л), пролактин (мкМе/мл), СТГ (нг/мл). На втором этапе в сыворотке крови оценивали: ТТГ (мкМе/мл), Т4 (ммоль/л), общий тестостерон (нг/мл), кортизол (нмоль/л), пролактин (мкМе/мл), СТГ (нг/мл).

### 2.2.3. Методы статистической обработки данных

Анализ статистических данных проводили с использованием программ Statistica 12.0 (разработчик – "Dell", США) и офисного пакета Microsoft Office Exel (2016 г.). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей.

Количественные показатели проверялись на предмет нормальности распределения (критерия Шапиро-Уилка при  $n < 50$  и критерия Колмогорова-Смирнова при  $n > 50$ ). При нормальном распределении использовали средние арифметические величины (М) и стандартные отклонения (SD), границы 95% доверительного интервала (95% ДИ), при отсутствии нормального распределения – медианы (Ме) и нижние и верхние квартили (Q1-Q3).

Сравнение групп спортсменов-паралимпийцев с разными уровнями травматической ампутации нижних конечностей по количественному показателю, имеющему нормальное распределение, выполнялось с помощью однофакторного дисперсионного анализа, апостериорные сравнения проводились с помощью критерия Тьюки (при условии равенства дисперсий). При ненормальном распределении сравнение выполнялось с помощью критерия Краскела-Уоллиса, апостериорные сравнения – с помощью критерия Данна с поправкой Холма.

Направление и теснота корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента корреляции Пирсона (при нормальном распределении сопоставляемых показателей), направление и теснота корреляционной связи между двумя

количественными показателями оценивались с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (при распределении показателей, отличном от нормального). Прогностическая модель, характеризующая зависимость количественной переменной от факторов, разрабатывалась с помощью метода линейной регрессии.

Сравнение групп спортсменов-паралимпийцев, спортсменов-олимпийцев и участников боевых действий по количественному показателю, имеющему нормальное распределение, при условии равенства дисперсий выполнялось с помощью  $t$ -критерия Стьюдента, при неравных дисперсиях выполнялось с помощью  $t$ -критерия Уэлча. Сравнение групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни.

Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## ГЛАВА 3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУППЫ СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ТРАВМАТИЧЕСКИМИ АМПУТАЦИЯМИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

На первом этапе настоящей работы были проанализированы данные лабораторных исследований 150 спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей, средний возраст которых составил  $34,14 \pm 9,52$  лет, среди них женщин – 29 (19,3%), мужчин – 121 (80,7%) человек. Медиана ИМТ составила  $23,51 \text{ кг}/\text{м}^2$ , средние значения ППТ –  $1,90 \pm 0,25 \text{ м}^2$ . Выборку составили спортсмены из академической гребли (13 чел., 8,7%), баскетбола на колясках (7 чел., 4,7%), легкой атлетики (38 чел., 25,3%), волейбола сидя (11 чел., 7,3%), паратриатлона (17 чел., 11,3%), следж-хоккея (22 чел., 14,7%), плавания (27 чел., 18%), лыжных гонок и биатлона (9 чел., 6%) и горнолыжного спорта (6 чел., 4%). Описательная статистика количественных переменных, распределение спортсменов по полу и виду спорта представлены на рисунках 6, 7 и в таблице 1.

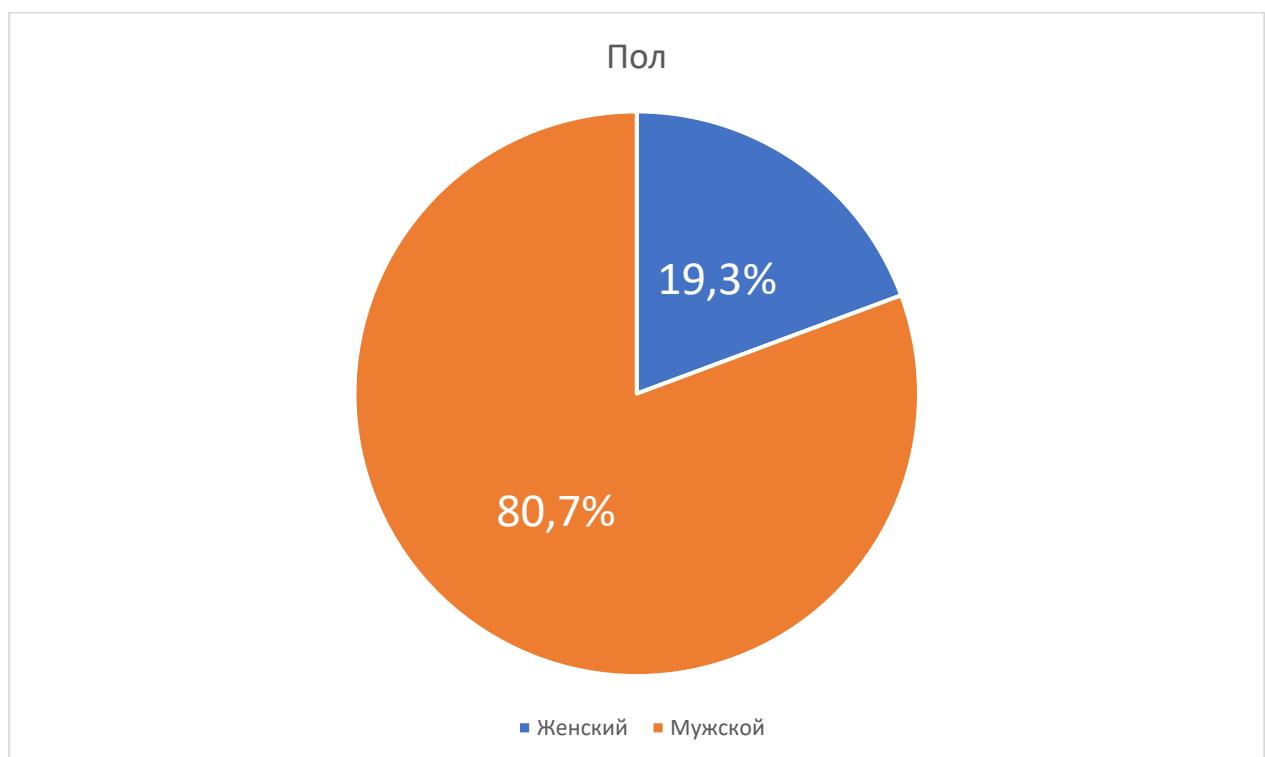


Рисунок 6 – Распределение спортсменов-паралимпийцев по полу

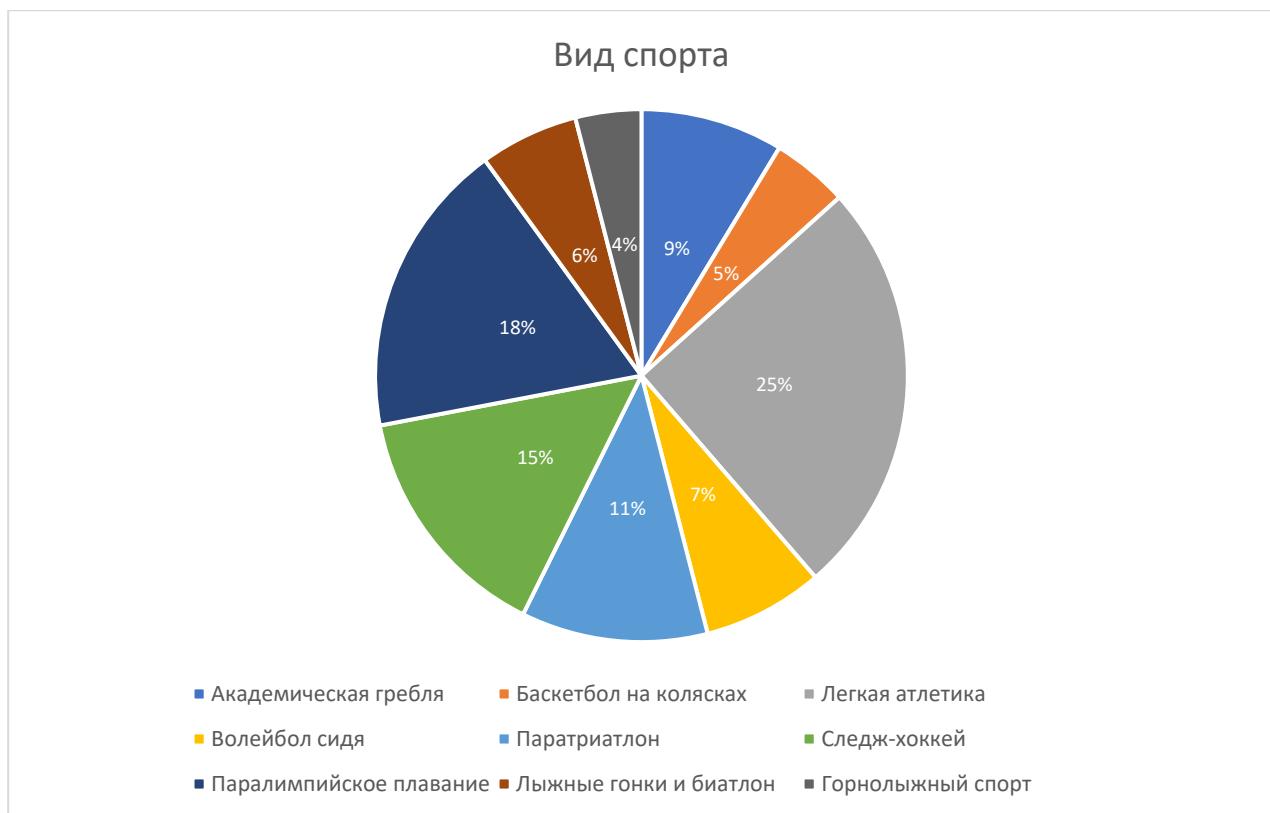


Рисунок 7 – Распределение спортсменов-паралимпийцев по видам спорта

Таблица 1 – Описательная статистика количественных переменных (спортсмены-паралимпийцы с ампутациями нижних конечностей)

Показатели	$M \pm SD / Me$	95% ДИ / $Q_1 - Q_3$
Возраст, лет, $M \pm SD$	$34,14 \pm 9,52$	33 – 36
Рост, Me (см)	177,00	170,00 – 183,00
Вес, $M \pm SD$ (кг)	$74,65 \pm 16,96$	71,91 – 77,38
ИМТ, $Me (кг/м^2)$	23,51	20,94 – 26,46
ППТ, $M \pm SD (м^2)$	$1,90 \pm 0,25$	1,86 – 1,94
T4, $M \pm SD$ (ммоль/л)	$16,76 \pm 1,90$	16,42 – 17,10
Биодоступный тестостерон, $Me (нг/мл)$	1,89	1,04 – 2,50
ГСПГ, $Me$ (нмоль/л)	37,10	25,29 – 52,66
ИСА, $Me$ (%)	0,47	0,32 – 0,60
Кортизол, $Me$ (нмоль/л)	358,30	272,30 – 469,30
Пролактин, $Me$ (мкМе/мл)	203,90	152,45 – 271,90
Своб. тестостерон, $Me$ (нг/мл)	0,08	0,05 – 0,11
СТГ, $Me$ (нг/мл)	0,19	0,09 – 0,48
Тестостерон общ., $Me$ (нг/мл)	4,36	2,09 – 5,66
ТТГ, $Me$ (мкМе/мл)	1,85	1,30 – 2,79

При оценке показателей гормонального профиля спортсменов в зависимости от пола отмечены более высокие уровни биодоступного ( $p<0,001$ ), свободного ( $p<0,001$ ), общего тестостерона ( $p<0,001$ ), ИСА ( $p<0,001$ ) у мужчин, а также более высокие показатели ГСПГ ( $p<0,001$ ), пролактина ( $p<0,001$ ) и СТГ ( $p<0,001$ ) у женщин. Однако полученные данные не считались нами значимыми в связи с тем, что определяемая разница в уровне указанных гормонов является физиологической нормой. При этом статистически и клинически значимая разница выявлена по показателям Т4 ( $p=0,002$ ): более высокие уровни тироксина характерны для мужчин,  $17,02\pm1,83$  и  $15,73\pm1,86$  ммоль/л соответственно (рисунок 8, таблица 2).

При проведении корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и возраста спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей была установлена отрицательная связь слабой тесноты по показателям ИСА ( $\rho=-0,211$ ,  $p=0,02$ ) и пролактина ( $\rho=-0,172$ ,  $p=0,12$ ). По другим показателям связь либо отсутствовала, либо была слабой, но статистически не значимой,  $p>0,05$  (таблица 3).

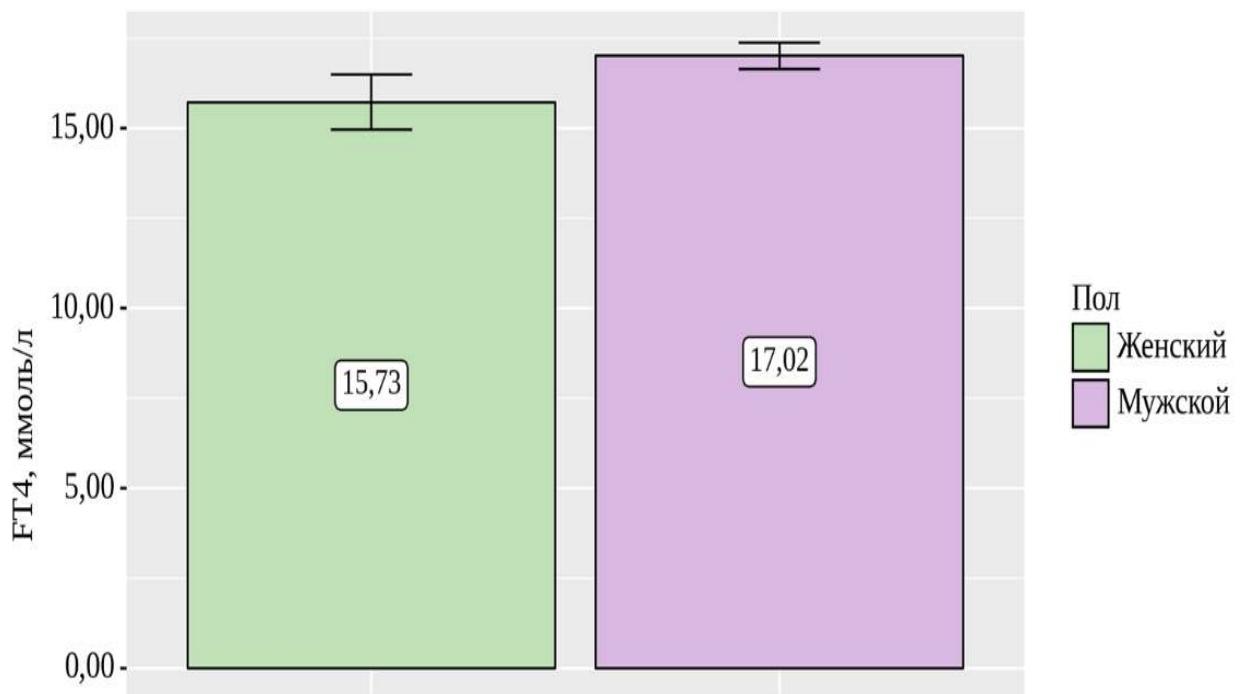


Рисунок 8 – Графическое изображение оценки уровней Т4 у мужчин и женщин с травматическими ампутациями нижних конечностей

Таблица 2 – Оценка показателей гормонального статуса у спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей в зависимости от пола

Показатель	Пол				p	
	Женский (n=29)		Мужской (n=121)			
	M±SD/Мe	95% ДИ / Q <sub>1</sub> – Q <sub>3</sub>	M±SD/Мe	95% ДИ / Q <sub>1</sub> – Q <sub>3</sub>		
T4, ммоль/л	15,73±1,86	14,96 – 16,49	17,02±1,83	16,66 – 17,39	0,002	
ТТГ, мкМе/мл	2,08	1,61 – 3,60	1,82	1,27 – 2,69	0,075	
Биодоступный тестостерон, нг/мл	0,09	0,06 – 0,18	2,06	1,69 – 2,53	<0,001*	
Свободный тестостерон, нг/мл	0,00	0,00 – 0,01	0,09	0,07 – 0,11	<0,001*	
Тестостерон общ, нг/мл	0,30	0,21 – 0,45	4,62	3,44 – 5,94	<0,001*	
ГСПГ, нмоль/л	57,64	40,09 – 78,77	34,44	23,37 – 47,80	<0,001*	
ИСА, %	0,02	0,01 – 0,03	0,51	0,41 – 0,64	<0,001*	
Кортизол, нмоль/л	370,95	241,95 – 459,27	358,30	276,60 – 474,80	0,756	
Пролактин, мкМе/мл	270,70	206,50 – 466,92	184,10	145,50 – 252,90	<0,001*	
СТГ, нг/мл	0,79	0,29 – 3,20	0,16	0,08 – 0,34	<0,001*	

\*Оценка критерия не значима в связи с физиологической нормой согласно полу

Таблица 3 – Результаты корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и возраста спортсменов

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	$\rho / r_{xy}$	Теснота связи по шкале Чеддока	p
T4, ммоль/л	-0,071	Нет связи	0,431
ТТГ, мкМе/мл	-0,012	Нет связи	0,884
Биодоступный тестостерон, нг/мл	-0,158	Слабая	0,061
Свободный тестостерон, нг/мл	-0,141	Слабая	0,094
Тестостерон общ, нг/мл	-0,016	Нет связи	0,848
ГСПГ, нмоль/л	0,136	Слабая	0,105
ИСА, %	-0,211	Слабая	0,020*
Кортизол, нмоль/л	-0,127	Слабая	0,123
Пролактин, мкМе/мл	-0,172	Слабая	0,038*
СТГ, нг/мл	0,131	Слабая	0,120

\*Разница в показателях статистически значима, p<0,05

Наблюдаемая зависимость уровней ИСА и пролактина от возраста спортсменов описывается уравнениями парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{Индекс свободных андрогенов, \%}} = -0,006 \times X_{\text{Возраст, лет}} + 0,639$$

$$Y_{\text{Пролактин, мкМе/мл}} = -4,484 \times X_{\text{Возраст, лет}} + 406,581$$

Таким образом, при увеличении возраста на 1 год следует ожидать уменьшение значения ИСА на 0,006% и значения пролактина на 4,484 мкМе/мл. Графики ИСА от возраста спортсменов, представлены на рисунках 9 и 10.

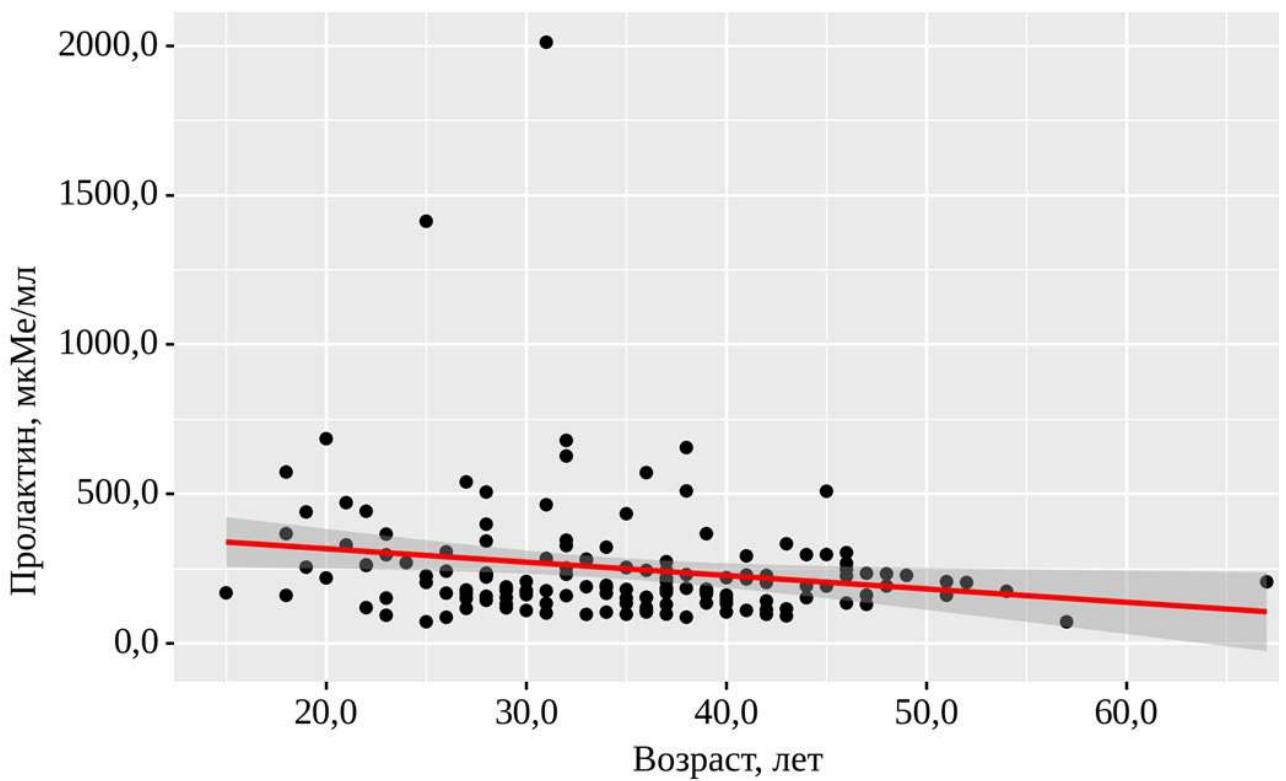


Рисунок 9 – График регрессионной функции, характеризующие зависимость уровня пролактина от возраста спортсменов-паралимпийцев

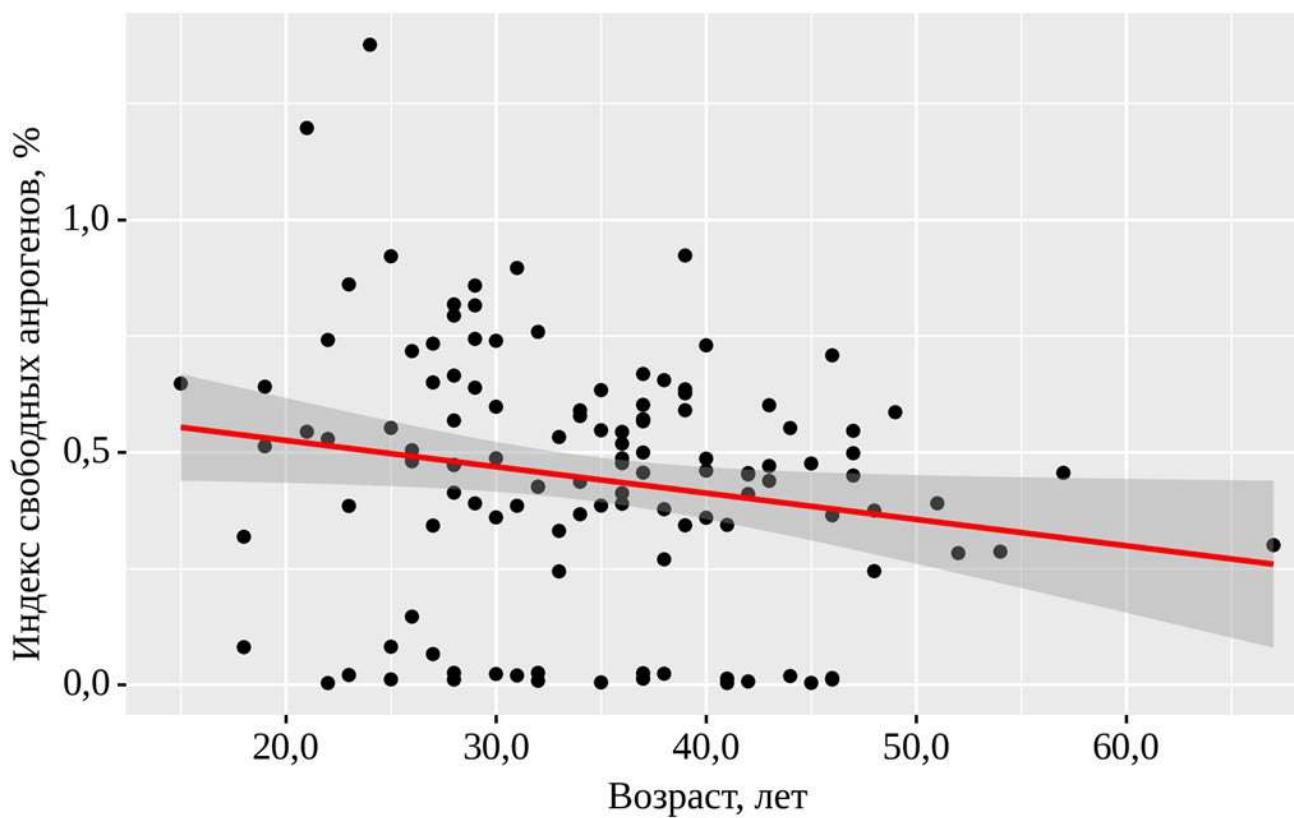


Рисунок 10 – График регрессионной функции, характеризующие зависимость индекса свободных андрогенов от возраста спортсменов-паралимпийцев

При проведении корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и роста спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей была установлена прямая связь слабой тесноты по показателям Т4 ( $\rho=0,210$ ,  $p=0,019$ ), свободного ( $\rho=0,296$ ,  $p<0,001$ ) и общего тестостерона ( $\rho=0,248$ ,  $p=0,03$ ); прямая связь ИСА ( $\rho=0,387$ ,  $p<0,001$ ). Отмечена отрицательная связь слабой тесноты по показателям ГСПГ ( $\rho=-0,315$ ,  $p<0,001$ ) и пролактина ( $\rho=-0,213$ ,  $p=0,010$ ). По показателям ТТГ, кортизола и СТГ связь либо отсутствовала, либо была слабой, но статистически не значимой,  $p>0,05$  (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и роста спортсменов-паралимпийцев

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	$\rho / r_{xy}$	Теснота связи по шкале Чеддока	p
T4, ммоль/л	0,210	Слабая	0,019*
ТТГ, мкМе/мл	-0,088	Нет связи	0,299
Биодоступный тестостерон, нг/мл	0,318	Умеренная	<0,001*
Свободный тестостерон, нг/мл	0,296	Слабая	<0,001*
Тестостерон общ, нг/мл	0,248	Слабая	0,003*
ГСПГ, нмоль/л	-0,315	Слабая	<0,001*
ИСА, %	0,387	Умеренная	<0,001*
Кортизол, нмоль/л	-0,125	Слабая	0,132
Пролактин, мкМе/мл	-0,213	Слабая	0,010*
СТГ, нг/мл	-0,159	Слабая	0,061

\*Разница в показателях статистически значима,  $p < 0,05$

Наблюдаемая зависимость уровней представленных гормонов от роста спортсменов описывается уравнениями парной линейной регрессии:

$$Y_{T4, \text{ммоль/л}} = 0,034 \times X_{\text{Рост, см}} + 10,732$$

$$Y_{\text{Биодоступный тестостерон, нг/мл}} = 0,027 \times X_{\text{Рост, см}} - 2,963$$

$$Y_{\text{ГСПГ, нмоль/л}} = -0,539 \times X_{\text{Рост, см}} + 137,74$$

$$Y_{\text{Индекс свободных андрогенов, \%}} = 0,009 \times X_{\text{Рост, см}} - 1,205$$

$$Y_{\text{Пролактин, мкМе/мл}} = -2,441 \times X_{\text{Рост, см}} + 678,634$$

$$Y_{\text{Своб. Тестостерон, нг/мл}} = 0,001 \times X_{\text{Рост, см}} - 0,113$$

$$Y_{\text{Тестостерон общ, нг/мл}} = 0,049 \times X_{\text{Рост, см}} - 4,641$$

Таким образом, при увеличении роста на 1 см следует ожидать увеличение ИСА на 0,009%, свободного тестостерона на 0,001 нг/мл, общего тестостерона на 0,049 нг/мл; уменьшение уровней ГСПГ на 0,539 нмоль/л и пролактина на 2,441 мкМе/мл. Графики регрессионной функции, характеризующие зависимость уровней гормонов от роста спортсменов, представлены на рисунках 11-17.

