

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

МАЛЯКИНА Анастасия Александровна

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА У
ДЕВУШЕК-ГАНДБОЛИСТОК ПРИ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ
НАГРУЗКАМ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

1.5.5. Физиология человека и животных

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук, доцент
Севрюкова Галина Александровна

Волгоград – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	18
1.1. Государственная политика и нормативно-правовое регулирование развития детско-юношеского спорта в России	18
1.2. Физиологические аспекты адаптации организма девушек к физическим нагрузкам тренировочного процесса в игровых командных видах спорта	19
1.3. Особенности организации движений плечевого сустава при вовлечении верхней конечности в тренировочный процесс в игровых командных видах спорта	26
1.4. Взаимообусловленность амплитудных характеристик плечевого сустава и регионарного кровообращения	30
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	36
2.1. Организация и дизайн исследования.....	36
2.2. Методы исследования	39
2.2.1. Методы оценки физического развития и биоимпедансометрия.....	39
2.2.2. Метод оценки двигательной функции верхней конечности (классическая ручная гониометрия).....	46
2.2.3. Методы оценки периферического кровообращения (реовазография) и показателей системной гемодинамики	48
2.3. Функциональные пробы	55
2.3.1. Ортостатическая активная проба.....	55
2.3.2. Статическая нагрузочная проба.....	57
2.4. Методы статистического анализа результатов исследования	59
ГЛАВА 3. ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ДЕВУШЕК-ГАНДБОЛИСТОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	61
3.1. Спортивный анамнез и физическое развитие девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности.....	61
3.2. Особенности системной гемодинамики у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности.....	67
3.3. Особенности периферического кровообращения у девушек гандболисток в зависимости от спортивной деятельности.....	71
ГЛАВА 4. ДИНАМИКА ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ДЕВУШЕК-ГАНДБОЛИСТОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФОНЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБ	75
4.1. Динамика параметров периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток на фоне выполнения активной ортостатической пробы.....	75
4.2. Динамика параметров периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток на фоне выполнения статической нагрузки	85

4.3. Оценка сопряженности параметров периферического кровообращения и амплитудных характеристик активных движений плечевого сустава.....	91
--	----

ГЛАВА 5. СОЗДАНИЕ И ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ АКТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ПЛЕЧЕВОМ СУСТАВЕ (ПРОГРАММА «АРТРО-ПРО»)	103
--	-----

5.1. Методологические подходы к созданию программы «Артро-Про»	103
--	-----

5.2. Валидация авторской методики гониометрии двигательной функции плечевого сустава («Артро-Про»)	110
--	-----

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
------------------	-----

ВЫВОДЫ	129
--------------	-----

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	132
--------------------------------	-----

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	133
--	-----

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	134
-------------------------	-----

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	135
-------------------------	-----

ПРИЛОЖЕНИЯ.....	164
-----------------	-----

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время тренировочный и соревновательный процессы в игровых видах спорта, включая гандбол, характеризуются высокой интенсивностью, ациклическим, интервальным характером работы, необходимостью повторяющихся скоростно-силовых действий, прыжков, резких ускорений и смены направлений движения в условиях дефицита времени, что обуславливает существенное увеличение нагрузки на опорно-двигательный аппарат, в том числе на плечевой сустав, выполняющий большой объём высокоскоростной и мощной работы, сопряжённой с экстремальными положениями и высокой нагрузкой на мышечно-сухожильный и капсульно-связочный аппарат [143, 155, 197, 218]. На фоне увеличивающихся объёмов тренировочных нагрузок и роста соревновательной активности возрастает риск формирования функциональных нарушений в плече-лопаточном комплексе, что может ограничивать спортивную работоспособность и препятствовать достижению высоких результатов [159, 222, 224].

С точки зрения физиологии движений особый интерес представляет взаимосвязь характеристик двигательного паттерна плечевого сустава с периферической гемодинамикой в регионе «плечо – предплечье». Данный аспект рассматривается в ряде работ, посвящённых состоянию регионарного кровообращения у спортсменов [139], анализу реактивности гемодинамических показателей в ответ на физическую нагрузку [101, 141, 144].