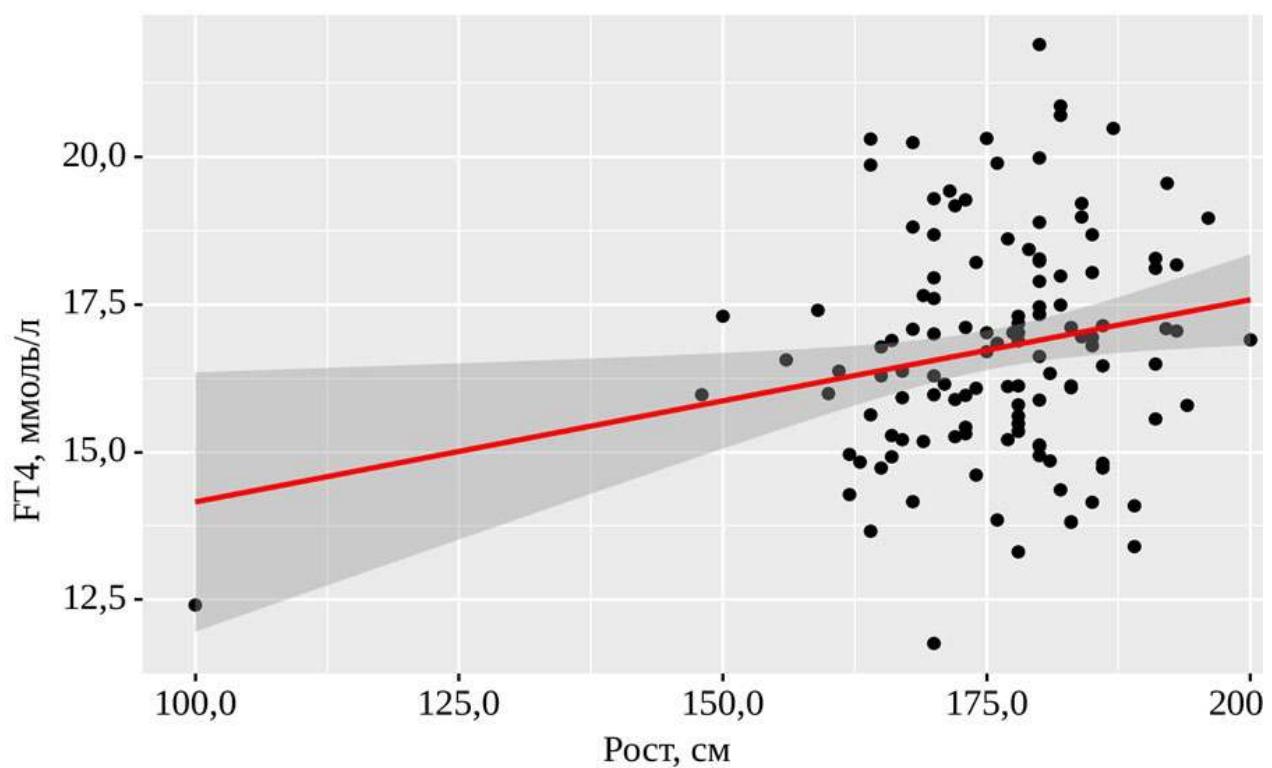


Рисунок 11 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость T4 от возраста спортсменов-паралимпийцев

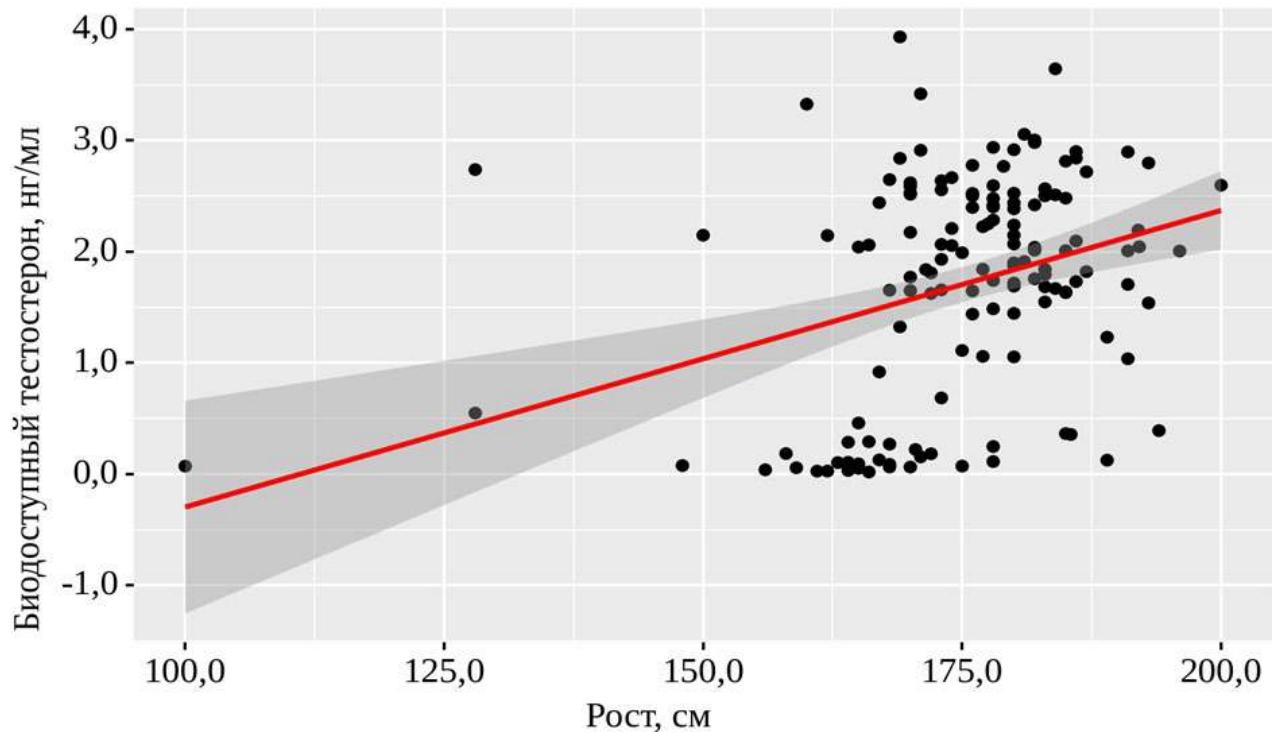


Рисунок 12 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость биодоступного тестостерона от возраста спортсменов-паралимпийцев

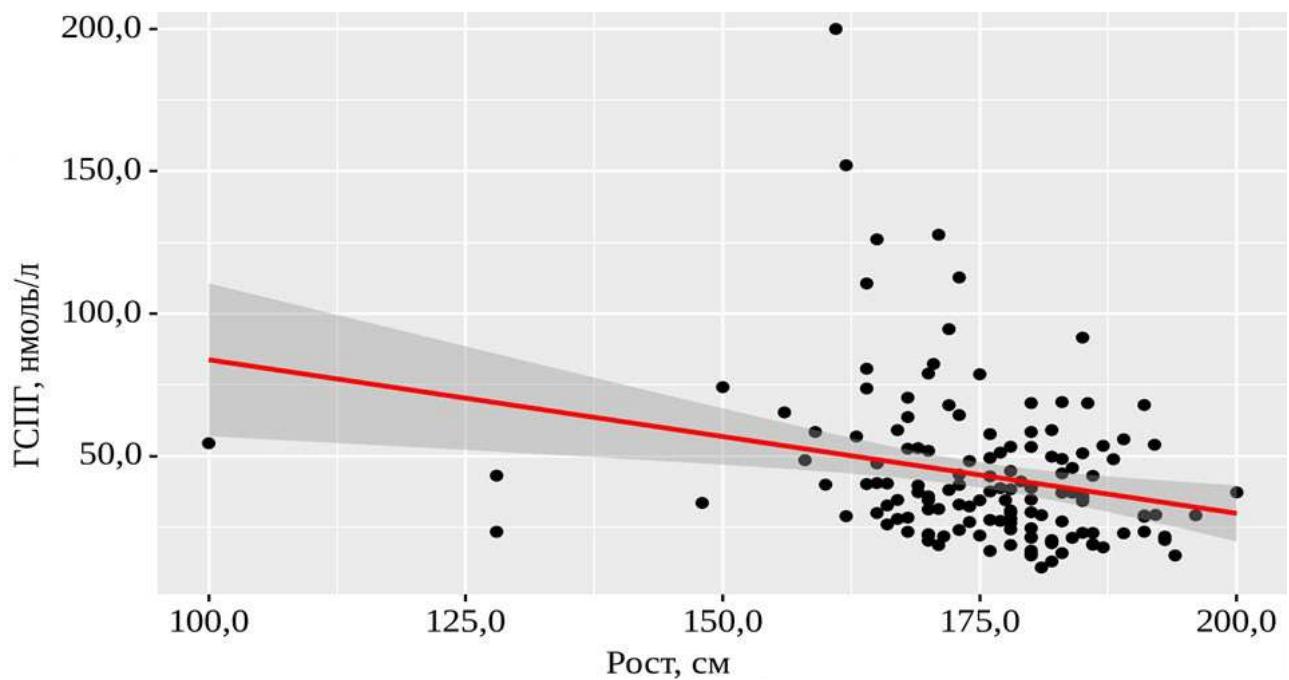


Рисунок 13 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость ГСПГ от возраста спортсменов-паралимпийцев

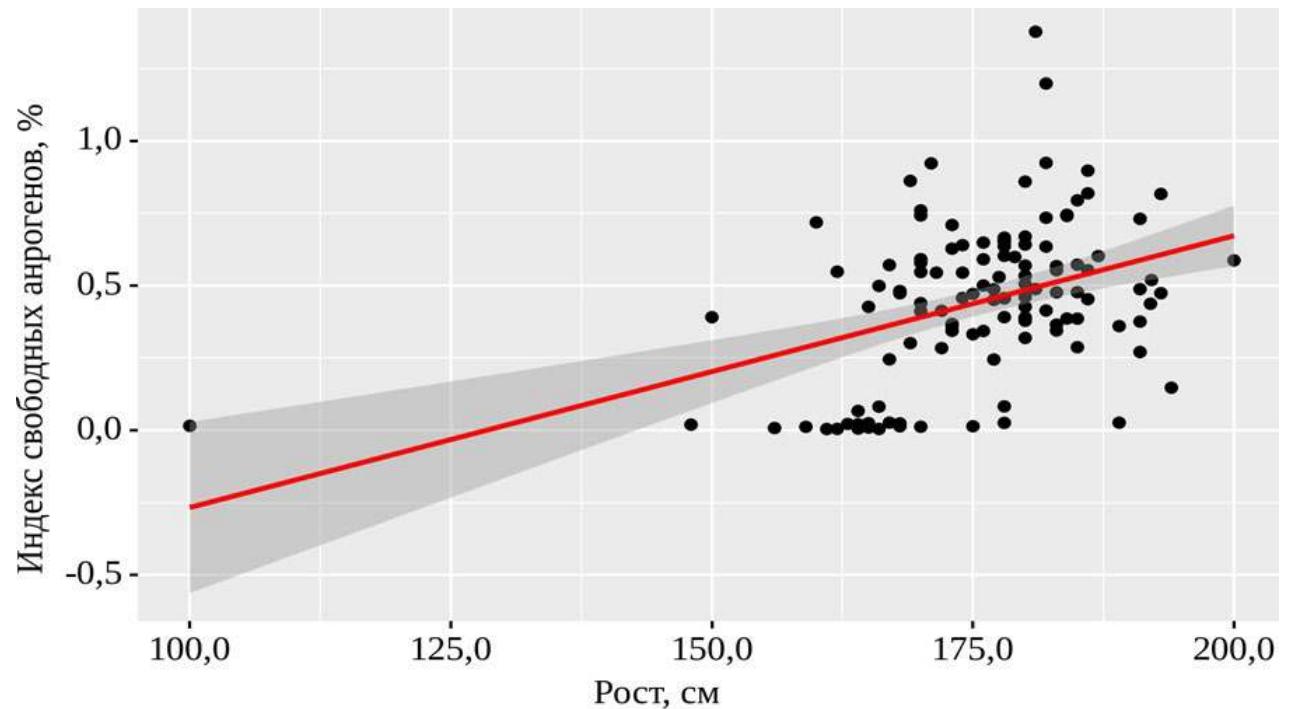


Рисунок 14 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость индекса свободных андрогенов от возраста спортсменов-паралимпийцев

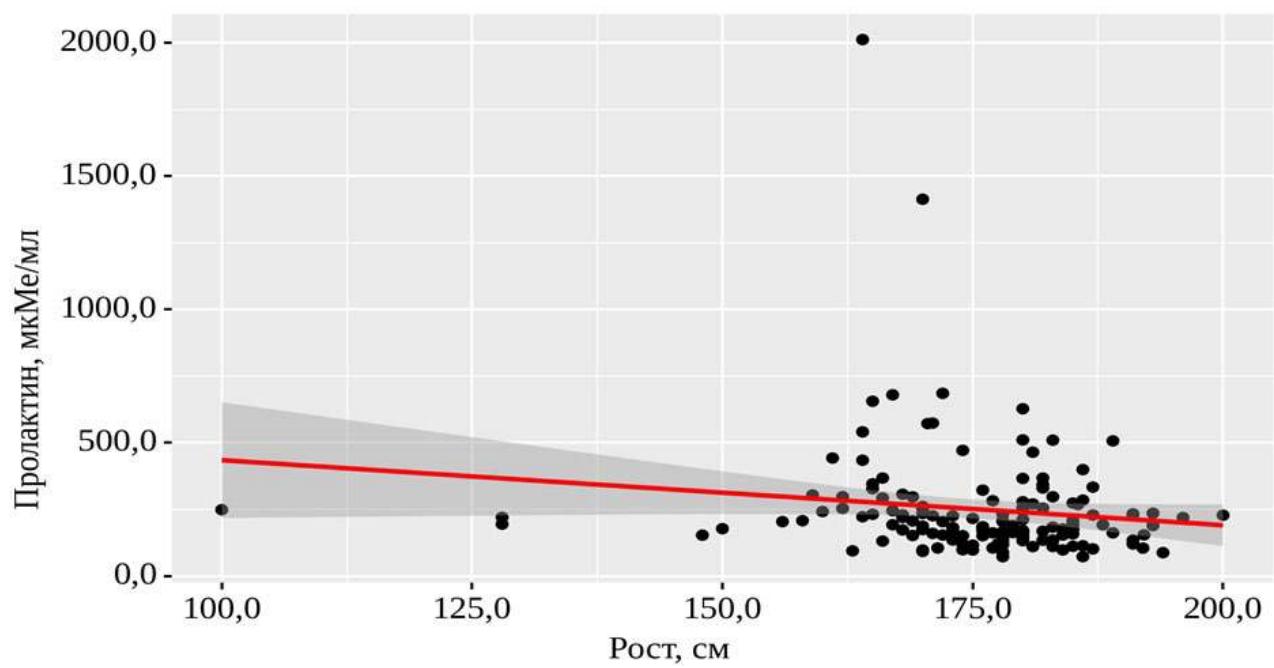


Рисунок 15 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость пролактина от возраста спортсменов-паралимпийцев

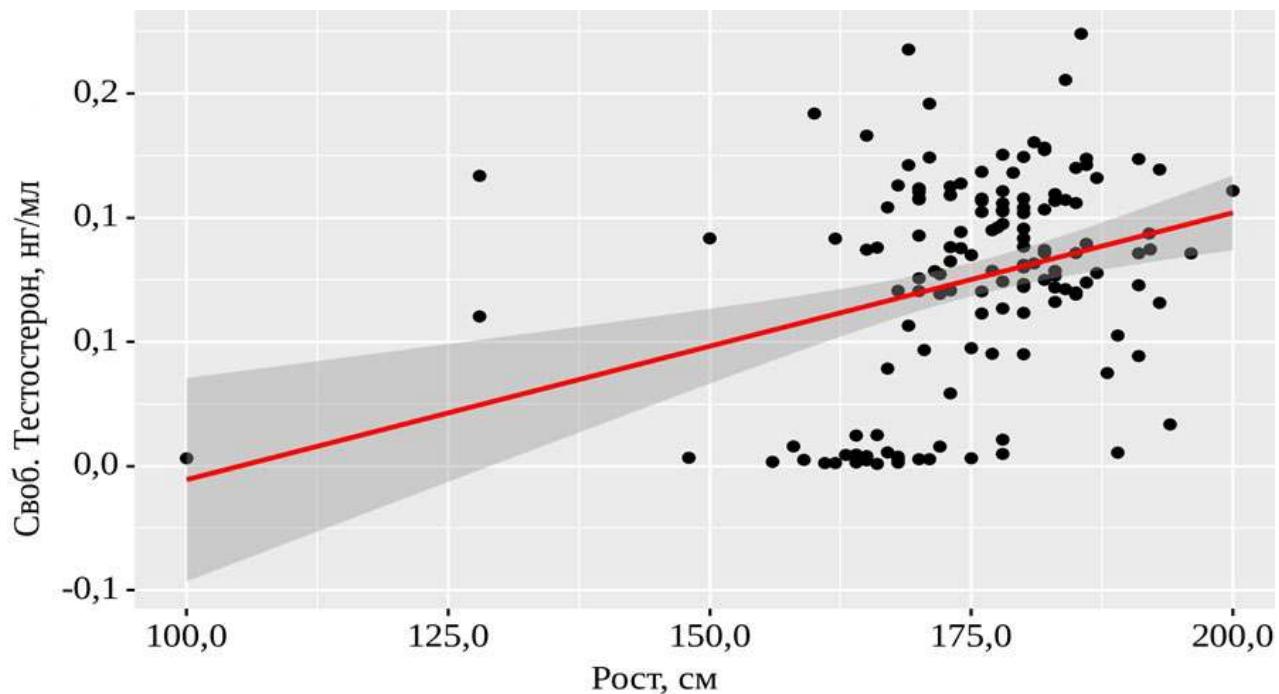


Рисунок 16 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость свободного тестостерона от возраста спортсменов-паралимпийцев

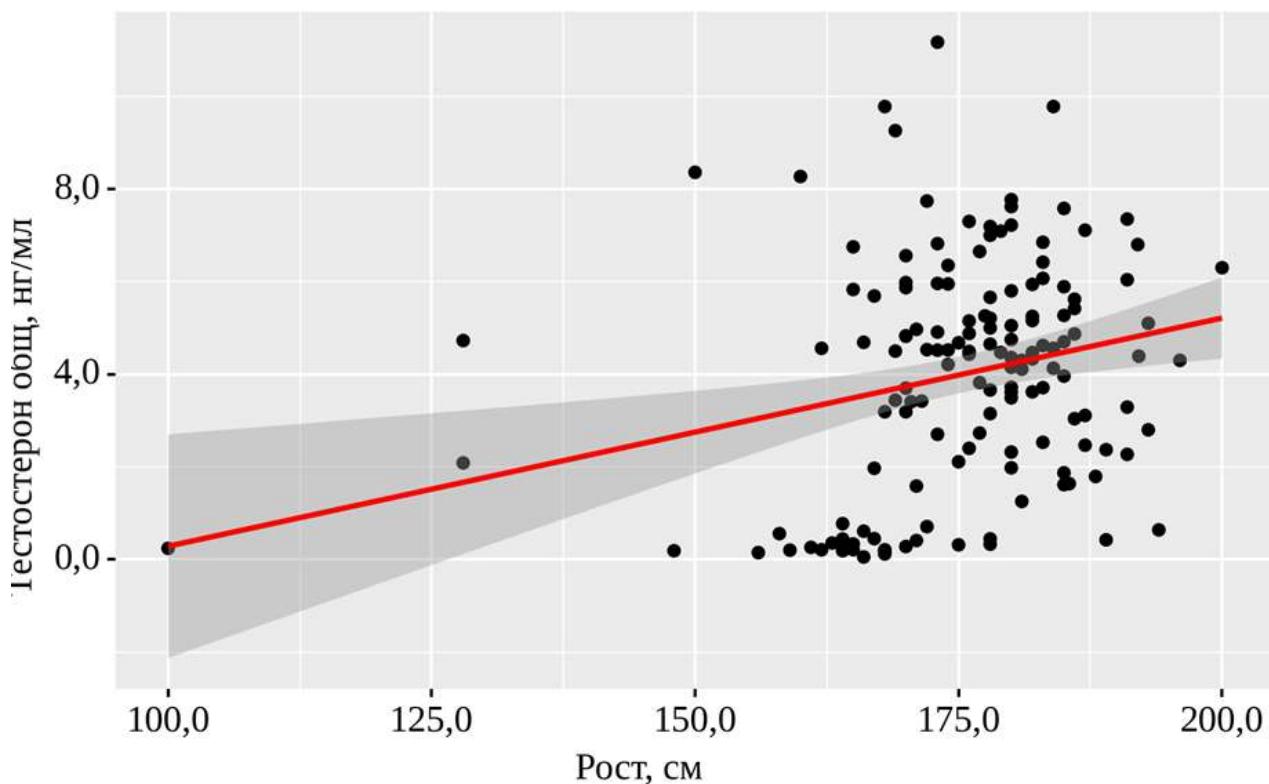


Рисунок 17 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость общего тестостерона от возраста спортсменов-паралимпийцев

При проведении корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и веса спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей была установлена прямая связь слабой тесноты по показателям Т4 ( $\rho=0,183$ ,  $p=0,042$ ), биодоступного тестостерона ( $\rho=0,210$ ,  $p=0,012$ ); прямая связь умеренной тесноты по показателям ИСА ( $\rho=0,309$ ,  $p<0,001$ ). Отмечена отрицательная связь слабой тесноты по показателям пролактина ( $\rho=-0,224$ ,  $p=0,006$ ) и СТГ ( $\rho=-0,243$ ,  $p=0,004$ ); отрицательная связь умеренной тесноты по показателям ГСПГ ( $\rho=-0,447$ ,  $p<0,001$ ). По показателям ТТГ, свободного и общего тестостерона, кортизола связь была слабой, но статистически не значимой,  $p>0,05$  (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и веса спортсменов-паралимпийцев

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	$\rho / r_{xy}$	Теснота связи по шкале Чеддока	$p$
T4, ммоль/л	0,183	Слабая	0,042*
ТТГ, мкМе/мл	-0,161	Слабая	0,055
Биодоступный тестостерон, нг/мл	0,210	Слабая	0,012*
Свободный тестостерон, нг/мл	0,149	Слабая	0,076
Тестостерон общ., нг/мл	0,114	Слабая	0,167
ГСПГ, нмоль/л	-0,447	Умеренная	<0,001*
ИСА, %	0,309	Умеренная	<0,001*
Кортизол, нмоль/л	-0,145	Слабая	0,078
Пролактин, мкМе/мл	-0,224	Слабая	0,006*
СТГ, нг/мл	-0,243	Слабая	0,004*

\*Разница в показателях статистически значима,  $p < 0,05$

Наблюдаемая зависимость уровней представленных гормонов от веса спортсменов описывается уравнениями парной линейной регрессии:

$$Y_{T4, \text{ммоль/л}} = 0,02 \times X_{\text{Вес, кг}} + 15,273$$

$$Y_{\text{Биодоступный тестостерон, нг/мл}} = 0,014 \times X_{\text{Вес, кг}} + 0,632$$

$$Y_{\text{ГСПГ, нмоль/л}} = -0,627 \times X_{\text{Вес, кг}} + 90,075$$

$$Y_{\text{Индекс свободных андрогенов, \%}} = 0,005 \times X_{\text{Вес, кг}} + 0,084$$

$$Y_{\text{Пролактин, мкМе/мл}} = -1,787 \times X_{\text{Вес, кг}} + 385,714$$

$$Y_{\text{Соматотропный гормон, нг/мл}} = -0,013 \times X_{\text{Вес, кг}} + 1,662$$

Таким образом, при увеличении веса на 1 кг следует ожидать увеличение ИСА на 0,005%; уменьшение уровней ГСПГ на 0,627 нмоль/л, пролактина на 1,787 мкМе/мл, СТГ на 0,012 нг/мл. Графики регрессионной функции, характеризующие зависимость уровней гормонов от веса спортсменов, представлены на рисунках 18-22.

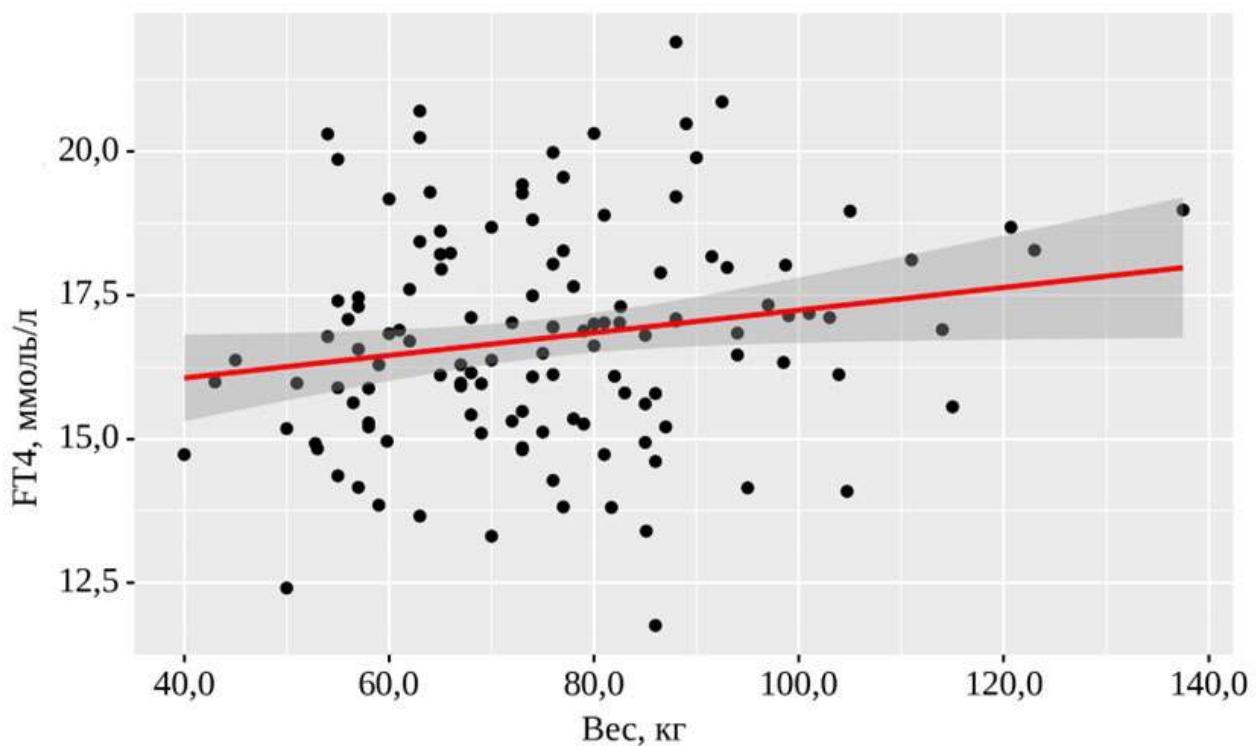


Рисунок 18 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость Т4 от веса спортсменов-паралимпийцев

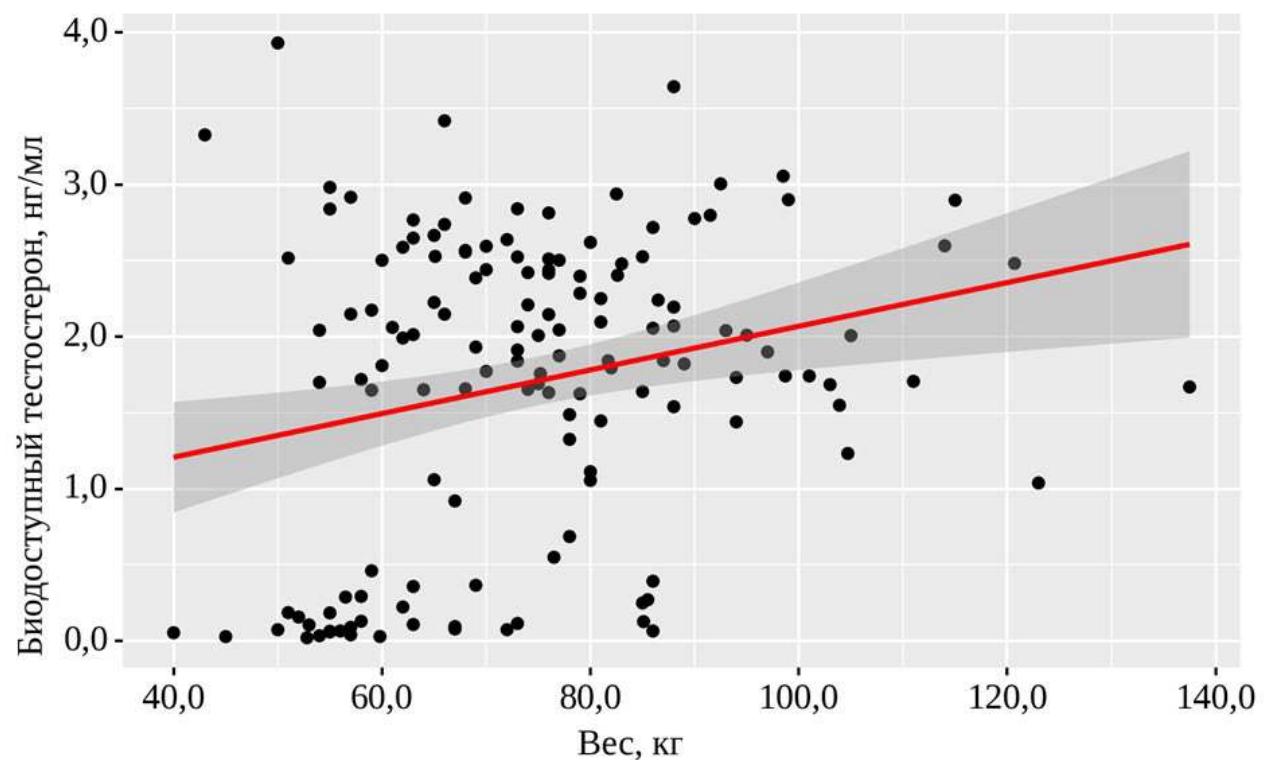


Рисунок 19 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость биодоступного тестостерона от веса спортсменов-паралимпийцев

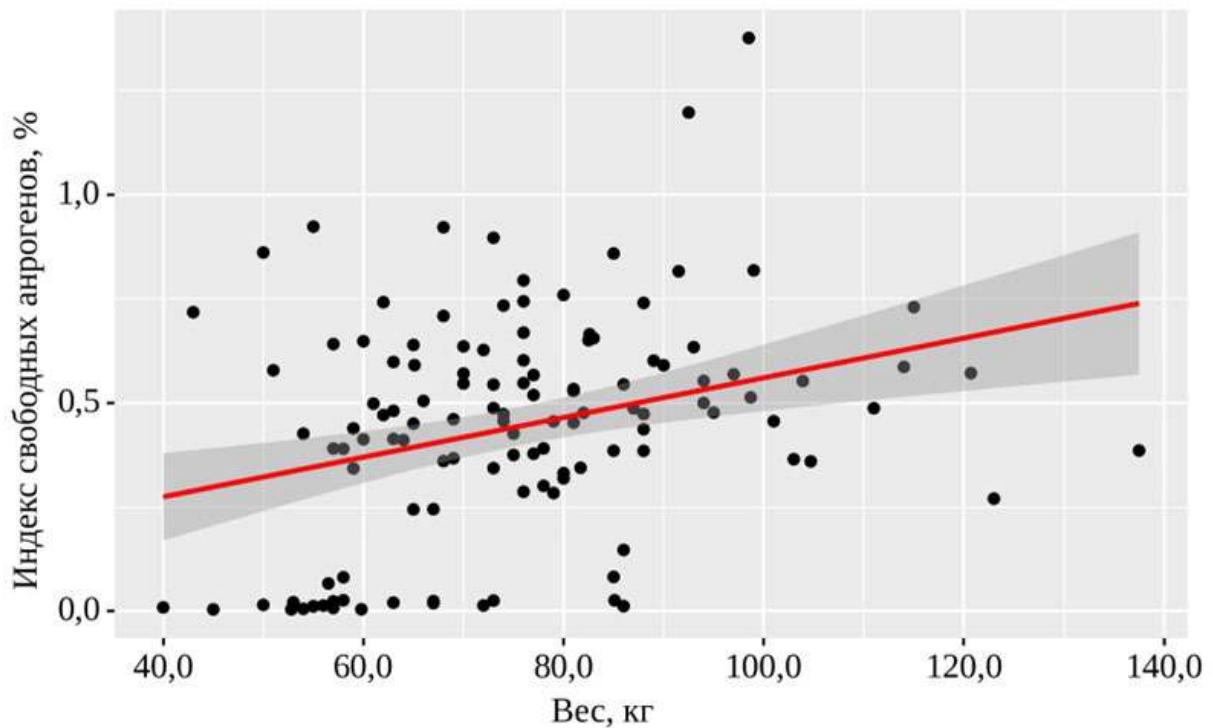


Рисунок 20 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость индекса свободных андрогенов от веса спортсменов-паралимпийцев

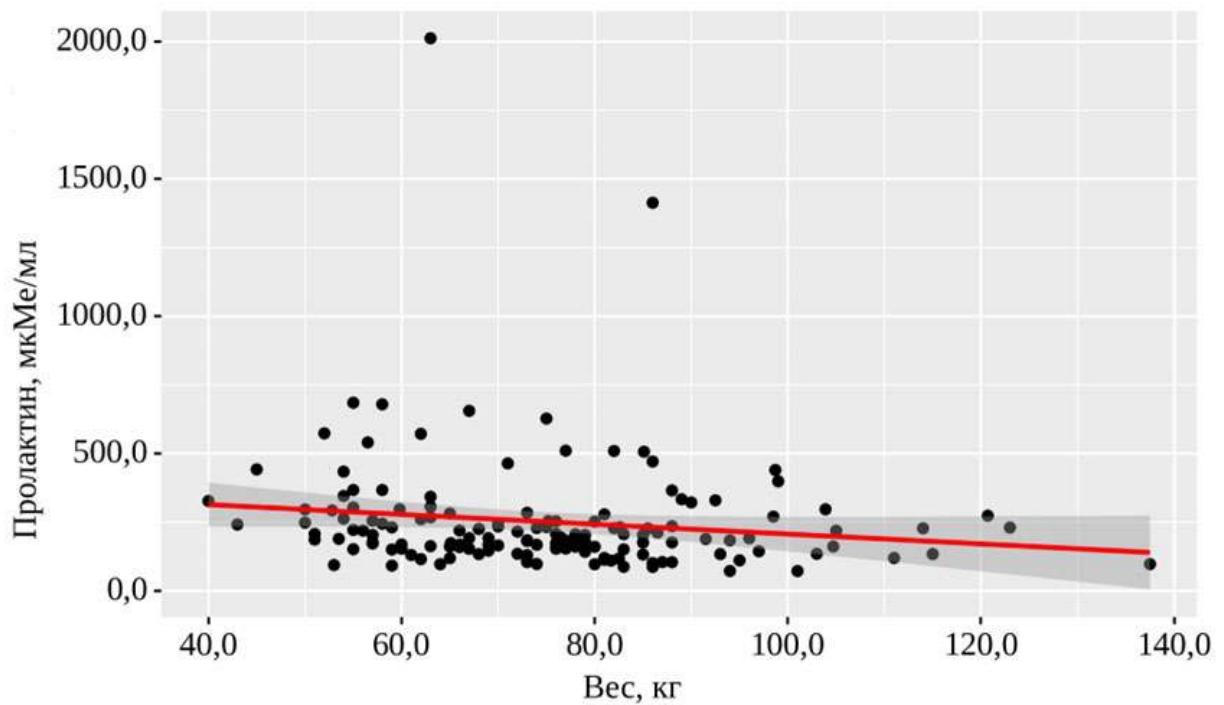


Рисунок 21 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость пролактина от веса спортсменов-паралимпийцев

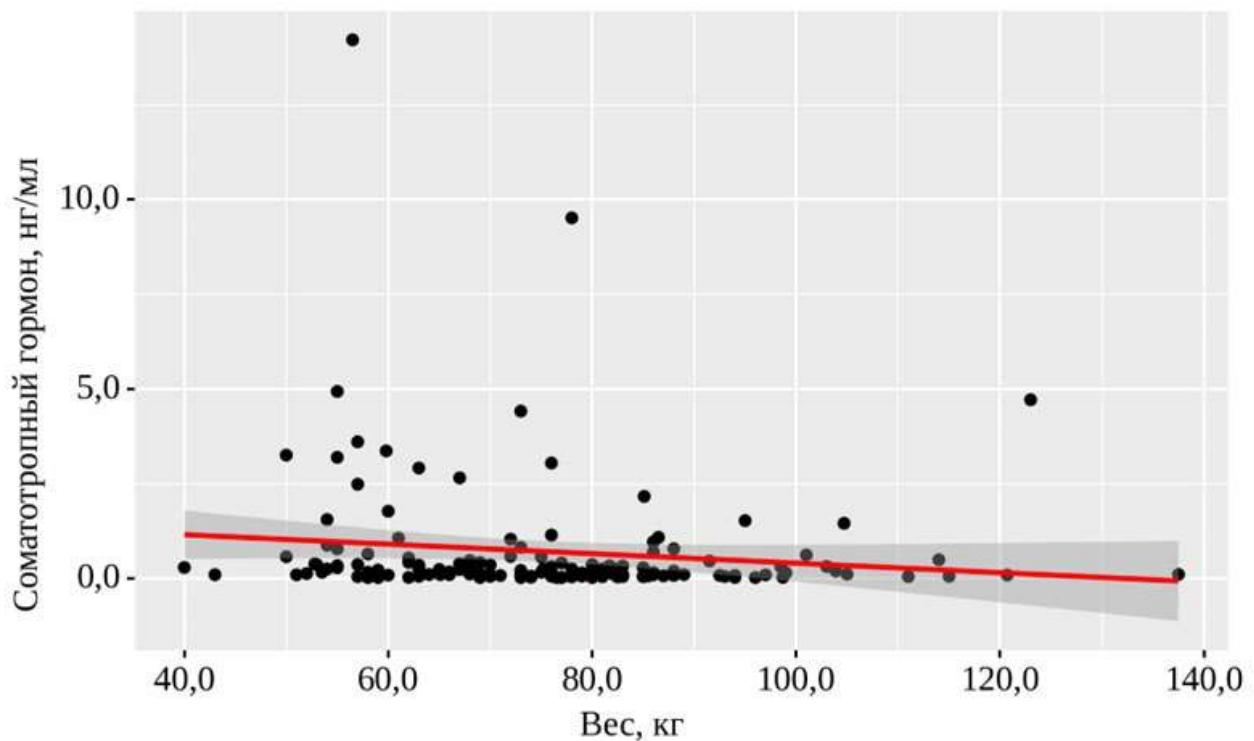


Рисунок 22 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость соматотропного гормона от веса спортсменов-паралимпийцев

При проведении корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и ППТ спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей была установлена прямая связь слабой тесноты по показателям Т4 ( $\rho=0,207$ ,  $p=0,021$ ), биодоступного ( $\rho=0,238$ ,  $p=0,005$ ) и свободного ИСА ( $\rho=0,338$ ,  $p<0,001$ ). Отмечена отрицательная связь слабой тесноты по показателям ТТГ ( $\rho=-0,168$ ,  $p=0,047$ ) и пролактина ( $\rho=-0,223$ ,  $p=0,005$ ); отрицательная связь умеренной тесноты по показателям ГСПГ ( $\rho=-0,436$ ,  $p<0,001$ ). По показателям общего тестостерона и кортизола связь была слабой, но статистически не значимой,  $p>0,05$  (таблица 6).

Таблица 6 – Результаты корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и ППТ спортсменов-паралимпийцев

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	$\rho / r_{xy}$	Теснота связи по шкале Чеддока	$p$
Т4, ммоль/л	0,207	Слабая	0,021*
ТТГ, мкМе/мл	-0,168	Слабая	0,047*
Биодоступный тестостерон, нг/мл	0,238	Слабая	0,005*
Свободный тестостерон, нг/мл	0,186	Слабая	0,027*
Тестостерон общ, нг/мл	0,148	Слабая	0,075
ГСПГ, нмоль/л	-0,436	Умеренная	<0,001*
ИСА, %	0,338	Умеренная	<0,001*
Кортизол, нмоль/л	-0,137	Слабая	0,100
Пролактин, мкМе/мл	-0,233	Слабая	0,005*
СТГ, нг/мл	-0,232	Слабая	0,006*

\*Разница в показателях статистически значима,  $p < 0,05$

Наблюдаемая зависимость уровней представленных гормонов от веса спортсменов описывается уравнениями парной линейной регрессии:

$$Y_{T4, \text{ммоль/л}} = 1,548 \times X_{\text{ППТ, м}^2} + 13,806$$

$$Y_{\text{ТТГ, мкМе/мл}} = -0,915 \times X_{\text{ППТ, м}^2} + 3,902$$

$$Y_{\text{Биодоступный тестостерон, нг/мл}} = 1,233 \times X_{\text{ППТ, м}^2} - 0,626$$

$$Y_{\text{Своб. Тестостерон, нг/мл}} = 0,046 \times X_{\text{ППТ, м}^2} - 0,012$$

$$Y_{\text{ГСПГ, нмоль/л}} = -44,299 \times X_{\text{ППТ, м}^2} + 127,375$$

$$Y_{\text{Индекс свободных андрогенов, \%}} = 0,404 \times X_{\text{ППТ, м}^2} - 0,326$$

$$Y_{\text{Пролактин, мкМе/мл}} = -142,914 \times X_{\text{ППТ, м}^2} + 523,943$$

$$Y_{\text{Соматотропный гормон, нг/мл}} = -1,117 \times X_{\text{ППТ, м}^2} + 2,853$$

Таким образом, при увеличении ППТ на  $1 \text{ м}^2$  следует ожидать увеличение уровней Т4 на 1,548 ммоль/л, биодоступного тестостерона на 1,233 нг/мл, свободного тестостерона на 0,046 нг/мл, ИСА на 0,404%; уменьшение уровней ГСПГ на 44,299 нмоль/л, пролактина на 142,914 мкМе/мл, СТГ на 1,117 нг/мл, ТТГ на 0,915 мкМе/мл. Графики регрессионной функции, характеризующие зависимость уровней гормонов от ППТ спортсменов, представлены на рисунках 23-30.

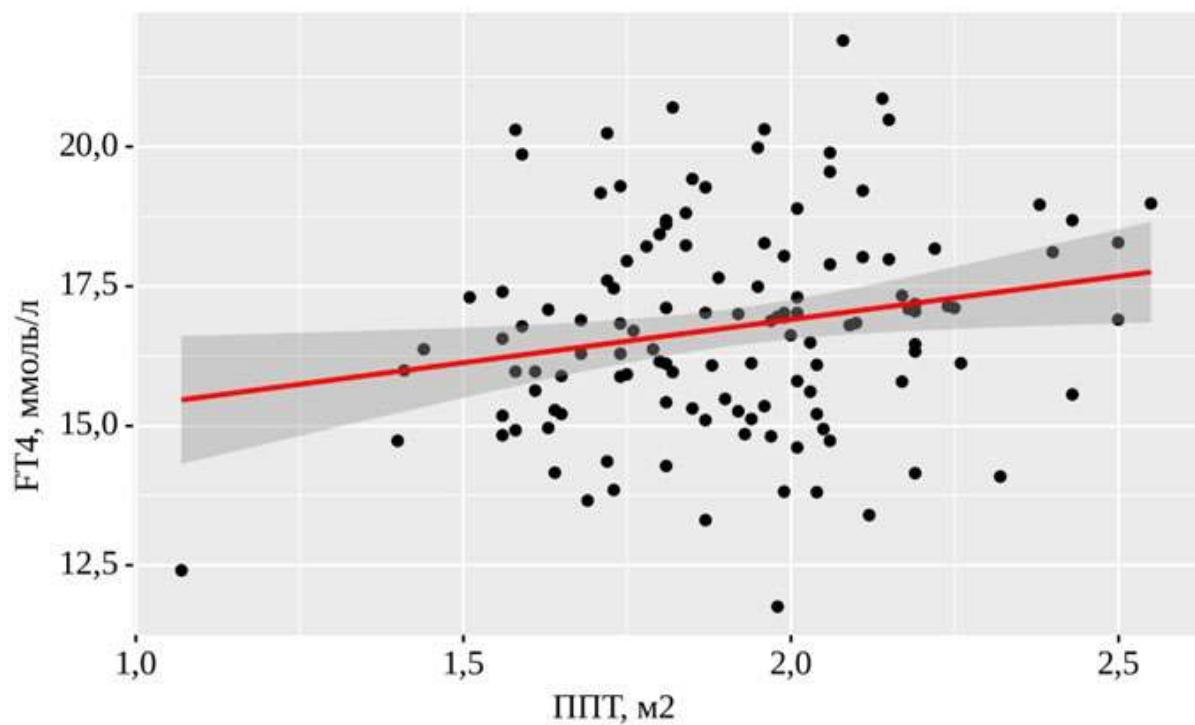


Рисунок 23 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость T4 от ППТ спортсменов-паралимпийцев

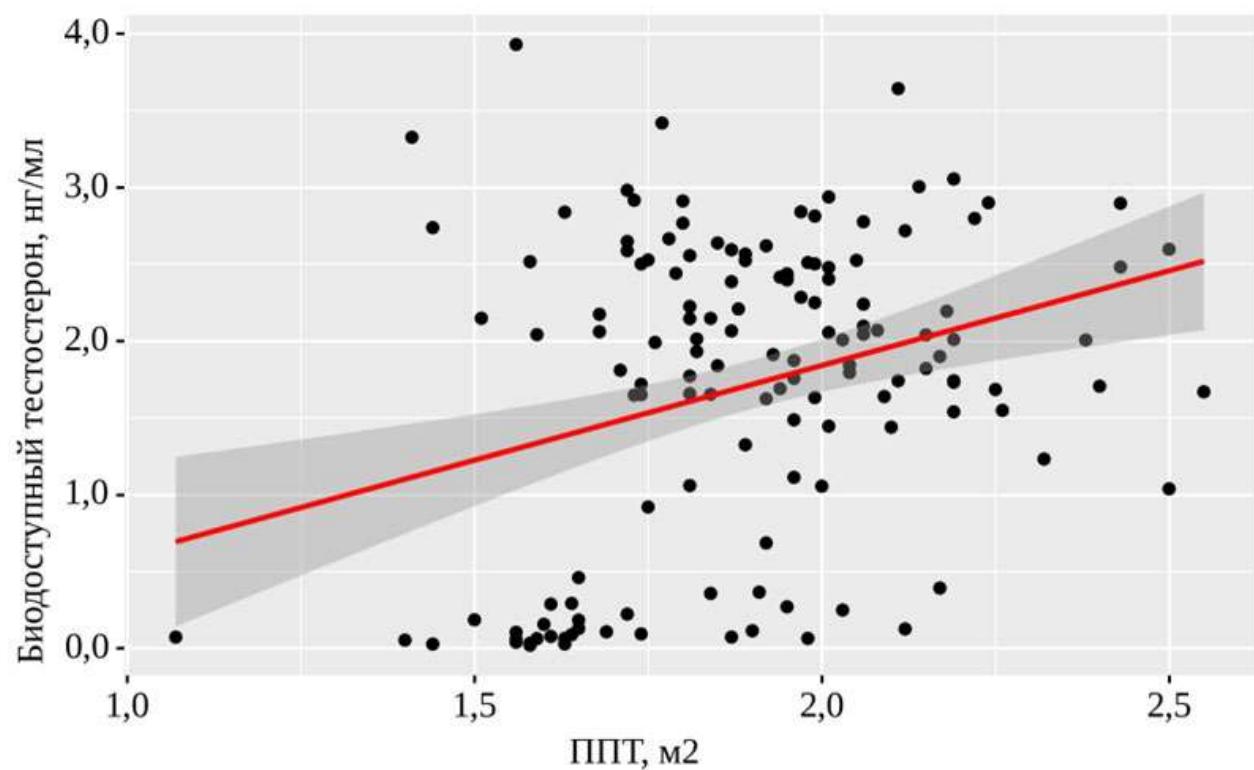


Рисунок 24 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость биодоступного тестостерона от ППТ спортсменов-паралимпийцев