Современные исследования показывают, что причинно-следственная связь между амплитудой движений и периферической гемодинамикой носит двунаправленный характер: с одной стороны, ограничение подвижности уменьшает активность мышечной помпы, ухудшает венозный отток и снижает физиологическую стимуляцию артериального кровотока [183, 192]; с другой стороны, исходные нарушения артериального притока, микроциркуляции или

венозного дренажа приводят к ишемии, отёку, повышению тканевого давления и болевому синдрому, формируя предпосылки для уменьшения диапазона движений [57, 211]. Данные о реографических параметрах убедительно демонстрируют, что хроническое ухудшение микроциркуляции сопровождается изменением гидратации соединительной ткани, ремоделированием коллагенового матрикса, снижением эластичности капсулы и сухожилий, что повышает риск контрактур, капсулярной ригидности и устойчивых ограничений как активной, так и пассивной подвижности плечевого сустава [57, 211].

В современной концепции развития детско-юношеского спорта подчёркивается важность совершенствования процесса сопровождения, внедрения персонализированных протоколов наблюдения и технологий раннего выявления неблагоприятных функциональных изменений, связанных с тренировочным стрессом [7, 114, 115, 117, 119, 120]. В связи с этим сочетанное применение гониометрии, в том числе с использованием современных цифровых методик, и реографии в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток представляется перспективным подходом, позволяющим не только количественно оценить амплитуду движений, но и охарактеризовать регионарное кровоснабжение и венозный дренаж в рамках ключевых звеньев функционального состояния плечевого сустава, определяющих конечный двигательный паттерн [27, 86, 87, 88, 89, 136, 142].

В работах, посвященных анализу микроциркуляторных реакций у спортсменов, обоснована важность совместной оценки гемодинамических и функциональных параметров для понимания механизмов адаптации [101, 141]. Совместный анализ углометрических и реографических параметров может быть использован для ранней диагностики функциональных нарушений, объективного мониторинга динамики в процессе тренировки и восстановления, а также для разработки персонализированных программ сопровождения, направленных на сохранение и оптимизацию функциональной подвижности плечевого сустава у девушек-гандболисток, что определяет высокую актуальность комплексного исследования функциональной характеристики плечевого сустава у данного

контингента спортсменок при адаптации к физическим нагрузкам тренировочного процесса.

Степень разработанности темы. В настоящее время хорошо изучены структура тренировочных и соревновательных нагрузок и особенности физической подготовленности гандболисток. Исследования А. И. Табакова, В. Н. Коновалова, Е. А. Реуцкой, М. В. Романенко, а также О. А. Эсенова и Ч. А. Сылапова детально характеризуют скоростно-силовую подготовленность, этапный контроль функционального состояния и морфофункциональные показатели спортсменок, занимающихся гандболом. Авторами показана высокая доля прыжковых и бросковых действий в формировании значительной нагрузки на плечевой сустав в соревновательной деятельности [143, 155, 156].

В трудах А. Г. Щученко, К. К. Бондаренко, Y. Ramasamy, J. Usman, R. Razman представлены современные взгляды на биомеханику «overhead movements», кинематику плечевого сустава и роль ротаторной манжеты и лопаточных стабилизаторов при ударных и бросковых действиях [154, 157]. В этих исследованиях подробно описаны угловые скорости, фазы движения, кинематические цепи и распределение нагрузок на структуры плечевого сустава, однако акцент делается преимущественно на кинематику и силовую подготовленность, а не на комплексную функциональную оценку с учётом регионарной гемодинамики.