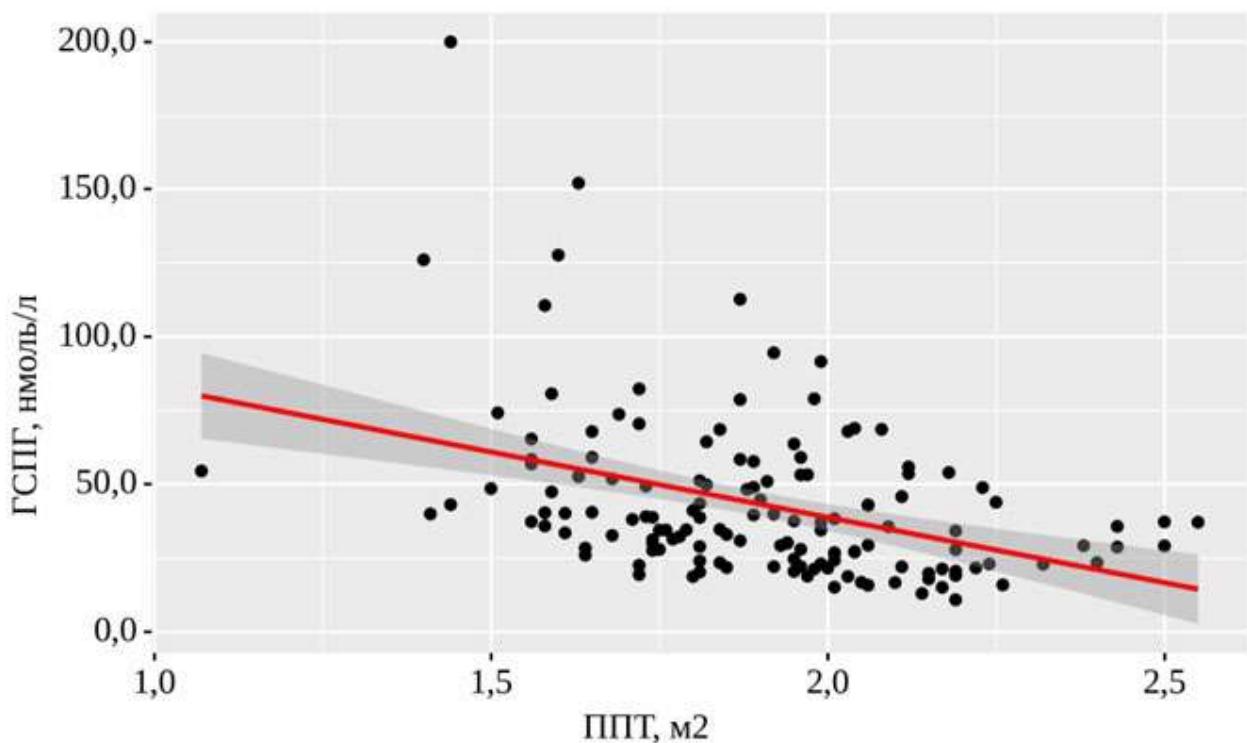


Рисунок 25 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость ГСПГ от ППТ спортсменов-паралимпийцев

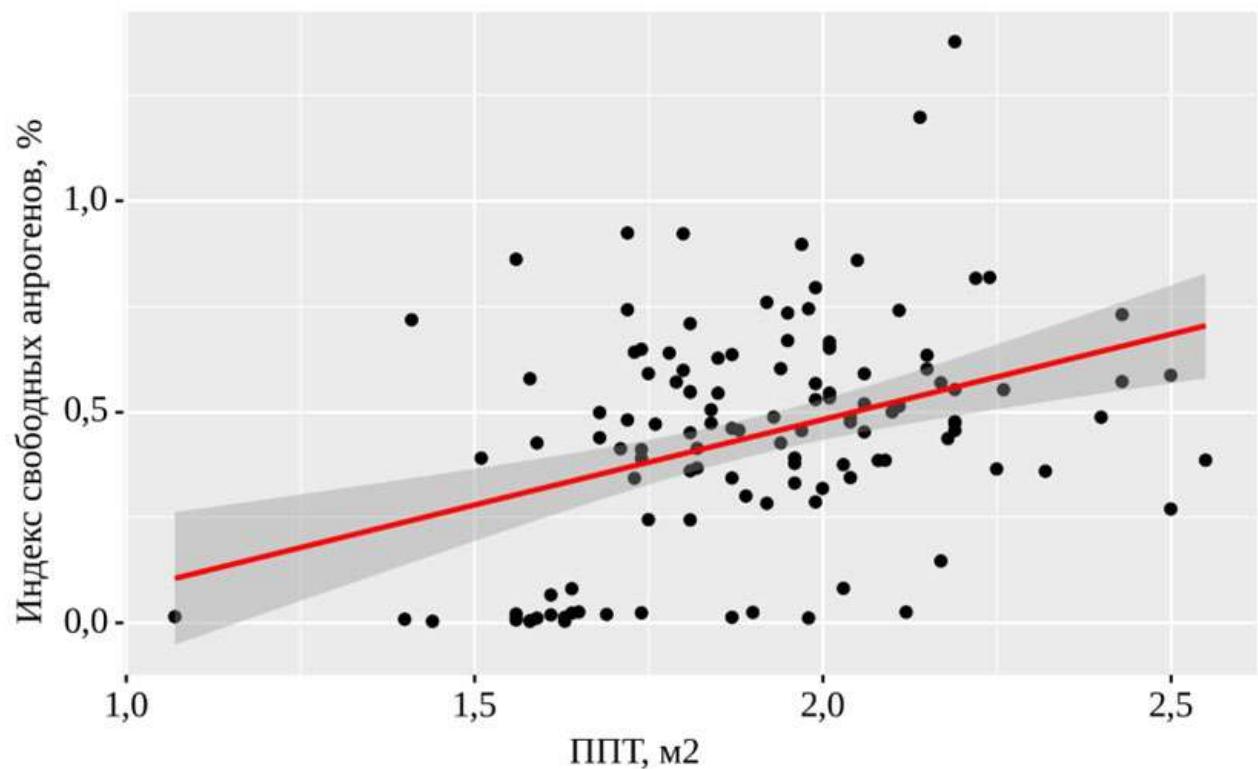


Рисунок 26 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость индекса свободных андрогенов от ППТ спортсменов-паралимпийцев

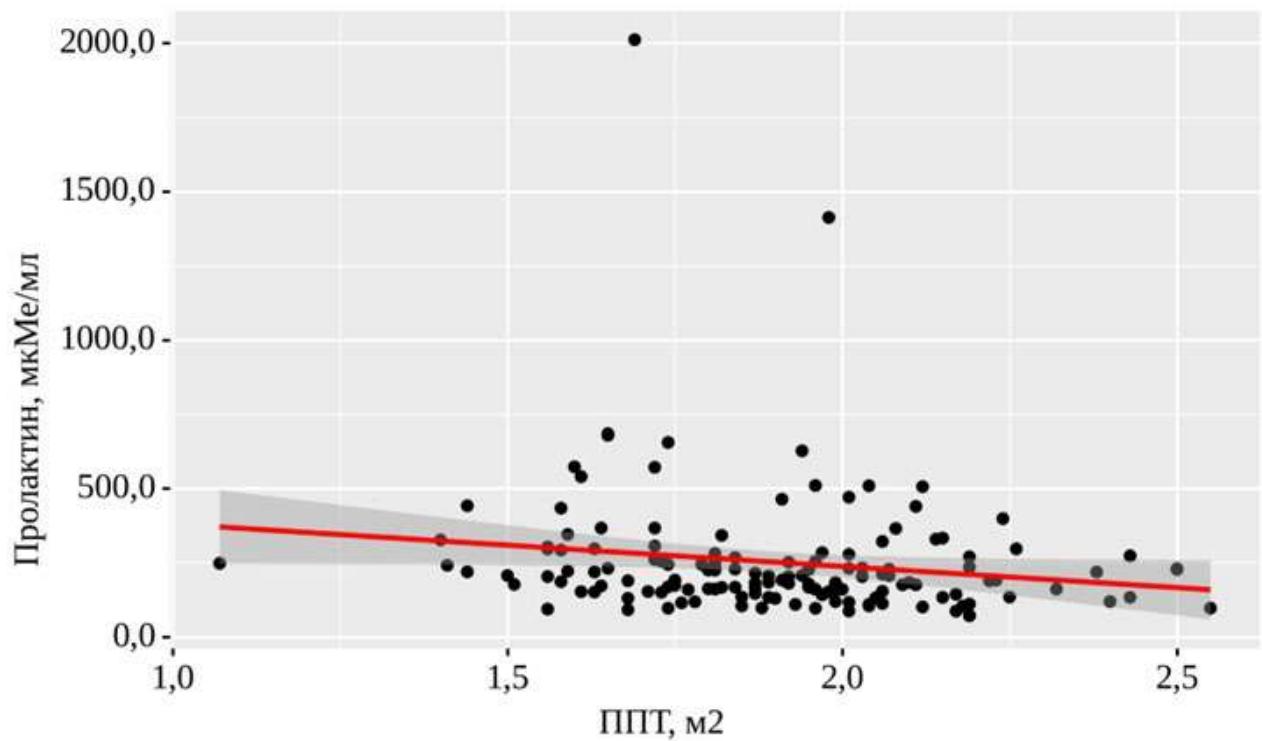


Рисунок 27 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость пролактина от ППТ спортсменов-паралимпийцев

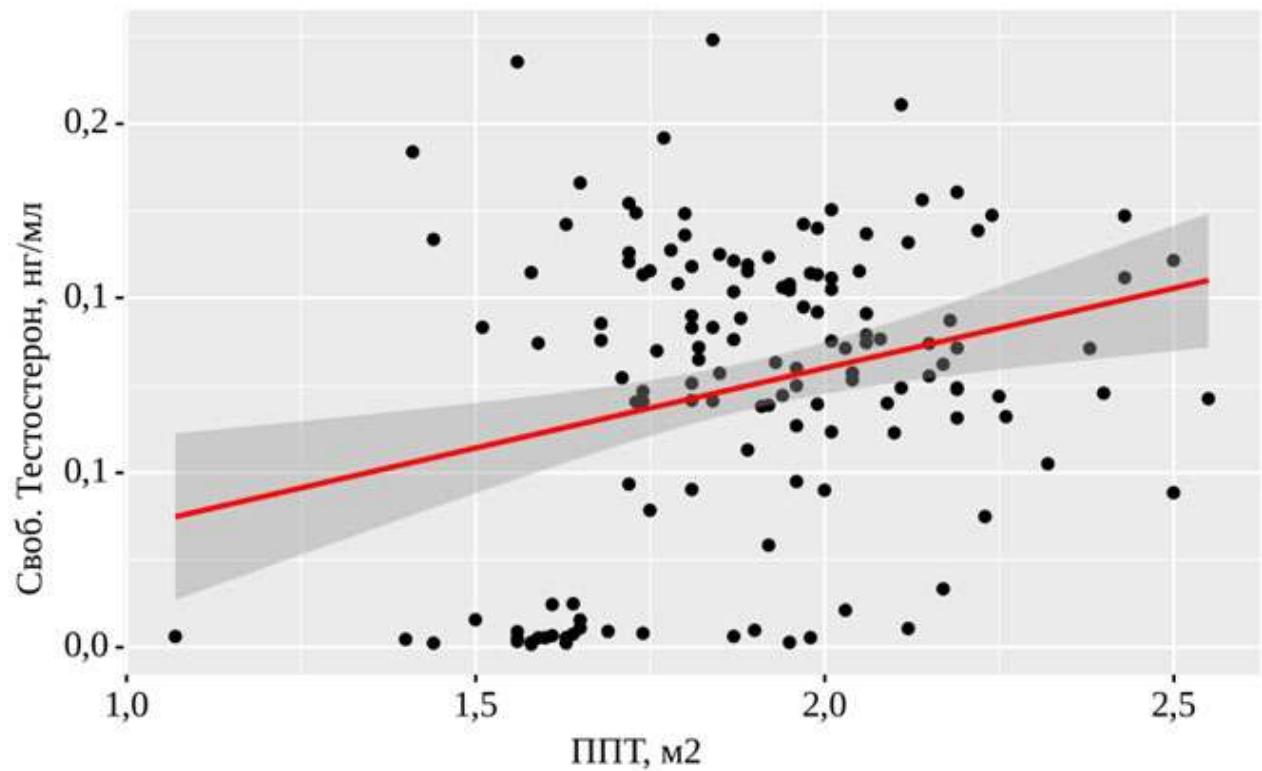


Рисунок 28 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость свободного тестостерона от ППТ спортсменов-паралимпийцев

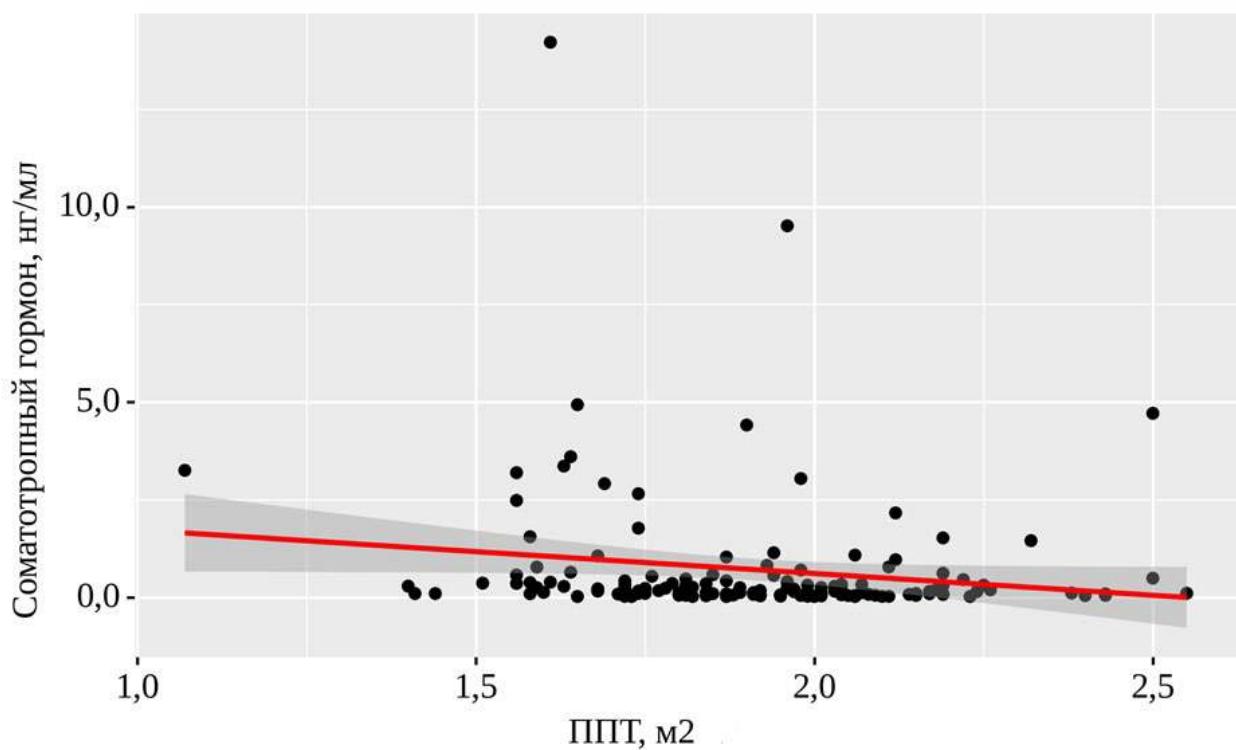


Рисунок 29 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость соматотропного гормона от ППТ спортсменов-паралимпийцев

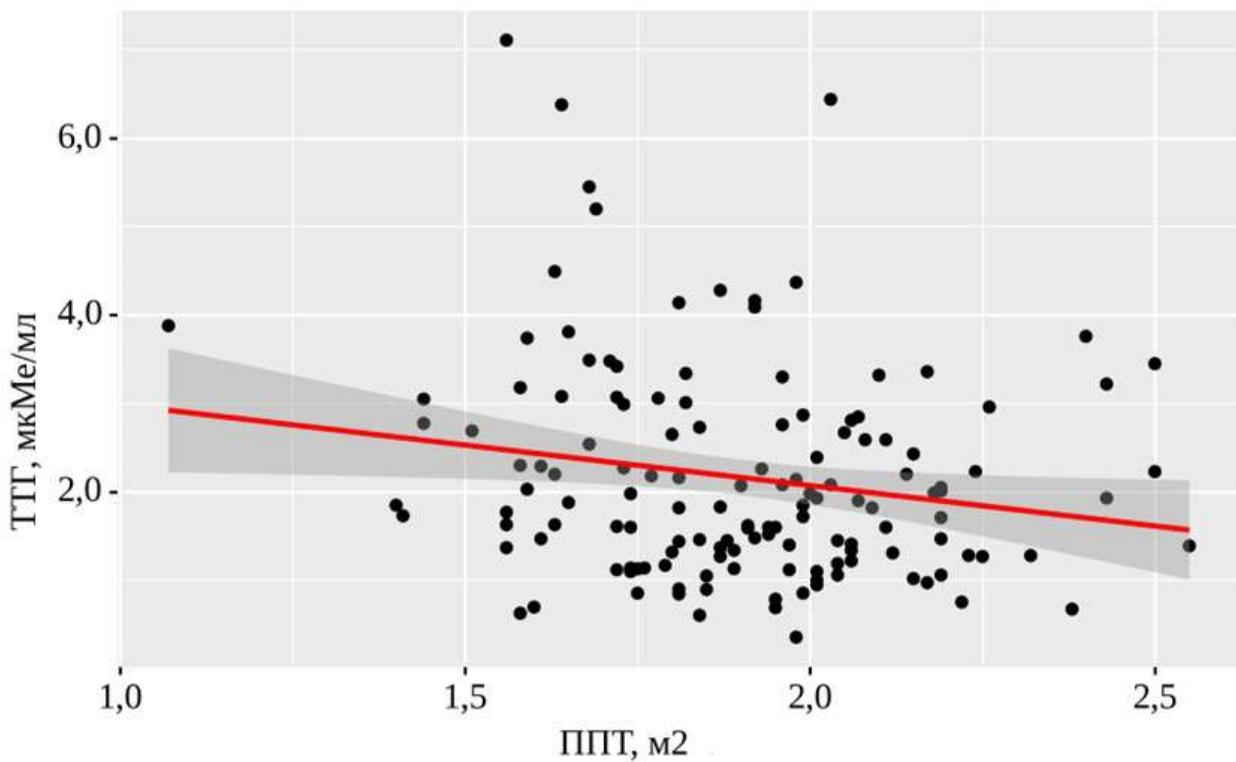


Рисунок 30 – График регрессионной функции, характеризующий зависимость ТТГ от ППТ спортсменов-паралимпийцев

Таким образом было отмечено, что более высокие уровни Т4 имели мужчины с травматическими ампутациями нижних конечностей. При увеличении возраста спортсменов снижались уровни ИСА и пролактина, у высоких спортсменов отмечается значимо более высокие уровни Т4, свободного, биодоступного и общего тестостерона, ИСА и значимо более низкие уровни ГСПГ и пролактина по сравнению со спортсменами невысокого роста. При увеличении веса спортсменов отмечается рост Т4, биодоступного тестостерона и ИСА и снижение концентраций пролактина, СТГ и ГСПГ. При увеличении ППТ отмечали повышение концентраций Т4, биодоступного и свободного тестостерона, ИСА и снижение ТТГ, пролактина и ГСПГ.

## ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ АМПУТАЦИИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ НА ГОРМОНАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ НА СПЕЦИАЛЬНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ГОДИЧНОГО ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦИКЛА

Среди 150 испытуемых с травматическими ампутациями нижних конечностей 13 (8,7%) спортсменов имели травму на уровне нижней трети голени, 18 (12,0%) – на уровне средней трети голени, 26 (17,3%) – верхней трети голени; 12 (8,0%) – нижней трети бедра, 26 (17,3%) – средней трети бедра, 30 (20,0%) – верхней трети бедра. Двустороннюю ампутацию на уровне голеней имели 13 (8,7%) спортсменов, двустороннюю ампутацию на уровне бедер – 12 (8,0%) спортсменов (рисунок 31).



Рисунок 31 – Распределение спортсменов на группы по уровню травматической ампутации

При межгрупповом сравнении спортсменов с ампутациями на разном уровне были определены статистически значимые различия по уровням T4 ( $p=0,019$ ) и пролактина ( $p=0,013$ ). По уровням биодоступного ( $p=0,461$ ), свободного ( $p=0,539$ ) и общего ( $p=0,216$ ) тестостерона, ТТГ ( $p=0,834$ ), ГСПГ ( $p=0,344$ ), ИСА ( $p=0,686$ ), кортизола ( $p=0,277$ ) и СТГ ( $p=0,271$ ) статистически значимых отличий не было обнаружено (таблица 7).

Наиболее низкие показатели T4 были в группах с двусторонними ампутациями на уровне бедер ( $15,56\pm2,62$  ммоль/л) и односторонней ампутацией на уровне нижней трети бедра ( $15,56\pm0,75$  ммоль/л), наиболее высокие – у спортсменов с односторонней ампутацией на уровне верхней трети голени ( $17,68\pm2,11$  ммоль/л). Графическое представление полученных данных представлено на рисунке 32.

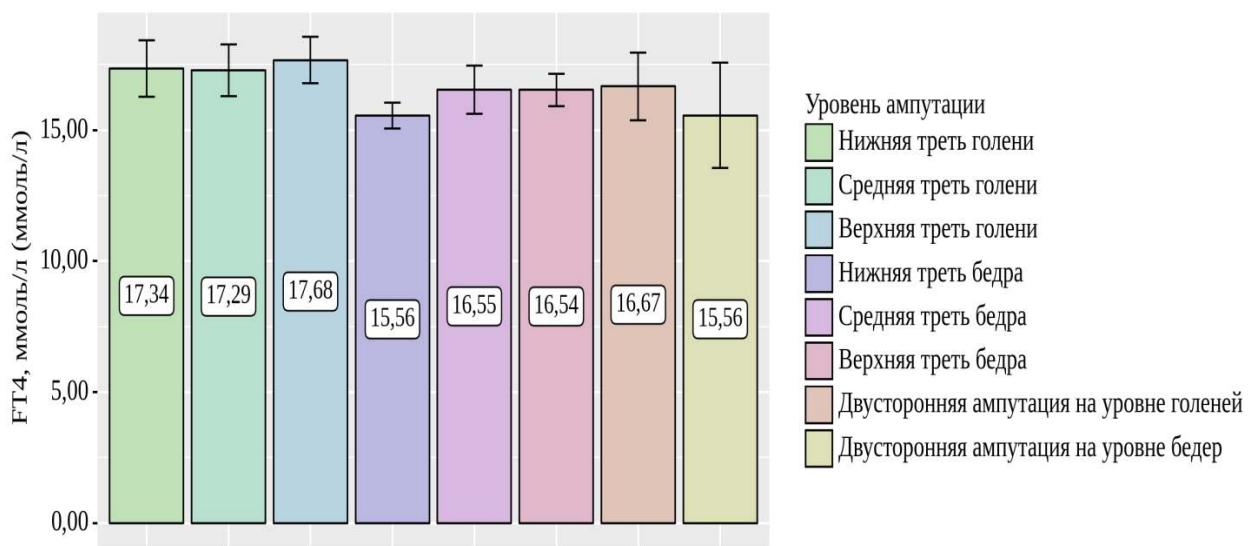


Рисунок 32 – Показатели T4 (ммоль/л) в зависимости от уровня травматической ампутации

Таблица 7 – Сравнение показателей гормонального профиля спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей на разном уровне

Показатель	Уровень ампутации				p
	Нижняя треть бедра 0,037	Средняя треть бедра 0,461	Верхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,034	Поверхняя треть голени – Верхняя треть голени = 0,024	
T4, мкМе/мл (M±SD)	17,34±1,61	17,29±1,64	17,68±2,11	15,56±0,75	16,55±2,04 16,54±1,58 16,67±1,54 15,56±2,62 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
ТТГ, мкМе/мл (Me)	1,82	2,20	1,88	2,08	1,60 1,85 1,60 2,48 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
Биодоступный тестостерон, нг/мл (Me)	2,15	2,06	2,03	0,29	1,55 2,00 1,72 1,71 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
Своб. Тестостерон, нг/мл (Me)	0,09	0,09	0,09	0,01	0,07 0,09 0,07 0,07 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
Тестостерон общ, нг/мл (Me)	4,62	4,45	4,63	1,01	3,72 4,53 4,49 3,28 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
ГСПГ, нмоль/л (Me)	34,67	37,54	34,94	28,34	50,34 35,77 48,52 29,59 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
ИСА, % (Me)	0,50	0,46	0,53	0,08	0,43 0,47 0,39 0,50 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
Кортизол, нмоль/л (Me)	335,70	355,95	327,60	329,50	358,30 364,25 450,90 456,40 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
Пролактин, мкМе/мл (Me)	161,80	163,65	165,05	215,00	224,75 234,20 176,90 232,20 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037
СТГ, нг/мл (Me)	0,30	0,12	0,13	0,44	0,33 0,16 0,21 0,14 рВерхняя треть голени – Нижняя треть бедра = 0,037

\*Разница в показателях статистически значима,  $p < 0,05$

При оценке уровня пролактина была выявлена статистически достоверная разница согласно уровню травматической ампутации нижней конечности ( $p=0,013$ ), причем, уровень пролактина был минимальным у спортсменов с ампутацией в области нижней трети голени (медиана 161,80 мкМе/мл), а далее постепенно повышался прямо пропорционально высоте ампутации (медианы 163,65→165,05→215,00→224,75→234,20 мкМе/мл соответственно). Самая значительная разница ( $p=0,024$ ) была определена между уровнями пролактина спортсменов с ампутацией на уровне верхней трети голени (медиана 165,05 мкМе/мл) и спортсменов с ампутациями на уровне нижней трети бедра (медиана 215,00 мкМе/мл). Медианы уровня пролактина у спортсменов с двусторонними ампутациями на уровне голеней и на уровне бедер составили 176,90 и 232,20 мкМе/мл соответственно. Графическое представление полученных данных представлено на рисунке 33.

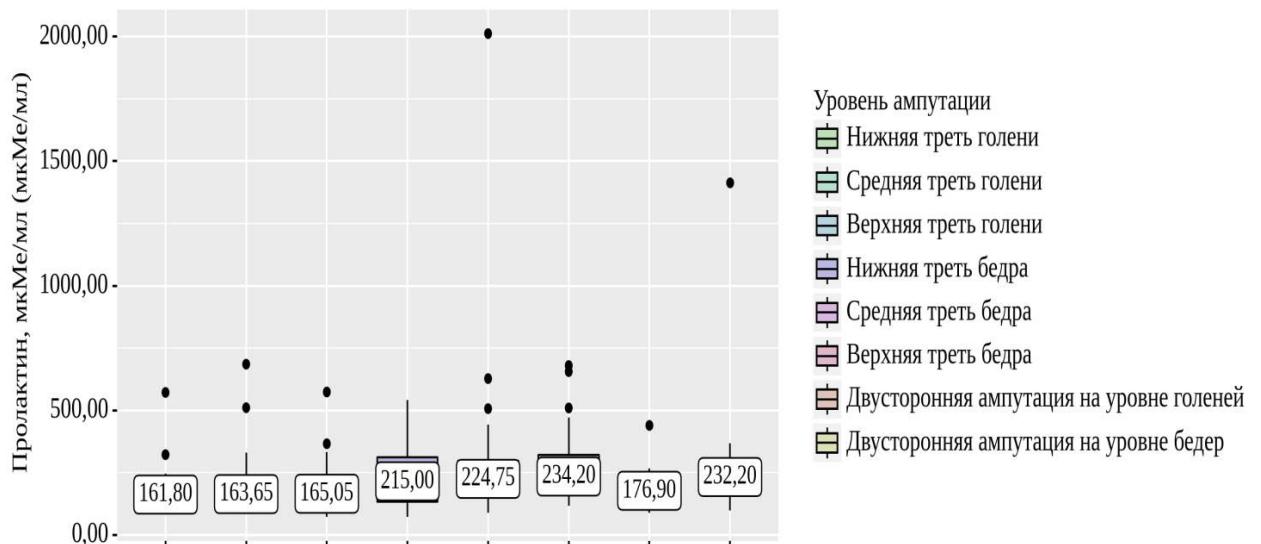


Рисунок 33 – Показатели пролактина (мкМе/мл) в зависимости от уровня травматической ампутации

Для удобства интерпретации результатов был проведен сравнительный анализ концентраций пролактина у спортсменов с ампутациями на разном уровне, отдельно по односторонним и двусторонним ампутациям (таблица 8).

Таблица 8 – Сравнение концентрации пролактина у спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей на разном уровне

Уровень ампутации	Пролактин (мкМе/мл)		p
	Ме	Q <sub>1</sub> – Q <sub>3</sub>	
Односторонние ампутации			
Бедро	227,40	172,50 – 297,50	0,004*
Голень	163,00	134,60 – 232,45	
Двусторонние ампутации			
Оба бедра	244,50	189,25 – 262,00	0,364
Обе голени	176,90	172,30 – 222,10	

\*Разница в показателях статистически значима, p<0,05

Выявлено, что у спортсменов-паралимпийцев с односторонними ампутациями уровень пролактина был статистически значимо выше при потере конечности на уровне бедра (163,00 и 227,40 мкМе/мл соответственно, p=0,004), при сравнении концентраций гормона у спортсменов с двусторонними ампутациями на уровне обеих голеней и обоих бедер статистически достоверных отличий не было обнаружено (p=0,364).

Таким образом, при межгрупповом сравнении спортсменов с ампутациями на разном уровне были определены статистически значимые различия по уровням Т4 и пролактина. Наиболее низкие показатели Т4 были в группах с двусторонними ампутациями на уровне бедер и односторонней ампутацией на уровне нижней трети бедра, наиболее высокие – у спортсменов с односторонней ампутацией на уровне верхней трети голени. Концентрации пролактина были минимальными у спортсменов с ампутацией в области нижней трети голени, а далее постепенно повышались прямо пропорционально высоте ампутации. Самая значительная разница была определена между уровнями пролактина спортсменов с ампутацией на уровне верхней трети голени и спортсменов с ампутациями на уровне нижней трети бедра.

По-видимому, повышенные концентрации тироксина и пролактина у лиц с высоким уровнем ампутации конечностей являются физиологическим ответом на более выраженный стресс, что ранее было доказано в исследованиях

на моделях животных.

В связи с тем, что на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла спортсмены-паралимпийцы показывают свой пик физической готовности к соревновательной деятельности, целесообразно использовать их данные лабораторных исследований, в том числе гормональный профиль, как показатель адекватного функционального состояния при оценке спортсменов в других периодах подготовки, а также других лиц с ампутированными конечностями (военнослужащих).

**ГЛАВА 5. СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРМОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ  
СПОРТСМЕНОВ-ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ТРАВМАТИЧЕСКИМИ  
АМПУТАЦИЯМИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ  
СПОРТСМЕНОВ-ОЛИМПИЙЦЕВ НА СПЕЦИАЛЬНО-  
ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ГОДИЧНОГО ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦИКЛА  
И С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПАЦИЕНТОВ, ГОСПИТАЛИЗИРОВАННЫХ В  
ЦЕНТР КОМБИНИРОВАННЫХ ПОРАЖЕНИЙ ПО ПОВОДУ УТРАТЫ  
НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ**

На втором этапе настоящей работы были проанализированы данные лабораторных исследований 78 спортсменов мужского пола, из них 31 спортсмен-олимпиец и 47 спортсменов-паралимпийцев. Группы спортсменов были сопоставимы по возрасту и ИМТ,  $p>0,05$  для обоих показателей (таблица 9).

Таблица 9 – Сопоставимость групп спортсменов-олимпийцев и паралимпийцев по возрасту и индексу массы тела ( $M\pm SD$ ,  $Me$ )

Показатель	Группа				$p$	
	Олимпийцы (n=31)		Паралимпийцы (n=47)			
	$M\pm SD/Me$	95% ДИ / $Q_1 - Q_3$	$M\pm SD/Me$	95% ДИ / $Q_1 - Q_3$		
Возраст, лет	26,23±4,18	24,69 – 27,76	28,11±4,51	26,78 – 29,43	0,068	
ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$	23,70	22,05 – 25,80	23,87	21,84 – 27,16	0,557	

Средний возраст спортсменов-олимпийцев составил  $26,23\pm4,18$ , паралимпийцев –  $28,11\pm4,51$  лет. Медиана ИМТ олимпийцев составила  $23,7 \text{ кг}/\text{м}^2$ , спортсменов с ампутациями –  $23,87 \text{ кг}/\text{м}^2$ . Обе группы составили спортсмены из скоростно-силовых видов спорта. Среди олимпийцев было 14 спортсменов из академической гребли (45%), остальные – спортсмены-легкоатлеты (бег – 9 чел., 29%; прыжки в длину – 3 чел., 9,7%; метания – 5 чел., 16,1%). Среди паралимпийцев было 13 спортсменов из академической гребли (27,7%), остальные – спортсмены-легкоатлеты (бег – 21 чел., 44,7%; прыжки в длину – 2 чел., 4,3%; метания – 11 чел., 23,4%). Графическое представление

распределения спортсменов по видам спорта и спортивным дисциплинам представлено на рисунках 34 и 35.

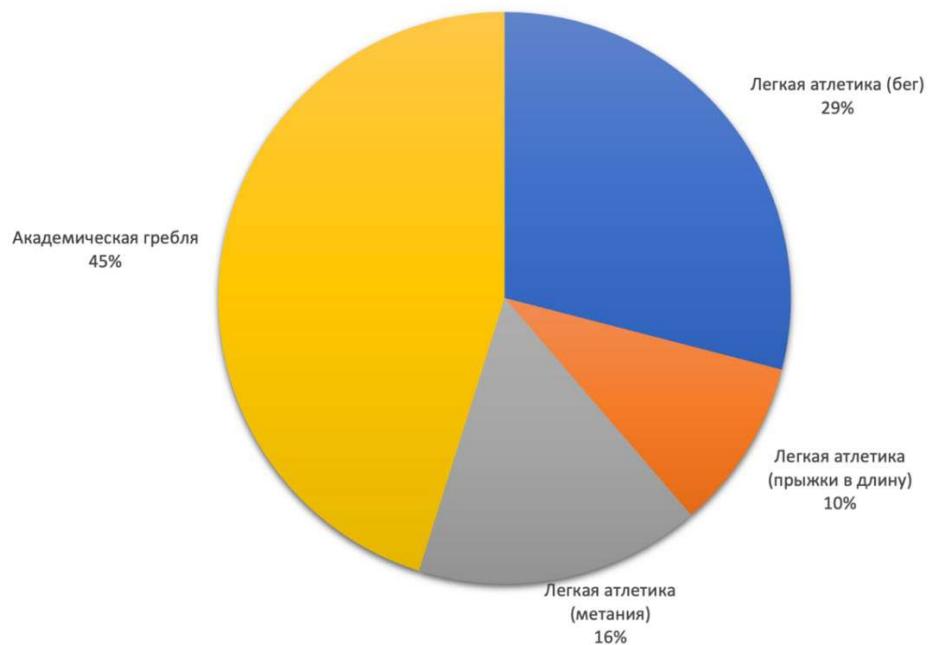


Рисунок 34 – Распределение спортсменов-олимпийцев по видам спорта и спортивным дисциплинам

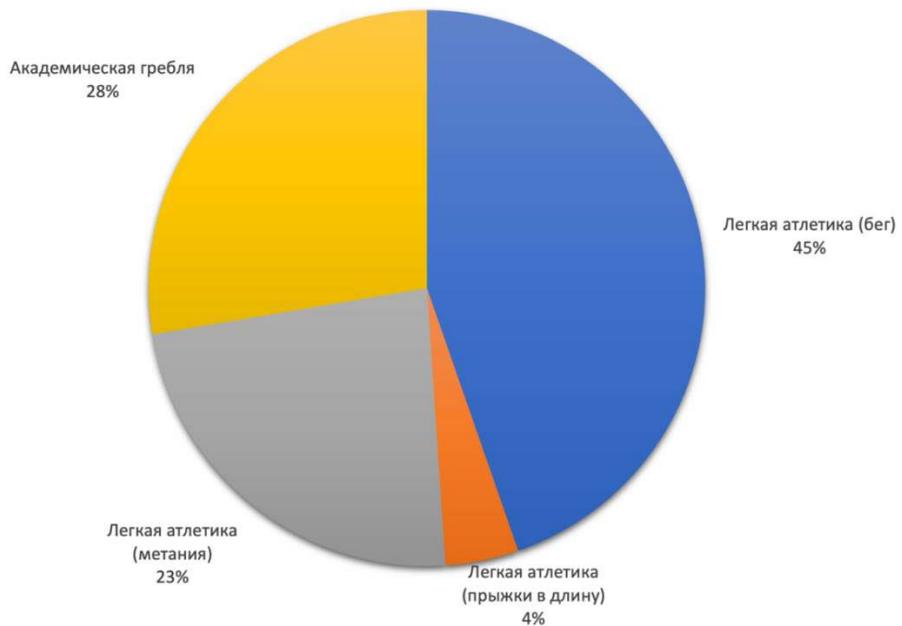


Рисунок 35 – Распределение спортсменов-паралимпийцев по видам спорта и спортивным дисциплинам

Было проведено сравнение групп спортсменов-олимпийцев и паралимпийцев по показателям гормонального профиля на предсоревновательном этапе годичного тренировочного цикла (T4, ТТГ, общий тестостерон, кортизол, пролактин и СТГ) – таблица 10. Статистически достоверной разницы не было обнаружено по показателям ТТГ ( $p=0,223$ ) и кортизола ( $p=0,289$ ). Уровень T4 статистически значимо выше был у спортсменов-паралимпийцев ( $p<0,001$ ), его медиана составила 17,09 пмоль/л, тогда как у олимпийцев этот показатель составил 12,85 пмоль/л. Аналогичным образом у паралимпийцев был выше уровень пролактина (186,9 против 156,00 мкМе/мл,  $p=0,021$ ). Уровень общего тестостерона, наоборот, был ниже, чем у спортсменов-олимпийцев:  $5,10\pm1,97$  и  $6,66\pm3,08$  нг/мл соответственно ( $p=0,016$ ). Уровень СТГ у паралимпийцев был значимо ниже (0,12 против 0,26 нг/мл,  $p=0,002$ ).

Таблица 10 – Сопоставимость групп спортсменов-олимпийцев и паралимпийцев по показателям гормонального профиля на предсоревновательном этапе годичного тренировочного цикла ( $M\pm SD$ , Me)

Показатель	Группа				p	
	Олимпийцы (n=31)		Паралимпийцы (n=47)			
	$M\pm SD/Me$	95% ДИ / $Q_1 - Q_3$	$M\pm SD/Me$	95% ДИ / $Q_1 - Q_3$		
T4, пмоль/л	12,85	12,10 – 13,64	17,09	16,13 – 18,22	<0,001*	
ТТГ, мкМе/мл	1,75	1,40 – 2,46	2,01	1,40 – 2,59	0,223	
Тестостерон общ., нг/мл	$6,66\pm3,08$	5,53 – 7,79	$5,10\pm1,97$	4,52 – 5,68	0,016*	
Кортизол, нмоль/л	$351,15\pm86,56$	319,40 – 382,90	$372,11\pm127,00$	334,83 – 409,40	0,389	
Пролактин, мкМе/мл	156,00	120,00 – 202,00	186,90	147,55 – 283,20	0,021*	
СТГ, нг/мл	0,26	0,10 – 1,10	0,12	0,06 – 0,27	0,002*	

\*Разница в показателях статистически значима,  $p<0,05$

Графическая интерпретация полученных данных представлена на рисунках 36-39.

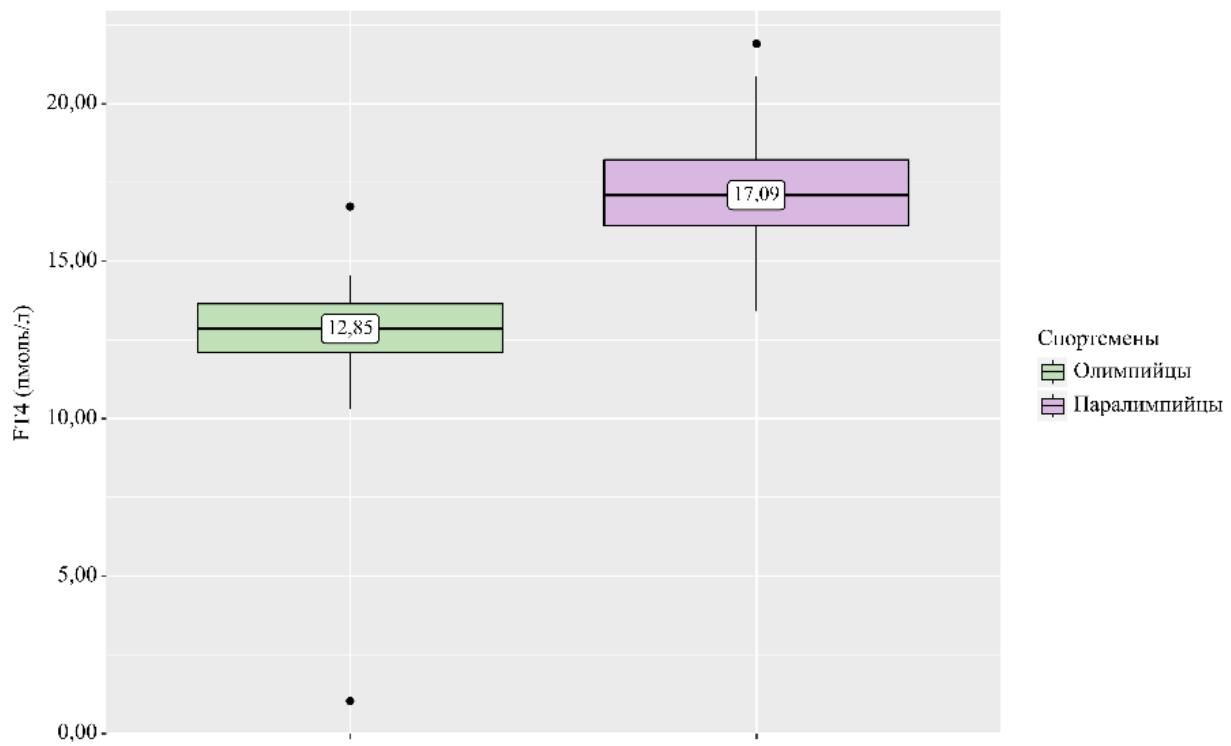


Рисунок 36 – Сравнение олимпийцев и паралимпийцев по уровню Т4

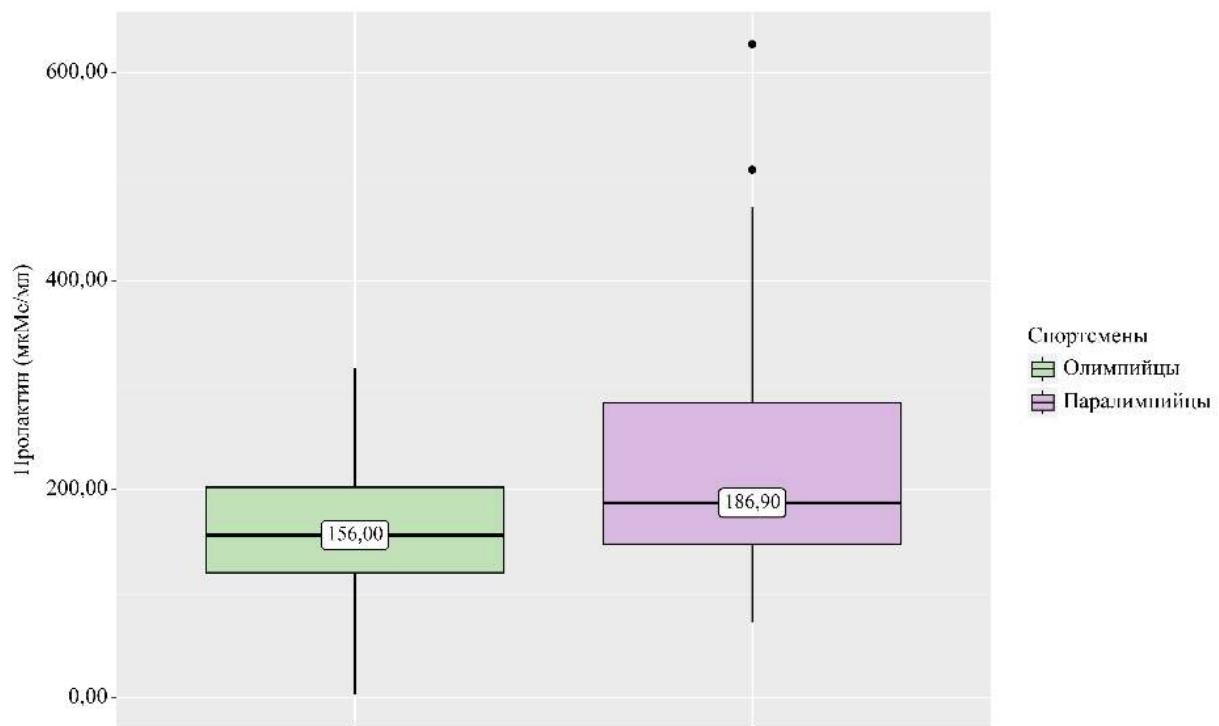


Рисунок 37 – Сравнение олимпийцев и паралимпийцев по уровню пролактина

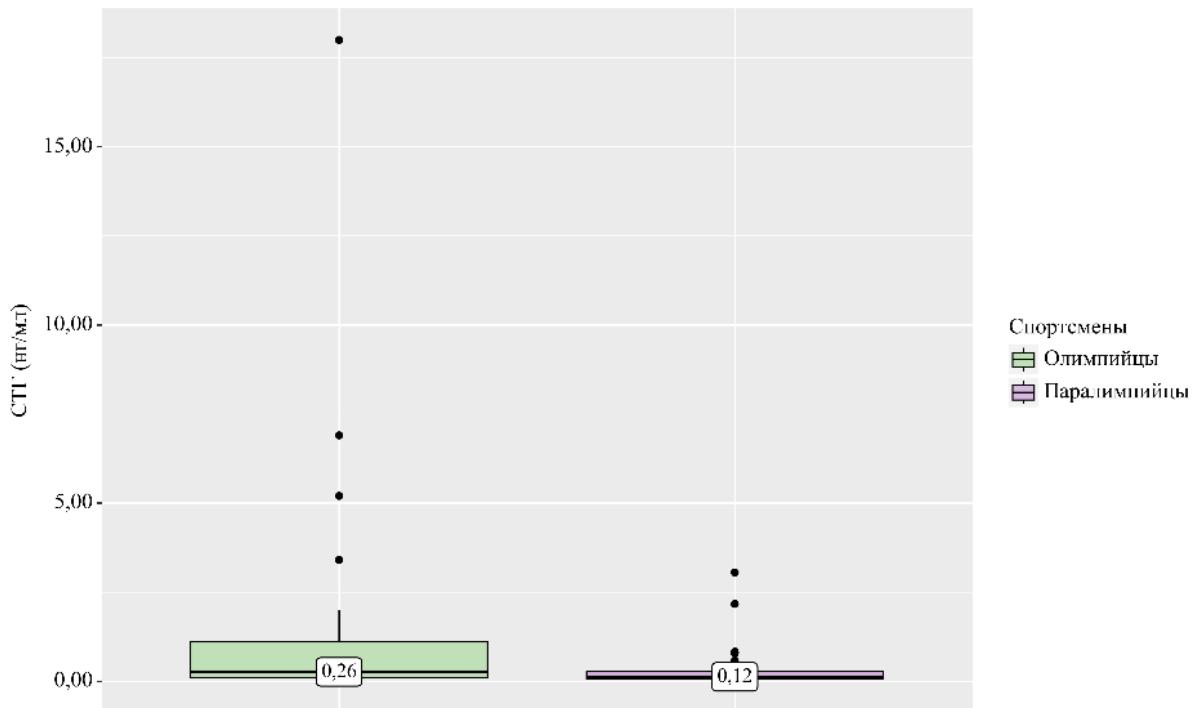


Рисунок 38 – Сравнение олимпийцев и паралимпийцев по уровню соматотропина

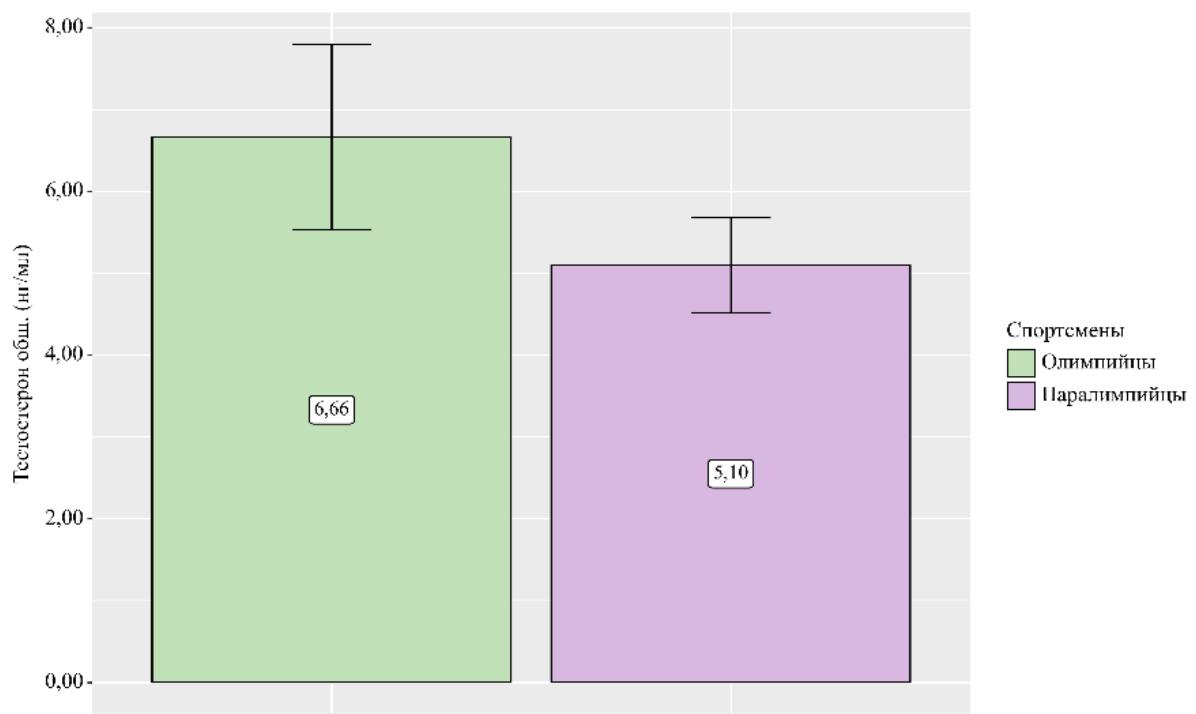


Рисунок 39 – Сравнение олимпийцев и паралимпийцев по уровню общего тестостерона

На третьем этапе диссертационного исследования были проанализированы данные гормонального профиля 19 спортсменов-паралимпийцев и 19 пациентов, госпитализированных в Центр комбинированных поражений ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России по поводу утраты нижней конечности в ходе боевых действий. Испытуемые всех групп были лицами мужского пола, группы были сопоставимы по возрасту ( $p>0,05$ ). Средний возраст спортсменов-паралимпийцев составил  $37,2\pm3,36$  лет, возраст госпитализированных пациентов –  $40,52\pm4,21$  лет.

Было проведено сравнение представленных групп по показателям гормонального профиля (T4, ТТГ, общий тестостерон, кортизол, пролактин и СТГ) – таблица 11.

Таблица 11 – Сопоставимость групп спортсменов-паралимпийцев и пациентов, госпитализированных в Центр комбинированных поражений по поводу утраты нижней конечности, по показателям гормонального профиля ( $M\pm SD$ ,  $Me$ )

Показатель	Группа				p	
	Спортсмены-паралимпийцы (n=19)		Пациенты с ампутациями (n=19)			
	Me	$Q_1 - Q_3$	Me	$Q_1 - Q_3$		
T4, пмоль/л	17,06	16,34 – 18,26	11,19	11,13 – 11,25	0,023*	
ТТГ, мкМе/мл	2,03	1,28 – 2,80	2,29	2,11 – 2,48	0,801	
Тестостерон общ., нг/мл	4,66	3,80 – 5,67	5,00	4,67 – 5,33	0,801	
Кортизол, нмоль/л	336,20	230,68 – 447,70	335,55	264,43 – 406,68	0,705	
Пролактин, мкМе/мл	143,40	122,55 – 214,88	407,23	353,19 – 461,28	0,044*	
СТГ, нг/мл	0,14	0,08 – 0,40	0,15	0,13 – 0,16	1,000	

\*Разница в показателях статистически значима,  $p<0,05$

Статистически достоверной разницы не было обнаружено по показателям ТТГ ( $p=0,801$ ), общего тестостерона ( $p=0,801$ ), кортизола ( $p=0,705$ ) и соматотропного гормона ( $p=1,000$ ). Уровень T4 статистически значимо выше был у спортсменов-паралимпийцев ( $p=0,023$ ), его медиана составила

17,06 пмоль/л, тогда как у госпитализированных пациентов этот показатель составил 11,19 пмоль/л. Уровень пролактина был значительно выше у госпитализированных пациентов (407,23 против 143,40 мкМе/мл,  $p=0,044$ ).

Таким образом, было установлено, что уровень T4 статистически значимо выше был у спортсменов-паралимпийцев, аналогичным образом у них был выше уровень пролактина. Концентрации соматотропного гормона и общего тестостерона по сравнению со спортсменами-олимпийцами, наоборот, были ниже. Как было сказано ранее в главе 4, более высокие уровни тироксина и пролактина у паралимпийцев могут быть обоснованы реакцией на стресс в виде потери конечности вне зависимости от давности травмы. Снижение уровней соматотропного гормона и общего тестостерона по сравнению с олимпийцами, возможно, связаны с менее интенсивным тренировочным процессом, а также обусловлены наличием коморбидной патологии.

Исходя из того, что анализы обеих групп спортсменов были взяты на специально-подготовительном этапе тренировочного цикла, целесообразным видится дальнейшее изучение гормонального профиля спортсменов-паралимпийцев в аспекте других этапов.

Результаты третьего этапа исследования позволили выявить более высокие концентрации пролактина и более низкие концентрации тироксина у пациентов, госпитализированных по поводу утраты конечности в ходе боевых действий, по сравнению со спортсменами-паралимпийцами. Аналогичным образом повышение концентрации пролактина, по-видимому, является ответом на стресс в виде потери конечности. Снижение уровня тироксина у военнослужащих с ампутациями может быть связано с процессами катаболизма в ранний период после травмы, а также снижением общей интенсивности потребления энергии организмом (в связи с утратой конечности).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире выполняется около 185 000 ампутаций, преимущественно нижних конечностей, большинство из которых связано с последствиями боевых действий. Потеря нижней конечности неизбежно приводит к нарушению функционального состояния организма, включая изменения в уровне гормонов, резкому снижению физической активности и трудоспособности. Исследования показывают, что у лиц с ампутациями нижних конечностей наблюдаются явные физиологические отличия по сравнению с людьми, не потерявшими конечность. Адаптивная физическая культура и паралимпийские виды спорта играют ключевую роль в физической, психологической и социальной реабилитации таких лиц. В свете современных вооруженных конфликтов ожидается рост числа спортсменов с подобными травмами в ближайшем будущем, что подчеркивает важность научных исследований в области их медико-биологического сопровождения. В спортивной медицине все большее внимание уделяется медицинскому обеспечению спортсменов-инвалидов для индивидуализации и повышения эффективности тренировочного процесса, улучшения функционального состояния и достижения высоких спортивных результатов. Тем не менее, лишь немногие исследования касаются психобиологических аспектов у спортсменов с ампутациями и их связи с гормональным статусом. Изучение гормонального профиля паралимпийцев может способствовать разработке эффективных методик оценки их функционального состояния, а также поможет понять причины нарушений в адаптации организма к потере конечности у участников боевых действий.

В связи с этим, целью нашего исследования явилось изучение влияния травматической ампутации нижних конечностей, как внешнего фактора, на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла.

Поставленными задачами были следующие: выявить корреляционную

связь концентраций половых гормонов, гормонов щитовидной железы, соматотропного гормона и кортизола в крови с полом, возрастом и антропометрическими характеристиками спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла; определить влияние уровня травматической ампутации нижних конечностей на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла; сравнить концентрации гормонов спортсменов-олимпийцев и спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей из скоростно-силовых видов спорта на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла; сравнить концентрации гормонов спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей с госпитализированными пациентами, утратившими нижнюю конечность в ходе боевых действий.

Настоящая работа выполнена на базе кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» в период с декабря 2023 г. по август 2024 г.

Вид научного исследования – ретроспективное когортное. Сбор ретроспективных данных углубленного медицинского обследования (УМО) на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей и спортсменов-олимпийцев произведен на глубину 10 лет в медицинских информационных системах МИАС и МЕДИАЛОГ (данные УМО с 2014 по 2024 гг.). В исследование включали последнее, по данным систем, УМО спортсмена, если на специально-подготовительных этапах годичных тренировочных циклов их было несколько.

Данные 181 спортсмена сборных команд Российской Федерации (этап

высшего спортивного мастерства, из них – 150 паралимпийцев и 31 – олимпийцы) обработаны и структурированы в программе Exel (офисный пакет Microsoft Office) для возможности дальнейшей быстрой и удобной обработки и статистического анализа. База данных включала пол, возраст, уровень ампутации и ее травматический характер, вес, рост, ИМТ, ППТ, лабораторные исследования уровня гормонов).

На первом этапе настоящей работы были проанализированы данные лабораторных исследований 150 спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей, средний возраст которых составил  $34,14 \pm 9,52$  лет, среди них женщин – 29 (19,3%), мужчин – 121 (80,7%) человек. Медиана ИМТ составила  $23,51 \text{ кг}/\text{м}^2$ , средние значения ППТ –  $1,90 \pm 0,25 \text{ м}^2$ . Выборку составили спортсмены из академической гребли (13 чел., 8,7%), баскетбола на колясках (7 чел., 4,7%), легкой атлетики (38 чел., 25,3%), волейбола сидя (11 чел., 7,3%), паратриатлона (17 чел., 11,3%), следж-хоккея (22 чел., 14,7%), плавания (27 чел., 18%), лыжных гонок и биатлона (9 чел., 6%) и горнолыжного спорта (6 чел., 4%).

При оценке показателей гормонального профиля спортсменов в зависимости от пола отмечены более высокие уровни биодоступного ( $p < 0,001$ ), свободного ( $p < 0,001$ ), общего тестостерона ( $p < 0,001$ ), ИСА ( $p < 0,001$ ) у мужчин, а также более высокие показатели ГСПГ ( $p < 0,001$ ), пролактина ( $p < 0,001$ ) и соматотропина ( $p < 0,001$ ) у женщин. Однако полученные данные не считались нами значимыми в связи с тем, что определяемая разница в уровне указанных гормонов является физиологической нормой. При этом статистически и клинически значимая разница выявлена по показателям Т4 ( $p = 0,002$ ): более высокие уровни тироксина характерны для мужчин,  $17,02 \pm 1,83$  и  $15,73 \pm 1,86$  ммоль/л соответственно.

При проведении корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и возраста спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей была установлена отрицательная связь слабой тесноты по показателям ИСА ( $\rho = -0,211$ ,  $p = 0,02$ ) и пролактина ( $\rho = -0,172$ ,  $p = 0,12$ ). По другим показателям

связь либо отсутствовала, либо была слабой, но статистически не значимой,  $p>0,05$ .

При проведении корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и роста спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей была установлена прямая связь слабой тесноты по показателям Т4 ( $\rho=0,210$ ,  $p=0,019$ ), свободного ( $\rho=0,296$ ,  $p<0,001$ ) и общего тестостерона ( $\rho=0,248$ ,  $p=0,03$ ); прямая связь умеренной тесноты по показателям биодоступного тестостерона ( $\rho=0,318$ ,  $p<0,001$ ), ИСА ( $\rho=0,387$ ,  $p<0,001$ ). Отмечена отрицательная связь слабой тесноты по показателям ГСПГ ( $\rho=-0,315$ ,  $p<0,001$ ) и пролактина ( $\rho=-0,213$ ,  $p=0,010$ ). По показателям ТТГ, кортизола и соматотропного гормона связь либо отсутствовала, либо была слабой, но статистически не значимой,  $p>0,05$ .

При проведении корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и веса спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей была установлена прямая связь слабой тесноты по показателям Т4 ( $\rho=0,183$ ,  $p=0,042$ ), биодоступного тестостерона ( $\rho=0,210$ ,  $p=0,012$ ); прямая связь умеренной тесноты по показателям ИСА ( $\rho=0,309$ ,  $p<0,001$ ). Отмечена отрицательная связь слабой тесноты по показателям пролактина ( $\rho=-0,224$ ,  $p=0,006$ ) и соматотропного гормона ( $\rho=-0,243$ ,  $p=0,004$ ); отрицательная связь умеренной тесноты по показателям ГСПГ ( $\rho=-0,447$ ,  $p<0,001$ ). По показателям ТТГ, свободного и общего тестостерона, кортизола связь была слабой, но статистически не значимой,  $p>0,05$ .

При проведении корреляционного анализа взаимосвязи уровней гормонов и ППТ спортсменов с травматическими ампутациями нижних конечностей была установлена прямая связь слабой тесноты по показателям Т4 ( $\rho=0,207$ ,  $p=0,021$ ), биодоступного ( $\rho=0,238$ ,  $p=0,005$ ) и свободного тестостерона ( $\rho=0,186$ ,  $p=0,027$ ); прямая связь умеренной тесноты по показателям ИСА ( $\rho=0,338$ ,  $p<0,001$ ). Отмечена отрицательная связь слабой тесноты по показателям ТТГ ( $\rho=-0,168$ ,  $p=0,047$ ) и пролактина ( $\rho=-0,223$ ,  $p=0,005$ ); отрицательная связь умеренной тесноты по показателям ГСПГ ( $\rho=-0,436$ ,

$p<0,001$ ) По показателям общего тестостерона и кортизола связь была слабой, но статистически не значимой,  $p>0,05$ .

Среди 150 испытуемых с травматическими ампутациями нижних конечностей 13 (8,7%) имели травму на уровне нижней трети голени, 18 (12,0%) – на уровне средней трети голени, 26 (17,3%) – верхней трети голени; 12 (8,0%) – нижней трети бедра, 26 (17,3%) – средней трети бедра, 30 (20,0%) – верхней трети бедра. Двустороннюю ампутацию на уровне голеней имели 13 (8,7%) спортсменов, двустороннюю ампутацию на уровне бедер – 12 (8,0%) спортсменов.

При межгрупповом сравнении спортсменов с ампутациями на разном уровне были определены статистически значимые различия по уровням Т4 ( $p=0,019$ ) и пролактина ( $p=0,013$ ). По уровням биодоступного ( $p=0,461$ ), свободного ( $p=0,539$ ) и общего ( $p=0,216$ ) тестостерона, ТТГ ( $p=0,834$ ), ГСПГ ( $p=0,344$ ), ИСА ( $p=0,686$ ), кортизола ( $p=0,277$ ) и соматотропина ( $p=0,271$ ) статистически значимых отличий не было обнаружено.

Наиболее низкие показатели Т4 были в группах с двусторонними ампутациями на уровне бедер ( $15,56\pm2,62$  ммоль/л) и односторонней ампутацией на уровне нижней трети бедра ( $15,56\pm0,75$  ммоль/л), наиболее высокие – у спортсменов с односторонней ампутацией на уровне верхней трети голени ( $17,68\pm2,11$  ммоль/л).

При оценке уровня пролактина была выявлена статистически достоверная разница согласно уровню травматической ампутации нижней конечности ( $p=0,013$ ), причем, уровень пролактина был минимальным у спортсменов с ампутацией в области нижней трети голени (медиана  $161,80$  мкМе/мл), а далее постепенно повышался прямо пропорционально высоте ампутации (медианы  $163,65\rightarrow165,05\rightarrow215,00\rightarrow224,75\rightarrow234,20$  мкМе/мл соответственно). Самая значительная разница ( $p=0,024$ ) была определена между уровнями пролактина спортсменов с ампутацией на уровне верхней трети голени (медиана  $165,05$  мкМе/мл) и спортсменов с ампутациями на уровне нижней трети бедра (медиана  $215,00$  мкМе/мл). Медианы уровня пролактина у спортсменов с

двусторонними ампутациями на уровне голеней и на уровне бедер составили 176,90 и 232,20 мкМе/мл соответственно.

Для удобства интерпретации результатов был проведен сравнительный анализ концентраций пролактина у спортсменов с ампутациями на разном уровне, отдельно по односторонним и двусторонним ампутациям. Выявлено, что у спортсменов-паралимпийцев с односторонними ампутациями уровень пролактина был статистически значимо выше при потере конечности на уровне бедра (163,00 и 227,40 мкМе/мл соответственно,  $p=0,004$ ), при сравнении концентраций гормона у спортсменов с двусторонними ампутациями на уровне обеих голеней и обоих бедер статистически достоверных отличий не было обнаружено ( $p=0,364$ ).

На втором этапе настоящей работы были проанализированы данные лабораторных исследований 78 спортсменов мужского пола, из них 31 спортсмен-олимпиец и 47 спортсменов-паралимпийцев. Группы спортсменов были сопоставимы по возрасту и ИМТ,  $p>0,05$  для обоих показателей.

Средний возраст спортсменов-олимпийцев составил  $26,23\pm4,18$ , паралимпийцев –  $28,11\pm4,51$  лет. Медиана ИМТ олимпийцев составила  $23,7$  кг/м<sup>2</sup>, спортсменов с ампутациями –  $23,87$  кг/м<sup>2</sup>. Обе группы составили спортсмены из скоростно-силовых видов спорта. Среди олимпийцев было 14 спортсменов из академической гребли (45%), остальные – спортсмены-легкоатлеты (бег – 9 чел., 29%; прыжки в длину – 3 чел., 9,7%; метания – 5 чел., 16,1%). Среди паралимпийцев было 13 спортсменов из академической гребли (27,7%), остальные – спортсмены-легкоатлеты (бег – 21 чел., 44,7%; прыжки в длину – 2 чел., 4,3%; метания – 11 чел., 23,4%).

Было проведено сравнение групп спортсменов-олимпийцев и паралимпийцев по показателям гормонального профиля на предсоревновательном этапе годичного тренировочного цикла (T4, ТТГ, общий тестостерон, кортизол, пролактин и соматотропин). Статистически достоверной разницы не было обнаружено по показателям ТТГ ( $p=0,223$ ) и кортизола ( $p=0,289$ ). Уровень T4 статистически значимо выше был у спортсменов-

паралимпийцев ( $p<0,001$ ), его медиана составила 17,09 пмоль/л, тогда как у олимпийцев этот показатель составил 12,85 пмоль/л. Аналогичным образом у паралимпийцев был выше уровень пролактина (186,9 против 156,00 мкМе/мл,  $p=0,021$ ). Уровень общего тестостерона, наоборот, был ниже, чем у спортсменов-олимпийцев:  $5,10\pm1,97$  и  $6,66\pm3,08$  нг/мл соответственно ( $p=0,016$ ). Уровень соматотропного гормона у паралимпийцев был значимо ниже (0,12 против 0,26 нг/мл,  $p=0,002$ ).

На третьем этапе диссертационного исследования были проанализированы данные гормонального профиля 19 спортсменов-паралимпийцев и 19 пациентов, госпитализированных в Центр комбинированных поражений ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России по поводу утраты нижней конечности в ходе боевых действий. Испытуемые всех групп были лицами мужского пола, группы были сопоставимы по возрасту ( $p>0,05$ ). Средний возраст спортсменов-паралимпийцев составил  $37,2\pm3,36$  лет, возраст госпитализированных пациентов –  $40,52\pm4,21$  лет.

Было проведено сравнение представленных групп по показателям гормонального профиля (T4, ТТГ, общий тестостерон, кортизол, пролактин и СТГ). Статистически достоверной разницы не было обнаружено по показателям ТТГ ( $p=0,801$ ), общего тестостерона ( $p=0,801$ ), кортизола ( $p=0,705$ ) и соматотропного гормона ( $p=1,000$ ). Уровень T4 статистически значимо выше был у спортсменов-паралимпийцев ( $p=0,023$ ), его медиана составила 17,06 пмоль/л, тогда как у госпитализированных пациентов этот показатель составил 11,19 пмоль/л. Уровень пролактина был значительно выше у госпитализированных пациентов (407,23 против 143,40 мкМе/мл,  $p=0,044$ ).

Таким образом, согласно данным, полученным в ходе первого этапа исследования, было отмечено, что более высокие уровни T4 имели мужчины с травматическими ампутациями нижних конечностей. При увеличении возраста спортсменов снижались уровни ИСА и пролактина, у высоких спортсменов отмечаются значимо более высокие уровни T4, свободного, биодоступного и

общего тестостерона, ИСА и значимо более низкие уровни ГСПГ и пролактина по сравнению со спортсменами невысокого роста. При увеличении веса спортсменов отмечается рост Т4, биодоступного тестостерона и ИСА и снижение концентраций пролактина, СТГ и ГСПГ. При увеличении ППТ отмечали повышение концентраций Т4, биодоступного и свободного тестостерона, ИСА и снижение ТТГ, пролактина и ГСПГ.

При межгрупповом сравнении спортсменов с ампутациями на разном уровне были определены статистически значимые различия по уровням Т4 и пролактина. Наиболее низкие показатели Т4 были в группах с двусторонними ампутациями на уровне бедер и односторонней ампутацией на уровне нижней трети бедра, наиболее высокие – у спортсменов с односторонней ампутацией на уровне верхней трети голени. Концентрации пролактина были минимальными у спортсменов с ампутацией в области нижней трети голени, а далее постепенно повышались прямо пропорционально высоте ампутации. Самая значительная разница была определена между уровнями пролактина спортсменов с ампутацией на уровне верхней трети голени и спортсменов с ампутациями на уровне нижней трети бедра.

Согласно данным, полученным в ходе второго этапа исследования, было установлено, что уровень Т4 статистически значимо выше был у спортсменов-паралимпийцев, аналогичным образом у них был выше уровень пролактина. Концентрации соматотропного гормона и общего тестостерона по сравнению со спортсменами-олимпийцами, наоборот, были ниже.

Исходя из того, что оценка гормонального профиля спортсменов была проведена на специально-подготовительном этапе тренировочного цикла, целесообразным видится дальнейшее изучение гормонального профиля спортсменов-паралимпийцев в аспекте других этапов (соревновательный и переходный периоды годичного тренировочного цикла).

Данные третьего этапа исследования выявили более высокие концентрации пролактина и более низкие концентрации тироксина у пациентов, госпитализированных по поводу утраты конечности в ходе боевых действий, по

сравнению со спортсменами-паралимпийцами.

Вопросы оценки функционального состояния военнослужащих с ампутациями конечностей в современном мире являются важным направлением военной медицины и медицинской реабилитации. Успешная реабилитация таких пациентов требует комплексного подхода, включающего оценку физического, функционального и психоэмоционального состояний. Гормональный статус военнослужащих после ампутации может служить важным биомаркером для оценки адаптационных возможностей организма, выявления стресса и уровня восстановления. Настоящее диссертационное исследование подразумевает дальнейшую исследовательскую деятельность в этом направлении, а также подчеркивает необходимость комплексного подхода к оценке функционального состояния военнослужащих с ампутациями конечностей, получивших травмы в ходе боевых действий.

## ВЫВОДЫ

1. На специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла установлена прямая связь умеренной тесноты между ростом спортсменов с ампутациями нижних конечностей и показателями биодоступного тестостерона ( $\rho=0,318$ ,  $p<0,001$ ), индекса свободных андрогенов ( $\rho=0,387$ ,  $p<0,001$ ); установлена прямая связь умеренной тесноты между весом и площадью поверхности тела спортсменов и индексом свободных андрогенов ( $\rho=0,309$ ,  $p<0,001$  и  $\rho=0,338$ ,  $p<0,001$ ), а также их отрицательная связь умеренной тесноты с концентрацией ГСПГ ( $\rho=-0,447$ ,  $p<0,001$  и  $0,436$ ,  $p<0,001$ ).

2. Выявлены статистически значимые различия в концентрациях тироксина ( $p=0,019$ ) и пролактина ( $p=0,013$ ) у спортсменов с травматическими ампутациями на разном уровне на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла; наиболее низкие показатели тироксина отмечали в группах с двусторонними ампутациями на уровне бедер и односторонней ампутацией на уровне нижней трети бедра, наиболее высокие – у спортсменов с односторонней ампутацией на уровне верхней трети голени; у спортсменов-паралимпийцев с односторонними ампутациями уровень пролактина был статистически значимо выше при потере конечности на уровне бедра ( $p=0,004$ ), при сравнении концентраций гормона у спортсменов с двусторонними ампутациями на уровне обеих голеней и обоих бедер статистически достоверных отличий не было обнаружено ( $p=0,364$ ).

3. Определено, что концентрации тироксина ( $p<0,001$ ) и пролактина ( $p=0,021$ ) были статистически значимо выше, а концентрации общего тестостерона ( $p=0,016$ ) и соматотропного гормона ( $p=0,002$ ) были ниже у спортсменов-паралимпийцев по сравнению со спортсменами-олимпийцами на специально-подготовительном этапе годичного тренировочного цикла.

4. Выявлено, что уровень тироксина статистически значимо выше был у спортсменов-паралимпийцев ( $p=0,023$ ) по сравнению с пациентами, госпитализированными по поводу потери нижней конечности в ходе боевых

действий; уровень пролактина был значительно выше у госпитализированных пациентов ( $p=0,044$ ).

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. У спортсменов женского пола с травматическими ампутациями нижних конечностей, в связи с более низкими показателями тироксина по сравнению с мужчинами, рекомендовано проводить скрининг гипотиреоза и других заболеваний и состояний, связанных с гипофункцией щитовидной железы (дефицит йода, нарушения менструального цикла, кардиомиопатии, депрессия).

2. У спортсменов и военнослужащих мужского пола с двусторонними ампутациями на уровне бедер и с высокими односторонними ампутациями на уровне бедра, аналогичным образом, рекомендовано проводить скрининг гипотиреоза и других заболеваний и состояний, связанных с гипофункцией щитовидной железы (дефицит йода, эректильная дисфункция, кардиомиопатии, депрессия).

3. У спортсменов и военнослужащих с высоким уровнем ампутации, а также у спортсменов с низкими уровнями ампутаций, но невысоким ростом рекомендовано проводить скрининг гипогонадизма, а также профилактику возникновения его функциональных причин: мальабсорбции, висцерального ожирения, нарушения углеводного обмена.

4. Целесообразно в качестве дополнительных методов оценки функционального состояния спортсменов-паралимпийцев и военнослужащих с травматическими ампутациями нижних конечностей, в особенности с высокими уровнями ампутации, выполнять магнитно-резонансную томографию головного мозга и турецкого седла, ультразвуковое исследование молочных желёз.

5. Из-за наблюдаемой повышенной реакции спортсменов-паралимпийцев на стресс рекомендовано внести изменения в индивидуальные протоколы восстановления функционального состояния после соревнований, чтобы спортсмены могли добиться максимальных результатов.

6. Целесообразно с целью оценки функционального состояния спортсменов с ампутациями конечностей, в том числе гормонального ответа на стресс, осуществлять забор крови в соревновательный и переходный периоды годичного тренировочного цикла.

7. Для оценки функционального состояния, в том числе гормонального ответа на травматическую ампутацию нижних конечностей и оперативное вмешательство по поводу формирования культи, у военнослужащих рекомендовано осуществлять забор крови для определения концентраций свободного тироксина и пролактина.

8. С целью нутритивно-метаболической поддержки военнослужащих, потерявших конечность в ходе боевых действий, в динамике рекомендовано оценивать концентрацию тироксина как гормона, регулирующего процессы анаболизма и катаболизма.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АГ – артериальная гипертензия

ГСПГ – глобулин, связывающий половые гормоны

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИМТ – индекс массы тела

ИР – инсулинерезистентность

ИСА – индекс свободных андрогенов

ЛПВП – липопротеины высокой плотности

ЛПНП – липопротеины низкой плотности

ОА – остеоартрит

ОВЗ – ограниченные возможности здоровья

ПОДА – поражение опорно-двигательного аппарата

ППТ – площадь поверхности тела

ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания

СТГ – соматотропный гормон

ТГ – триглицериды

ТТГ – тиреотропный гормон

УМО – углубленное медицинское обследование

ХПН – хроническая почечная недостаточность

CD34+ – стволовые гемопоэтические клетки

CD45+ – регуляторные Т-хелперные клетки

Т4 – тироксин

KDR+ – receptor фактора роста сосудистого эндотелия

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакина, О. А. Морально-психологическое сопровождение военнослужащих в ходе боевых действий как условие сохранения их боеспособности / О. А. Балакина, С. Н. Лучникова // Чтения памяти Евгения Петровича Сычевского. – 2022. – № 22. – С. 61-66.
2. Беленов, В. Н. Современные тенденции развития теории и методики подготовки и различные подходы к тренировочному процессу параспортсменов в скоростно-силовых видах лёгкой атлетики / В. Н. Беленов, А. И. Дмитренко // Устойчивое развитие науки и образования. – 2020. – № 11 (50). – С. 122-125.
3. Брюхова, К. Е. Современный паралимпийский спорт: перспективы его развития / К. Е. Брюхова // Актуальные проблемы педагогики и психологии. – 2022. – Т. 3, № 12. – С. 11-23.
4. Гаврилова, Е. А. Особенности содержания тренировочных занятий на начальном этапе подготовки по хоккею-следж / Е. А. Гаврилова // Образование от "А" до "Я". – 2023. – № 6. – С. 28-32.
5. Гайдамашко, И. В. Особенности психологического сопровождения спортсменов с ограниченными возможностями / И. В. Гайдамашко, И. В. Бабичев // Человеческий капитал. – 2023. – № 12-1 (180). – С. 233-239.
6. Гринин, В. М. О качестве жизни инвалидов-ампутантов в Российской Федерации / В. М. Гринин, Э. И. Шестемирова // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2020. – Т. 28, № 3. – С. 380-384.
7. Дмитриев, И. В. Средства и методы развития скоростно-силового качества в дисциплинах фрейм раннинг (легкая атлетика) спорт лиц с поражением ОДА / И. В. Дмитриев, И. Н. Ворошин // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 5 (207). – С. 130-133.
8. Казарьян, Ю. Б. Основные тенденции развития физических способностей

высококвалифицированных гребцов с ампутациями нижних конечностей / Ю. Б. Казарьян, Г. М. Юламанова // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2022. – № 1-3 (62).

9. Казарьян, Ю. Б. Оценка эффективности модели построения физической подготовки высококвалифицированных гребцов на параканоэ с ампутациями нижних конечностей / Ю. Б. Казарьян, Г. М. Юламанова // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2022. – № 1 (203). – С. 161-164.

10. Коробенков, Н. О. Бионическое протезирование конечности / Н. О. Коробенков, С. С. Кочетов, П. А. Григоров // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2019. – Т. 158, № 3. – С. 22-27.

11. Медицинское обеспечение адаптивного спорта (обзор современной нормативной базы Российской Федерации) / Е. А. Гаврилова, О. А. Чурганов, Ю. В. Яковлев, П. А. Котов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2019. – Т. 8 (174). – С. 45-48.

12. Об утверждении Единого календарного плана межрегиональных, всероссийских и международных физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий на 2024 год (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]: Приказ Министерства спорта РФ от 27.12.2023 N 1087 / ГАРАНТ. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/408348895/> (дата обращения: 05.05.2024).

13. Об утверждении порядка организации медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации [Электронный ресурс]: Приказ ФМБА России от 08.09.2023 N 178. – Зарегистрировано в Минюсте России 02.10.2023 N 75419 // Официальное опубликование правовых актов. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310030004?ysclid=m153vfske477600952&index=22>.

14. Оприщенко, А. А. Тактика пластического закрытия огнестрельных

раневых дефектов нижней конечности / А. А. Оприщенко, А. А. Штутин, И. В. Коктышев // Университетская клиника. – 2019. – № 1 (30). – С. 48-53.

15. Особенности произвольной саморегуляции у спортсменов-паралимпийцев с поражением опорно-двигательного аппарата различных спортивных классов / И. Г. Иванова, А. А. Банаян, Е. А. Янина, Д. Н. Пухов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2020. – № 6 (184). – С. 440-448.

16. Положение инвалидов. Уровень инвалидизации в Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 20.04.2024).

17. Ряпина, В. О. Исследование применения восстановительных средств для преодоления физического и психического утомления спортсменов-ампутантов в процессе тренировок / В. О. Ряпина, Е. Э. Червякова // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2021. – № 4 (38). – С. 123-129.

18. Семенова, С. А. Функциональный тренинг лиц с ампутацией нижних конечностей / С. А. Семенова, Д. О. Хрекин // Вестник спортивной науки. – 2021. – № 2. – С. 35-39.

19. Скрябин, А. И. Адаптивная физическая реабилитация лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (ампутации конечностей) / А. И. Скрябин // Форум молодых ученых. – 2020. – № 6 (46). – С. 659-665.

20. Современное состояние и тенденции развития адаптивного спорта в России и за рубежом / С. А. Блохин, Г. Д. Гейко, А. Г. Хайруллин [и др.] // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2019. – № 1 (167). – С. 34-39.

21. Трунина, А. А. Развитие паралимпийского спорта в России / А. А. Трунина // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2020. – № 1-2. – С. 244-248.

22. Усов, С. А. Основы тактической медицины: минно-взрывная травма / С. А. Усов, Т. В. Шмидт // Военно-правовые и гуманитарные науки Сибири. – 2023. – № 2 (16). – С. 97-107.
23. Фролушина, Н. С. Совершенствование специальных координационных способностей квалифицированных пловцов с поражением опорно-двигательного аппарата в подготовительном периоде / Н. С. Фролушина, М. Д. Бакшеев // Проблемы совершенствования физической культуры, спорта и олимпизма. – 2019. – № 1. – С. 307-312.
24. Шестиловская, Н. А. Продуктивные и непродуктивные копинг-стратегии паралимпийцев с различными типами нарушений / Н. А. Шестиловская // Журнал Белорусского государственного университета. Философия. Психология. – 2020. – № 1. – С. 95-101.
25. 20(S)-Protopanaxadiol Exerts Antidepressive Effects in Chronic Corticosterone-Induced Rodent Animal Models as an Activator of Brain-Type Creatine Kinase / Z. Zhu, Y. Cheng, X. Han [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2024. – V. 72, № 18. – P. 10376-10390.
26. A clinical evaluation of skin disorders of lower limb amputation sites / E. Colgecen, M. Korkmaz, K. Ozyurt [et al.] // International Journal of Dermatology. – 2016. – V. 55, № 4. – P. 468-472.
27. A Comprehensive, Multidisciplinary Assessment for Knee Osteoarthritis Following Traumatic Unilateral Lower Limb Loss in Service Members / J. G. Wasser, B. D. Hendershot, J. C. Acasio [et al.] // Military Medicine. – 2024. – V. 189, № 3-4. – P. 581-591.
28. A Multi-Factorial Assessment of Elite Paratriathletes' Response to Two Weeks of Intensified Training / B. T. Stephenson, C. A. Leicht, K. Tolfrey, V. L. Goosey-Tolfrey // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2019. – V. 14, № 7. – P. 911-917.
29. A Narrative Review of the Prevalence and Risk Factors Associated With Development of Knee Osteoarthritis After Traumatic Unilateral Lower Limb Amputation / S. Farrokhi, B. Mazzone, A. Yoder [et al.] // Military Medicine.

– 2016. – V. 181, № S4. – P. 38-44.

30. A review of adaptive sport opportunities for power wheelchair users / J. Duvall, S. Satpute, R. Cooper, R. A. Cooper // Disability and Rehabilitation. Assistive Technology. – 2021. – V. 16, № 4. – P. 407-413.

31. A sex difference in the cortisol response to tail docking and ACTH develops between 1 and 8 weeks of age in lambs / A I. Turner, B. J. Hosking, R. A. Parr, A. J. Tilbrook // The Journal of Endocrinology. – 2006. – V. 188, № 3. – P. 443-449.

32. A study of psychiatric comorbidity after traumatic limb amputation: A neglected entity / A. Sahu, R. Gupta, S. Sagar [et al.] // Industrial Psychiatry Journal. – 2017. – V. 26, № 2. – P. 228-232.

33. Adams, C. T. Below-Knee Amputation [Электронный ресурс] / C. T. Adams, A. Lakra. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2024. – Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534773/> (дата обращения: 23.04.2024).

34. Aizawa, Y. Sodium-Glucose Cotransporter-2 Inhibitors and Lower-Extremity Amputation / Y. Aizawa // The American Journal of Cardiology. – 2023. – V. 201. – P. 388-389.

35. Amputation Acceptance: A Survey of Factors Influencing the Decision to Undergo Lower Extremity Amputation / G. Cach, A. E. Rogers, D. L. Spoer [et al.] // The Journal of Foot and Ankle Surgery: Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons. – 2023. – V. 62, № 3. – P. 548-552.

36. Amputation and cardiac comorbidity: analysis of severity of cardiac risk / M. Nallegowda, E. Lee, M. Brandstater [et al.] // PM&R. – 2012. – V. 4, № 9. – P. 657-666.

37. Amram, A. V. Hormonal control of cardiac regenerative potential / A. V. Amram, S. Cutie, G. N. Huang // Endocrine Connections. – 2021. – V. 10, № 1. – P. R25-R35.

38. Anuar, N. Imagery training for Malaysian paralympics athletes - an important

step towards sports equity / N. Anuar, N. Bahar // British Journal of Sports Medicine. – 2023. – V. 57, № 10. – C. 613-614.

39. Are mega-events super spreaders of infectious diseases similar to COVID-19? A look into Tokyo 2020 Olympics and Paralympics to improve preparedness of next international events / T. Chowdhury, H. Chowdhury, E. Bontempi [et al.] // Environmental Science and Pollution Research International. – 2023. – V. 30, № 4. – P. 10099-10109.

40. Association between amputation, arthritis and osteopenia in British male war veterans with major lower limb amputations / J. Kulkarni, J. Adams, E. Thomas, A. Silman // Clinical Rehabilitation. – 1998. – V. 12, № 4. – P. 348-353.

41. Association Between Combat-Related Traumatic Injury and Skeletal Health: Bone Mineral Density Loss Is Localized and Correlates With Altered Loading in Amputees: the Armed Services Trauma Rehabilitation Outcome (ADVANCE) Study / L. McMenemy, F. P. Behan, J. Kaufmann [et al.] // Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research. – 2023. – V. 38, № 9. – P. 1227-1233.

42. Association Between Hormonal Status, Stress, Recovery, and Motivation of Paralympic Swimmers / J. P. P. Rosa, A. Silva, D. F. Rodrigues [et al.] // Research Quarterly for Exercise and Sport. – 2020. – V. 91, № 4. – P. 652-661.

43. Barakat-Walter, I. Stimulating effect of thyroid hormones in peripheral nerve regeneration: research history and future direction toward clinical therapy / I. Barakat-Walter, R. Kraftsik // Neural Regeneration Research. – 2018. – V. 13, № 4. – P. 599-608.

44. Barkhymer, A. J. Olfactorily-mediated cortisol response to chemical alarm cues in zebrafish *Danio rerio* / A. J. Barkhymer, S. G. Garrett, B. D. Wisenden // Journal of Fish Biology. – 2019. – V. 95, № 1. – P. 287-292.

45. Barriers and facilitators to physical activity participation for children with physical disability: comparing and contrasting the views of children, young people, and their clinicians / A. Wright, R. Roberts, G. Bowman,

A. Crettenden // *Disability and Rehabilitation*. – 2019. – V. 41, № 13. – P. 1499-1507.

46. Bodenheimer, S. Diurnal rhythms of serum gonadotropins, testosterone, estradiol and cortisol in blind men / S. Bodenheimer, J. S. Winter, C. Faiman // *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. – 1973. – V. 37, № 3. – C. 472-475.

47. Brain matrix metalloproteinase-9 activity is altered in the corticosterone mouse model of depression / S. Breviario, J. Senserrick, E. Florensa-Zanuy [et al.] // *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*. – 2023. – V. 120. – Article: 110624.

48. Buikema, K. E. S. Amputation stump: Privileged harbor for infections, tumors, and immune disorders / K. E. S. Buikema, J. H. Meyerle // *Clinics in Dermatology*. – 2014. – V. 32, № 5. – P. 670-677.

49. Cardiometabolic risk factor clustering in persons with spinal cord injury: A principal component analysis approach / S. K. Gilhooley, W. A. Bauman, M. F. La Fountaine [et al.] // *The Journal of Spinal Cord Medicine*. – 2023. – V. 47, № 5. – P. 627-639.

50. Carlberg, C. An update on vitamin D signaling and cancer / C. Carlberg, A. Muñoz // *Seminars in Cancer Biology*. – 2022. – V. 79. – P. 217-230.

51. Carlberg, C. Vitamin D Signaling in the Context of Innate Immunity: Focus on Human Monocytes / C. Carlberg // *Frontiers in Immunology*. – 2019. – V. 10. – Article: 2211.

52. Cellular senescence promotes progenitor cell expansion during axolotl limb regeneration / Q. Yu, H. E. Walters, G. Pasquini [et al.] // *Developmental Cell*. – 2023. – V. 58, № 22. – P. 2416-2427.e7.

53. Characteristics of Wheelchair Basketball Falls During the Tokyo 2020 Paralympics by Sex and Physical Impairment Classification: A Video-Based Observational Study / S. Tsutsumi, N. Maeda, J. Sasadai [et al.] // *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. – 2023. – V. 102, № 9. – P. 840-845.

54. Characterization of serum levels of testosterone and corticosterone in a blast and amputation rat model of heterotopic ossification / M. Y. Qin, R. E. Atwood, W. A. Ketchum [et al.] // Molecular and Cellular Endocrinology. – 2020. – V. 509. – Article: 110799.
55. Chu, C. R. Adaptive Sports and the Warrior Athlete / C. R. Chu, R. Diaz, I. P. Syrop // Sports Medicine and Arthroscopy Review. – 2019. – V. 27, № 2. – P. 41.
56. Cilia-Mediated Insulin/Akt and ST2/JNK Signaling Pathways Regulate the Recovery of Muscle Injury / D. Yamakawa, J. Tsuboi, K. Kasahara [et al.] // Advanced Science (Weinheim, Baden-Wurttemberg, Germany). – 2022. – V. 10, № 1. – Article: e2202632.
57. Clinical characteristics and risk factors of lower extremity amputation in the diabetic inpatients with foot ulcers / H. Gong, Y. Ren, Z. Li [et al.] // Frontiers in Endocrinology (Lausanne). – 2023. – V. 14. – Article: 1144806.
58. Clinical factors and mortality rates for non-traumatic upper extremity amputations / Y.-Z. J. Ting, A.-S. Tan, C.-P. T. Lai, M. Satku // The Journal of Hand Surgery, European Volume. – 2022. – V. 47, № 3. – P. 314-320.
59. Community and Family-Focused Public Health and Sustainable Development [Электронный ресурс] / W. Zukiewicz-Sobczak, P. Wojtyla-Buciora, I. Racka, A. Wojtyla. – MDPI, 2022. – 476 p. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/books/pdfview/book/5377> (date accessed: 15.09.2024).
60. Comparative transcriptional profiling of regenerating damaged knee joints in two animal models of the newt *Notophthalmus viridescens* strengthens the role of candidate genes involved in osteoarthritis / M. Geyer, C. Schönfeld, C. Schreijäck [et al.] // Osteoarthritis and Cartilage Open. – 2022. – V. 4, № 3. – Article: 100273.
61. Comparing the Well-Being of Para and Olympic Sport Athletes: A Systematic Review / H. Macdougall, P. O'Halloran, N. Shields, E. Sherry // Adapted physical activity quarterly: APAQ. – 2015. – V. 32, № 3. – P. 256-276.
62. Core Temperature Lability Predicts Sympathetic Interruption and Cognitive

Performance during Heat Exposure in Persons with Spinal Cord Injuries / N. S. Kumar, J. Bart, C. Barton [et al.] // Journal of Neurotrauma. – 2021. – V. 38, № 15. – P. 2141-2150.

63. Correlation of neurological level and sweating level of injury in persons with spinal cord injury / M. Trbovich, A. Ford, Y. Wu [et al.] // The Journal of Spinal Cord Medicine. – 2021. – V. 44, № 6. – P. 902-909.

64. Cortisol and testosterone concentrations in wheelchair athletes during submaximal wheelchair ergometry / J. W. Castellani, L. E. Armstrong, R. W. Kenefick [et al.] // European Journal of Applied Physiology. – 2001. – V. 84, № 1-2. – P. 42-47.

65. Cortisol Directly Stimulates Spermatogonial Differentiation, Meiosis, and Spermiogenesis in Zebrafish (*Danio rerio*) Testicular Explants / A. Tovo-Neto, E. R. M. Martinez, A. G. Melo [et al.] // Biomolecules. – 2020. – V. 10, № 3. – Article: 429.

66. Dasanayaka, D. A. R. K. Functional outcomes and associated factors of individuals with unilateral traumatic lower limb amputation in Sri Lanka: An observational study / D. A. R. K. Dasanayaka, F. K. Patwary, C. D. van Ravensberg // Prosthetics and Orthotics International. – 2023. – V. 47, № 5. – P. 525-531.

67. Dehghansai, N. Coach and Athlete Perspectives on Talent Transfer in Paralympic Sport / N. Dehghansai, A. Mazhar, J. Baker // Adapted physical activity quarterly: APAQ. – 2023. – T. 40. – № 2. – C. 280-302.

68. Dehghansai, N. Pathways in Paralympic Sport: An In-Depth Analysis of Athletes' Developmental Trajectories and Training Histories / N. Dehghansai, R. A. Pinder, J. Baker // Adapted physical activity quarterly: APAQ. – 2022. – V. 39, № 1. – P. 37-85.

69. Demircan, T. The Dynamic Landscapes of Circular RNAs in Axolotl, a Regenerative Medicine Model, with Implications for Early Phase of Limb Regeneration / T. Demircan, B. E. Süzek // Omics: A Journal of Integrative Biology. – 2023. – V. 27, № 11. – P. 526-535.

70. Differential effects of 3,5-T2 and T3 on the gill regeneration and metamorphosis of the *Ambystoma mexicanum* (axolotl) / I. Lazcano, A. Olvera, S. M. Pech-Pool [et al.] // *Frontiers in Endocrinology* (Lausanne). – 2023. – V. 14. – Article: 1208182.

71. Dirlikov, B. Correlation between thyroid function, testosterone levels, and depressive symptoms in females with spinal cord injury / B. Dirlikov, S. Lavoie, K. Shem // *Spinal Cord Series and Cases*. – 2019. – V. 5. – Article: 61.

72. Does a corticosteroid injection plus exercise or exercise alone add to the effect of patient advice and a heel cup for patients with plantar fasciopathy? A randomised clinical trial / H. Riel, B. Vicenzino, J. L. Olesen [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2023. – V. 57, № 18. – P. 1180-1186.

73. Does Relative Age Effect Exist in Paralympic Sport? A Study With Brazilian Paralympic Swimmers / V. de Oliveira, L. S. Figueiredo, L. G. T. F. Dos Santos [et al.] // *Perceptual and Motor Skills*. – 2023. – V. 130, № 3. – P. 999-1012.

74. Doping in Paralympic sport: perceptions, responsibility and anti-doping education experiences from the perspective of Paralympic athletes and paraspot coaches / C. Blank, K. Weber, I. D. Boardley [et al.] // *Frontiers in Sports and Active Living*. – 2023. – V. 5. – Article: 1166139.

75. Downregulation of Yap1 during limb regeneration results in defective bone formation in axolotl / S. Bay, G. Öztürk, N. Emekli, T. Demircan // *Developmental Biology*. – 2023. – V. 500. – P. 31-39.

76. Dusso, A. S. Vitamin D / A. S. Dusso, A. J. Brown, E. Slatopolsky // *American Journal of Physiology. Renal Physiology*. – 2005. – V. 289, № 1. – P. F8-28.

77. Early life exposure to cortisol in zebrafish (*Danio rerio*): similarities and differences in behaviour and physiology between larvae of the AB and TL strains / R. van den Bos, J. Althuizen, K. Tschigg [et al.] // *Behavioural Pharmacology*. – 2019. – V. 30, № 2 and 3-Spec. – P. 260-271.

78. Easterling, M. R. Endocrine Regulation of Epimorphic Regeneration /

M. R. Easterling, K. M. Engbrecht, E. J. Crespi // *Endocrinology*. – 2019. – V. 160, № 12. – P. 2969-2980.

79. Ecdysone exerts biphasic control of regenerative signaling, coordinating the completion of regeneration with developmental progression / F. Karanja, S. Sahu, S. Weintraub [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. – 2022. – V. 119, № 5. – Article: e2115017119.

80. Effects and mechanisms of perioperative medications on the hypothalamic pituitary adrenal response to surgical injury: A narrative review / Y. Feng, P. Chang, J. Liu, W.-S. Zhang // *Journal of Clinical Anesthesia*. – 2024. – V. 94. – Article: 111367.

81. Effects of Vitamin D on Cardiovascular Risk and Oxidative Stress / G. Renke, B. Starling-Soares, T. Baesso [et al.] // *Nutrients*. – 2023. – V. 15, № 3. – Article: 769.

82. Endothelial Progenitor Cells May Be Related to Major Amputation after Angioplasty in Patients with Critical Limb Ischemia / D. Santillán-Cortez, E. Vera-Gómez, A. Hernández-Patricio [et al.] // *Cells*. – 2023. – V. 12, № 4. – Article: 584.

83. Epidemiologic data of trauma-related lower limb amputees: A single center 10-year experience / E. Yaşar, F. Tok, S. Kesikburun [et al.] // *Injury*. – 2017. – V. 48, № 2. – P. 349-352.

84. Evidence for hormonal control of heart regenerative capacity during endothermy acquisition / K. Hirose, A. Y. Payumo, S. Cutie [et al.] // *Science*. – 2019. – V. 364, № 6436. – P. 184-188.

85. Exercise Prescription in Subjects With Spinal Cord Injuries / E. Bizzarini, M. Saccavini, F. Lipanje [et al.] // *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. – 2005. – V. 86, № 6. – P. 1170-1175.

86. Experimentally induced metamorphosis in axolotls reduces regenerative rate and fidelity / J. R. Monaghan, A. C. Stier, F. Michonneau [et al.] // *Regeneration* (Oxford, England). – 2014. – V. 1, № 1. – P. 2-14.

87. Exploring relationships among multi-disciplinary assessments for knee joint

health in service members with traumatic unilateral lower limb loss: a two-year longitudinal investigation / J. G. Wasser, B. D. Hendershot, J. C. Acasio [et al.] // *Scientific Reports*. – 2023. – V. 13, № 1. – Article: 21177.

88. Extended post-exercise hyperthermia in athletes with a spinal cord injury / P. L. Maloney, K. L. Pampa, J. Miller [et al.] // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2021. – V. 24, № 8. – P. 831-836.

89. Glucocorticoid Receptor ablation promotes cardiac regeneration by hampering cardiomyocyte terminal differentiation [Электронный ресурс] / N. Pianca, F. Pontis, M. Chirivì [et al.] // – 2020. – Режим доступа: <http://biorxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.01.15.901249> (дата обращения: 12.04.2024).

90. Hedgehog signaling is essential in the regulation of limb regeneration in the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* / J. Li, J. Zuo, X. Lv [et al.] // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2023. – V. 140. – Article: 108981.

91. Heterotopic Ossification Bone Formation in the Frontal Bones of an African Grey Parrot (*Psittacus erithacus*) / A. J. Hollwarth, M. C. Esmans, A. Herrmann, T. A. G. Dutton // *Journal of Avian Medicine and Surgery*. – 2023. – V. 36, № 4. – P. 388-393.

92. Hippo Signaling Regulates Blastema Formation During Limb Regeneration in Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*) / Y. Wang, X. Huang, Q. Zhou [et al.] // *Marine Biotechnology* (New York). – 2023. – V. 25, № 1. – P. 204-213.

93. Hoek, D. van den. Athlete Impairments in Paralympic Sports / D. van den Hoek, P. Beaumont, C. Latella // *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. – 2024. – V. 103, № 8. – P. e111-e112.

94. Hormonal, immune, and oxidative stress responses to blood flow-restricted exercise / M. H. Hjortshoej, P. Aagaard, C. D. Storgaard [et al.] // *Acta Physiologica* (Oxford, England). – 2023. – V. 239, № 2. – Article: e14030.

95. Hounsfield Unit-Calculated Bone Mineral Density Loss Following Combat-Related Lower Extremity Amputations / B. W. Hoyt, A. E. Lundy, D. F. Colantonio [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American*

Volume. – 2023. – V. 105, № 22. – P. 1786-1792.

96. Hu, S. Effects of physical activity in child and adolescent depression and anxiety: role of inflammatory cytokines and stress-related peptide hormones / S. Hu, X. Li, L. Yang // *Frontiers in Neuroscience*. – 2023. – V. 17. – Article: 1234409.
97. Incidence of injury and illness at the Beijing 2022 Paralympic Winter Games held in a closed-loop environment: a prospective cohort study of 7332 athlete days / W. Derman, P. Runciman, M. Eken [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2024. – V. 58, № 15. – P. 836-843.
98. Increased prolactin binding and morphological changes in the wound epithelium of regenerating limbs of *Notophthalmus viridescens* / S. T. Furlong, W. G. Chaney, M. K. Heideman, S. C. Bromley // *Cell and Tissue Research*. – 1987. – V. 249, № 2. – P. 411-419.
99. Increased pulse wave velocity in persons with spinal cord injury: the effect of the renin-angiotensin-aldosterone system / C. G. Katzelnick, J. P. Weir, G. Pinto Zipp [et al.] // *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*. – 2021. – V. 320, № 1. – P. H272-H280.
100. Injuries and illness of athletes at the Tokyo 2020 Olympic and Paralympic summer games visiting outside facilities / S. Sakanashi, H. Tanaka, H. Yokota [et al.] // *Sports Medicine and Health Science*. – 2024. – V. 6, № 1. – P. 48-53.
101. Injury incidence according to athlete impairment type during the 2012 and 2016 Summer Paralympic Games: a combined analysis of 101 108 athlete days / F. Adam, W. Derman, M. Schwellnus [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2024. – V. 58, № 15. – P. 852-859.
102. Interventional- and amputation-stage muscle proteomes in the chronically threatened ischemic limb / T. E. Ryan, K. Kim, S. T. Scali [et al.] // *Clinical and Translational Medicine*. – 2022. – V. 12, № 1. – Article: e658.
103. Investigation of the Female Athlete Triad in Japanese Elite Wheelchair Basketball Players / Y. Shimizu, H. Mutsuzaki, K. Tachibana [et al.] // *Medicina (Kaunas, Lithuania)*. – 2019. – V. 56, № 1. – Article: 10.

104. Ko, S.-T. A Scoping Review of Pressure Measurements in Prosthetic Sockets of Transfemoral Amputees during Ambulation: Key Considerations for Sensor Design / S.-T. Ko, F. Asplund, B. Zeybek // Sensors (Basel, Switzerland). – 2021. – V. 21, № 15. – Article: 5016.
105. Kons, R. L. Paralympic Sports Classification: Need for Research Based on the Athlete's Origin of Impairment / R. L. Kons, J. M. Patatas // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. – 2023. – V. 102, № 10. – P. 929-930.
106. Kromuszczyńska, J. Wound healing complications in patients with and without systemic diseases following hallux valgus surgery / J. Kromuszczyńska, Ł. Kołodziej, A. Jurewicz // PLOS ONE. – 2018. – V. 13, № 6. – Article: e0197981.
107. Kwasniewski, M. Post Amputation Skin and Wound Care / M. Kwasniewski, D. Mitchel // Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America. – 2022. – V. 33, № 4. – P. 857-870.
108. Lee, K. K. Adaptive Sports in the Rehabilitation of the Disabled Veterans / K. K. Lee, M. J. Uihlein // Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America. – 2019. – V. 30, № 1. – P. 289-299.
109. Lexell, J. Improving knowledge transfer of cutting-edge research in Para sport, adapted sport and Paralympic sport / J. Lexell, W. R. Frontera // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. – 2022.
110. Local delivery of insulin/IGF-1 for bone regeneration: carriers, strategies, and effects / X. Zhang, H. Xing, F. Qi [et al.] // Nanotheranostics. – 2020. – V. 4, № 4. – P. 242-255.
111. Losner, J. A cross-species analysis of systemic mediators of repair and complex tissue regeneration / J. Losner, K. Courtemanche, J. L. Whited // NPJ Regenerative Medicine. – 2021. – V. 6, № 1. – Article: 21.
112. Macías, M. R. The Sport Training Process of Para-Athletes: A Systematic Review / M. R. Macías, F. J. Giménez Fuentes-Guerra, M. T. Abad Robles // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – V. 19, № 12. – Article: 7242.

113. Macrophage-Derived Extracellular DNA Initiates Heterotopic Ossification / X. Han, C. Gao, W. Lu [et al.] // Inflammation. – 2023. – V. 46, № 6. – P. 2225-2240.
114. Males With Traumatic Lower Limb Loss Differ in Body Fat Distribution Compared to Those Without Limb Loss / D. R. Spain, A. M. Andrews, S. A. Crews, J. M. Khan // Military Medicine. – 2023. – V. 188, № 1-2. – P. e140-e144.
115. Mazzeo, F. «Boosting» in Paralympic athletes with spinal cord injury: doping without drugs / F. Mazzeo, S. Santamaria, A. Iavarone // Functional Neurology. – 2015. – V. 30, № 2. – P. 91-98.
116. Miller, R. H. Transfemoral limb loss modestly increases the metabolic cost of optimal control simulations of walking / R. H. Miller, E. M. Bell, E. R. Esposito // PeerJ. – 2023. – V. 12. – Article: e16756.
117. Morley, J. S. Structural specificity of beta-endorphin C-terminal tetrapeptide (MPF) in promoting urodele limb regeneration / J. S. Morley, D. M. Ensor // Life Sciences. – 1989. – V. 45, № 15. – P. 1341-1347.
118. Mosteller, R. D. Simplified Calculation of Body-Surface Area / R. D. Mosteller // New England Journal of Medicine. – 1987. – V. 317, № 17. – P. 1098.
119. Multi-species atlas resolves an axolotl limb development and regeneration paradox / J. Zhong, R. Aires, G. Tsissios [et al.] // Nature Communications. – 2023. – V. 14, № 1. – Article: 6346.
120. Net effect of air pollution controls on health risk in the Beijing-Tianjin-Hebei region during the 2022 winter Olympics and Paralympics / C. Lin, P. K. K. Louie, A. K. H. Lau [et al.] // Journal of Environmental Sciences (China). – 2024. – V. 135. – P. 560-569.
121. Neto, F. R. Origin of Impairment and Timing of Impairment Manifestation in Paralympic Sport / F. R. Neto, C. Winckler, R. R. G. Costa // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. – 2024. – V. 103, № 8. – P. e109-e110.

122. Notational Analysis of Wheelchair Paralympic Table Tennis Matches / A. Guarnieri, V. Presta, G. Gobbi [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2023. – V. 20, № 5. – Article: 3779.
123. Overtraining Syndrome as a Risk Factor for Bone Stress Injuries among Paralympic Athletes / T. Madzar, T. Masina, R. Zaja [et al.] // Medicina (Kaunas, Lithuania). – 2023. – V. 60, № 1. – Article: 52.
124. Parziale, J. R. Golf in the Paralympic Games / J. R. Parziale, A. J. De Luigi // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. – 2023. – V. 102, № 11. – P. 1040-1041.
125. Paulson, T. Current Perspectives on Profiling and Enhancing Wheelchair Court Sport Performance / T. Paulson, V. Goosey-Tolfrey // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2017. – V. 12, № 3. – P. 275-286.
126. Physical Fitness and Inflammatory Response to the Training Load of Wheelchair Rugby Players / Ł. Szymczak, T. Podgórski, J. Lewandowski [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – V. 19, № 4. – Article: 2228.
127. Predictors of lower extremity fracture-related amputation in persons with traumatic spinal cord injury: a case-control study / R. E. Elam, C. E. Ray, S. Miskevics [et al.] // Spinal Cord. – 2023. – V. 61, № 4. – P. 260-268.
128. Prehospital management of exertional heat stroke at sports competitions for Paralympic athletes / Y. Hosokawa, P. E. Adami, B. T. Stephenson [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2022. – V. 56, № 11. – P. 599-604.
129. Psychoendocrine and physical performance responses in male Tunisian rugby players during an international competitive season / M. Elloumi, O. Ben Ounis, Z. Tabka [et al.] // Aggressive Behavior. – 2008. – V. 34, № 6. – P. 623-632.
130. Riquelme-Guzmán, C. The salamander limb: a perfect model to understand imperfect integration during skeletal regeneration / C. Riquelme-Guzmán, T. Sandoval-Guzmán // Biology Open. – 2024. – V. 13, № 2. – Article: bio060152.

131. Rodríguez Macías, M. Factors Influencing the Training Process of Paralympic Women Athletes / M. Rodríguez Macías, F. J. Giménez Fuentes-Guerra, M. T. Abad Robles // Sports (Basel, Switzerland). – 2023. – V. 11, № 3. – Article: 57.
132. Rozado, J. Paralympic Athletes: A Heterogeneous Population Not Exempt from Cardiovascular Disease Risk / J. Rozado, P. Avanzas // The American Journal of Cardiology. – 2024. – V. 210. – P. 311-312.
133. Salivary Biomarkers and Training Load During Training and Competition in Paralympic Swimmers / C. Sinnott-O'Connor, T. M. Comyns, A. M. Nevill, G. D. Warrington // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2018. – V. 13, № 7. – P. 839-843.
134. Samaras, A. A Modified Protocol for Cortisol Analysis in Zebrafish (*Danio rerio*), Individual Embryos, and Larvae / A. Samaras, M. Pavlidis // Zebrafish. – 2020. – V. 17, № 6. – P. 394-399.
135. Sanders, D. The Multidisciplinary Physical Preparation of a Multiple Paralympic Medal-Winning Cyclist / D. Sanders, D. J. Spindler, J. Stanley // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2022. – V. 17, № 8. – P. 1316-1322.
136. Selection and training of disabled persons for scuba-diving. Medical and psychological aspects / J. A. Williamson, F. W. McDonald, E. A. Galligan [et al.] // The Medical Journal of Australia. – 1984. – V. 141, № 7. – P. 414-418.
137. Senescent cells enhance newt limb regeneration by promoting muscle dedifferentiation / H. E. Walters, K. E. Troyanovskiy, A. M. Graf, M. H. Yun // Aging Cell. – 2023. – V. 22, № 6. – Article: e13826.
138. Sex differences in a corticosterone-induced depression model in mice: Behavioral, neurochemical, and molecular insights / Y. Tao, W. Shen, H. Zhou [et al.] // Brain Research. – 2024. – V. 1823. – Article: 148678.
139. Sherk, V. D. BMD and bone geometry in transtibial and transfemoral amputees / V. D. Sherk, M. G. Bemben, D. A. Bemben // Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral

Research. – 2008. – V. 23, № 9. – P. 1449-1457.

140. Shimizu, K. What has the 2020 Tokyo Olympic and Paralympic Games taught global health on sporting mass gatherings under COVID-19 pandemic? / K. Shimizu, E. Mossialos, K. Shibuya // Anaesthesia, Critical Care & Pain Medicine. – 2022. – V. 41, № 1. – Article: 101001.
141. Skin temperature measurement in individuals with spinal cord injury during and after exercise: Systematic review / J. L. Sanchez-Jimenez, I. Aparicio, J. L. Romero-Avila [et al.] // Journal of Thermal Biology. – 2022. – V. 105. – Article: 103146.
142. Sleep Quality in Team USA Olympic and Paralympic Athletes / T. Anderson, N. Galan-Lopez, L. Taylor [et al.] // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2024. – V. 19, № 4. – P. 383-392.
143. Slusher, A. L. Stress induced proinflammatory adaptations: Plausible mechanisms for the link between stress and cardiovascular disease / A. L. Slusher, E. O. Acevedo // Frontiers in Physiology. – 2023. – V. 14. – Article: 1124121.
144. Spinal cord injury-related thermoregulatory impairment masks a fatal malignant hyperthermia crisis: a case report / P. V. Andrade, L. S. Souza, J. M. Santos [et al.] // Canadian Journal of Anaesthesia. – 2022. – V. 69, № 3. – P. 369-373.
145. Stage-dependent cardiac regeneration in *Xenopus* is regulated by thyroid hormone availability / L. N. Marshall, C. J. Vivien, F. Girardot [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2019. – V. 116, № 9. – P. 3614-3623.
146. Strzyz, P. Senescent cells support limb regeneration / P. Strzyz // Nature Reviews. Molecular Cell Biology. – 2023. – V. 24, № 12. – P. 855.
147. Tail-docking influences on behavioral, immunological, and endocrine responses in dairy heifers / S. D. Eicher, J. L. Morrow-Tesch, J. L. Albright [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2000. – V. 83, № 7. – P. 1456-1462.
148. Team USA injury and illness incidence at the 2022 Beijing Winter Olympic

and Paralympic Games / T. Anderson, M. G. Cali, S. C. Clark [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2023. – Article: bjsports-2023-107185.

149. The acute effects of pre- and mid-exercise carbohydrate ingestion on the immunoregulatory stress hormone release in experienced endurance athletes-a systematic review / T. Christ, M. Ringleb, S. Haunhorst [et al.] // Frontiers in Sports and Active Living. – 2024. – V. 6. – Article: 1264814.

150. The development of a mouse model to investigate the formation of heterotopic ossification / G. Cao, L. Li, S. Xiang [et al.] // Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong). – 2023. – V. 31, № 1. – Article: 10225536231163466.

151. The effect of pre-cooling or per-cooling in athletes with a spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis / T. J. O'Brien, K. M. Lunt, B. T. Stephenson, V. L. Goosey-Tolfrey // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2022. – V. 25, № 7. – P. 606-614.

152. The effect of prosthetic alignment on the stump temperature and ground reaction forces during gait in transfemoral amputees / A. M. Cárdenas, J. Uribe, J. M. Font-Llagunes [et al.] // Gait & Posture. – 2022. – V. 95. – P. 76-83.

153. The global burden of traumatic amputation in 204 countries and territories / B. Yuan, D. Hu, S. Gu [et al.] // Frontiers in Public Health. – 2023. – V. 11. – Article: 1258853.

154. The impact of comorbidities on mortality in patients with non-traumatic major lower extremity amputation / B. K. Yağız, U. U. Göktuğ, A. Sapmaz [et al.] // Journal of Wound Care. – 2023. – V. 32, № 12. – P. 805-810.

155. The Insulin-like Growth Factor Signalling Pathway in Cardiac Development and Regeneration / S. Díaz Del Moral, M. Benaouicha, R. Muñoz-Chápuli, R. Carmona // International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – V. 23, № 1. – Article: 234.

156. The management and metabolic characterization: hyperthyroidism and hypothyroidism / Y. Wang, Y. Sun, B. Yang [et al.] // Neuropeptides. – 2023. – V. 97. – Article: 102308.

157. The potential influence of Cortisol and Testosterone on psychobiological aspects in Paralympic athletes / J. Paulo-Pereira-Rosa, A. Silva, D. Ferreira-Rodrigues [et al.] // Apunts. Educación Física y Deportes. – 2020. – № 142. – P. 76-79.
158. The Prevalence of Cardiovascular Diseases in Paralympic Athletes / D. Sawczuk, P. Gać, R. Poręba, M. Poręba // Healthcare (Basel, Switzerland). – 2023. – V. 11, № 7. – Article: 1027.
159. The relationship between lower extremity amputation and body mass index / M. Al Yafi, A. Nasif, L. D. Glosser [et al.] // Vascular. – 2023. – V. 31, № 5. – P. 922-930.
160. The risk of developing autonomic dysreflexia during urodynamic testing in patients after spinal cord injury / A. A. Kamalov, D. A. Okhobotov, M. E. Chaly [et al.] // Urology Herald. – 2022. – V. 10, № 4. – P. 43-53.
161. The role of corticosteroid injections in treating plantar fasciitis: A systematic review and meta-analysis / I. Seth, G. Bulloch, N. Seth [et al.] // The Foot (Edinburg). – 2023. – V. 54. – Article: 101970.
162. The shh limb enhancer is activated in patterned limb regeneration but not in hypomorphic limb regeneration in *Xenopus laevis* / R. Tada, T. Higashidate, T. Amano [et al.] // Developmental Biology. – 2023. – V. 500. – P. 22-30.
163. The Sleep Parameters of Paralympic Athletes: Characteristics and Assessment Instruments / I. Grade, H. Andrade, R. Guerreiro [et al.] // Journal of Sport Rehabilitation. – 2023. – V. 32, № 2. – P. 203-214.
164. The ultra-acute steroid response to traumatic injury: a cohort study / C. Bentley, J. Hazeldine, L. Bravo [et al.] // European Journal of Endocrinology. – 2023. – V. 188, № 3. – Article: lvad024.
165. Time to weigh in on obesity and associated comorbidities in combat-wounded amputees / K. B. Tavares, D. M. Russell, R. J. Conrad [et al.] // Journal of Trauma and Acute Care Surgery. – 2021. – V. 90, № 2. – P. 325-330.
166. Tow, S. Adaptive Sports, Arts, Recreation, and Community Engagement / S. Tow, J. Gober, M. R. Nelson // Physical Medicine and Rehabilitation

Clinics of North America. – 2020. – V. 31, № 1. – P. 143-158.

167. Traumatic Amputations Treated in US Emergency Departments: A Review of the NEISS Database / B. R. Sadoma, N. W. Sheets, D. S. Plurad, E. D. Dubina // The American Surgeon. – 2023. – V. 89, № 10. – P. 4123-4128.
168. Unravelling the limb regeneration mechanisms of *Polypedates maculatus*, a sub-tropical frog, by transcriptomics / C. Mahapatra, P. Naik, S. K. Swain, P. P. Mohapatra // BMC genomics. – 2023. – V. 24, № 1. – Article: 122.
169. Upper-Body versus Lower-Body Cooling in Individuals with Paraplegia during Arm-Crank Exercise in the Heat / P. Alkemade, T. M. H. Eijsvogels, T. W. J. Janssen [et al.] // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2023. – V. 55, № 11. – P. 2014-2024.
170. Urgatz, B. Subclinical hypothyroidism, outcomes and management guidelines: a narrative review and update of recent literature / B. Urgatz, S. Razvi // Current Medical Research and Opinion. – 2023. – V. 39, № 3. – P. 351-365.
171. Vethamany-Globus, S. beta-Endorphins (beta-EP) in amphibians: higher beta-EP levels during regenerating stages of anuran life cycle and immunocytochemical localization of beta-EP in regeneration blastemata / S. Vethamany-Globus, M. Globus, G. Milton // The Journal of Experimental Zoology. – 1984. – V. 232, № 2. – P. 259-267.
172. Vethamany-Globus, S. Hormone action in newt limb regeneration: insulin and endorphins / S. Vethamany-Globus // Biochemistry and Cell Biology. – 1987. – V. 65, № 8. – P. 730-738.
173. Vitamin D Stimulates Cardiomyocyte Proliferation and Controls Organ Size and Regeneration in Zebrafish / Y. Han, A. Chen, K.-B. Umansky [et al.] // Developmental Cell. – 2019. – V. 48, № 6. – P. 853-863.e5.
174. Vitamin D: Metabolism, Molecular Mechanism of Action, and Pleiotropic Effects / S. Christakos, P. Dhawan, A. Verstuyf [et al.] // Physiological Reviews. – 2016. – V. 96, № 1. – P. 365-408.
175. Wand, G. S. Comparison of acute and chronic secretagogue regulation of proadrenocorticotropin/endorphin synthesis, secretion, and messenger

ribonucleic acid production in primary cultures of rat anterior pituitary / G. S. Wand, V. May, B. A. Eipper // Endocrinology. – 1988. – V. 123, № 2. – P. 1153-1161.

176. Wijekoon, A. Prevalence of physical health comorbidities and long-term functional outcomes among community-reintegrated veterans following lower limb amputation in Sri Lanka / A. Wijekoon, D. Gamage Dona, S. Jayawardana // BMJ Military Health. – 2023. – Article: e002578.

177. Year-round injury and illness surveillance in UK summer paralympic sport athletes: 2016-2019 / M. Brownlow, M. Wootten, S. McCaig [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2024. – V. 58, № 6. – P. 320-327.

178. Zebrafish: An Emerging Model for Orthopedic Research / B. Busse, J. L. Galloway, R. S. Gray [et al.] // Journal of Orthopaedic Research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society. – 2020. – V. 38, № 5. – P. 925-936.

179.  $\beta$ -Neoendorphin Enhances Wound Healing by Promoting Cell Migration in Keratinocyte / D. J. Yang, S. H. Moh, Y.-H. Choi, K. W. Kim // Molecules (Basel, Switzerland). – 2020. – V. 25, № 20. – Article: 4640.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Акт внедрения материалов исследования в работу кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной  
и учебно-методической работе,  
к.б.н. Зарецкая Т.Н.



2029 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертации Михеева Семёна Юрьевича в учебный процесс кафедры Восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии с курсом сестринского дела Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Мы, нижеподписавшиеся, подтверждаем, что основные научные положения, выводы и рекомендации кандидатской диссертации Михеева Семёна Юрьевича на тему «Изучение влияния травматической ампутации на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев в условиях специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла» внедрены в учебный процесс кафедры Восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии с курсом сестринского дела при изучении дисциплин: современные немедикаментозные диагностические и реабилитационные технологии, физиотерапия, современные диагностические технологии в лечебной физкультуре и спортивной медицине, организация реабилитации больных и инвалидов, читаемых ординаторам и аспирантам по специальностям 3.31.08.50. «Физиотерапия», 31.08.39 «Лечебная физкультура и спортивная медицина», 31.08.78 «Физическая и реабилитационная медицина»; по направлению подготовки 30.06.01 «Фундаментальная медицина».

Заведующий кафедрой  
восстановительной медицины,  
курортологии и физиотерапии,  
сестринского дела с курсом спортивной медицины  
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России  
к.м.н., доцент

Колбахова С.Н.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Акт внедрения материалов исследования в работу Федерального казенного учреждения «Центральный военный клинический госпиталь им. П. В. Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации

## «УТВЕРЖДАЮ»

Начальник Федерального казенного учреждения «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В.Мандрыка»  
Министерства обороны Российской Федерации



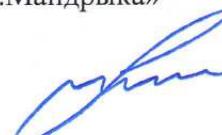
П.Крайнюков  
« 30 » 05 2024 г.

## АКТ

внедрении результатов диссертационной работы Михеева Семёна Юрьевича «Изучение влияния травматической ампутации на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев в условиях специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла» в лечебный процесс федерального казенного учреждения «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В.Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации

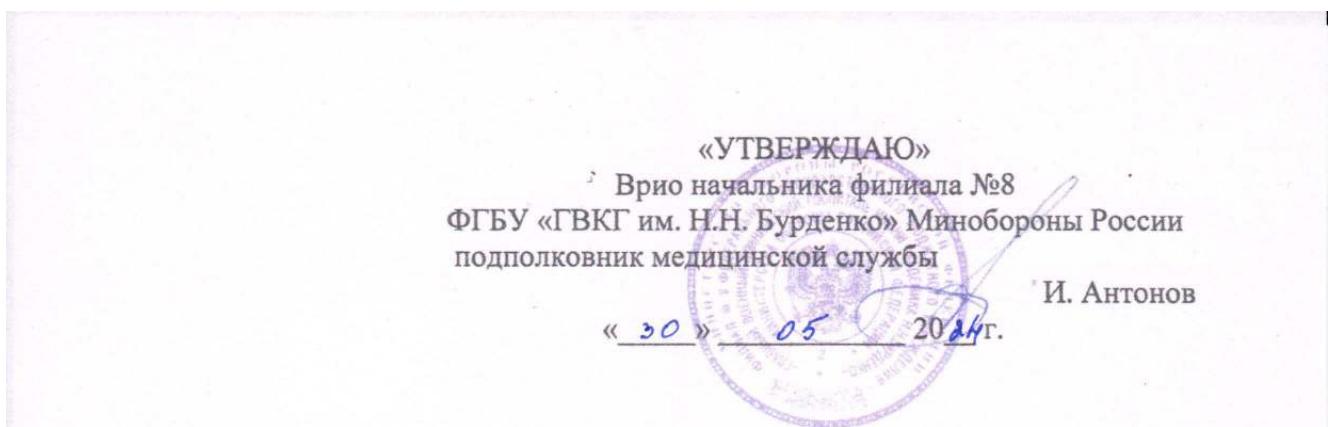
Настоящий акт удостоверяет, что данные, полученные в ходе диссертационного исследования Михеева Семёна Юрьевича «Изучение влияния травматической ампутации на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев в условиях специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла», в том числе основные положения, выводы и практические рекомендации, внедрены в лечебный процесс Федерального казенного учреждения «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В.Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации. Результаты научной работы внедрены с 24.05.2024 г.

Ответственный за внедрение  
от учреждения практического здравоохранения:  
Заместитель начальника ФКУ «ЦВКГ им П.В.Мандрыка»  
Минобороны России по медицинской части  
доктор медицинских наук

 А.Демьяненко

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Акт внедрения материалов исследования в работу филиала №8  
 Федерального государственного бюджетного учреждения «Главный  
 военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко»  
 Министерства обороны Российской Федерации



## АКТ

внедрения результатов диссертационной работы Михеева Семёна  
 Юрьевича «Изучение влияния травматической ампутации на  
 гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев в условиях  
 специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла»,  
 в том числе основные положения, выводы и практические  
 рекомендации, внедрение в лечебный процесс филиала №8 ФГБУ  
 «ГВКГ им. Н.Н. Бурденко» Минобороны России.

Настоящий акт удостоверяет, что данные, полученные в ходе диссертационного исследования Михеева Семёна Юрьевича «Изучение влияния травматической ампутации на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев в условиях специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла», в том числе основные положения, выводы и практические рекомендации, внедрение в лечебный процесс филиала №8 ФГБУ «ГВКГ им. Н.Н. Бурденко» Минобороны России. Результаты научной работы внедрены с 24.05.2024 г.

Ответственный за внедрение  
 от учреждения практического здравоохранения:  
 Врио заместителя начальника филиала по медицинской части  
 подполковник медицинской службы

Р.Мононко

# Акт внедрения материалов исследования в работу Московской региональной общественной организации «Федерация спорта лиц с поражением ОДА»



Общероссийская общественная организация  
«Всероссийская Федерация  
спорта лиц с поражением опорно-  
двигательного аппарата»

Адрес: 101000, Москва,  
Тургеневская пл., 2

Тел. 8 (495) 783-07-77  
Тел./факс: 8 (499) 922-11-95

## СПРАВКА

О внедрении в рабочий процесс врачей по спортивной медицине сборных команд Российской Федерации по спорту лиц с поражениями опорно-двигательного аппарата результатов диссертационной работы Михеева Семёна Юрьевича «Изучение влияния травматической ампутации на гормональный профиль спортсменов-паралимпийцев в условиях специально-подготовительного этапа годичного тренировочного цикла».

Настоящая справка удостоверяет, что результаты научной работы Михеева Семёна Юрьевича по изучению гормонального профиля спортсменов-паралимпийцев с травматическими ампутациями нижних конечностей внедрены в практику врачей по спортивной медицине сборных команд Российской Федерации по спорту лиц с поражениями опорно-двигательного аппарата.

Данные исследования учтены в медико-биологическом сопровождении более чем 50 спортсменов из баскетбола на колясках.

Старший тренер сборной команды  
Российской Федерации по  
баскетболу на колясках спорта лиц  
ПОДА

Д. Б. Оленевский