В отечественной и зарубежной литературе достаточно полно рассмотрены общие морфофункциональные и физиологические особенности адаптации женского организма к физическим нагрузкам. В работах А. С. Солодкова и Е. Б. Сологуб, А. С. Хорьковой, А. В. Черкасовой, Л. Р. Шафиковой описаны половой диморфизм, особенности мышечной и костной массы, связочного аппарата и вегетативных реакций женщин при систематической тренировке, подчёркиваются меньшая мышечная масса с менее выраженной гипертрофией мышц и повышенной эластичностью связок, что создаёт предпосылки для увеличения функциональной нагрузки и уязвимости суставов, в том числе плечевого, при интенсивных физических воздействиях [138, 146, 147, 149]. В

исследованиях последних лет уделяется внимание вопросам влияния овариально-менструального цикла на работоспособность и риск травматизма у спортсменок [15, 160, 186, 196, 215, 216, 217], наряду с особенностями вегетативной регуляции у женщин [14, 34, 35, 96, 134].

Существенный вклад в разработку проблемы внесли работы, посвящённые периферическому кровообращению у спортсменов. Так, Е. Ю. Дратцев, А. Д. Викулов, А. А. Мельников исследовали состояние регионарного кровотока у спортсменов высокой квалификации и описали характер изменений артериального притока, сосудистого тонуса и венозного оттока под влиянием физических нагрузок [139]. Н. А. Тишутин, О. Н. Малах, Т. Ю. Крестьянинова, а также Ф. Б. Литвин, К. А. Кротова, В. Я. Жигало изучали реактивность гемодинамических показателей и микроциркуляторные реакции на дозированную нагрузку в различных видах спорта, что позволило им описать типичные профили гемодинамических сдвигов у тренированных лиц [141, 144]. В данных работах, в том числе в исследованиях О. Н. Кудря с соавт., подчеркивается, что состояние регионарного кровообращения является важным звеном в обеспечении физической работоспособности и отражает адаптационные процессы, происходящие в организме спортсмена [61, 72, 122]. Эти работы обосновали важную роль регионарного кровотока в обеспечении работоспособности мышц и суставов, однако в подобных работах отсутствуют данные о сочетанности реографических показателей с детальным анализом амплитудных характеристик движений в конкретном суставе.

В зарубежной литературе достаточно подробно представлены биомеханические аспекты функционирования плечевого сустава при «overhead movements», включая анализ кинематических цепей, угловых скоростей и роли ротаторной манжеты [157, 162, 163], а также механизмы нарушения регионарной гемодинамики, связанные с изменением артериального притока, сосудистого тонуса и венозного оттока [57, 183, 211].

Активно изучаются факторы риска травм плеча у спортсменок, занимающихся «overhead» видами спорта [200], а также применение методов

ограничения кровотока для оптимизации физиологических показателей и функционального восстановления [183, 202, 213, 214]. Вместе с тем, в доступной литературе практически отсутствуют работы, в которых периферическое кровообращение и гониометрические параметры плечевого сустава рассматривались бы в рамках единого комплексного подхода у спортсменок игровых видов спорта, включая гандбол. Имеющиеся исследования изолированно сфокусированы либо на биомеханике движений, либо на гемодинамических реакциях, в них не отражается наличие межсистемных связей между этими двумя группами показателей в условиях тренировочного процесса и после его прекращения.

Таким образом, к настоящему времени в достаточной мере разработаны общие физиологические основы адаптации женского организма, структура тренировочной и соревновательной деятельности гандболисток, биомеханика «overhead movements» и методические подходы к оценке периферического кровообращения. В то же время остаётся недостаточно изученным комплексный подход, предполагающий одновременную количественную оценку амплитудных характеристик плечевого сустава и реографических показателей в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток при адаптации к условиям тренировочного процесса. В связи с этим настоящая работа представляет собой интегральное исследование, в котором функциональная характеристика плечевого сустава рассматривается как многофакторная система, объединяющая морфофизиологические, гониометрические и гемодинамические компоненты. Отсутствие подобных исследований определяет неполную степень разработанности данной проблемы и актуализирует необходимость её изучения в рамках диссертационного исследования.

Цель исследования – комплексная оценка периферической гемодинамики в регионе «плечо – предплечье» и её связи с амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава у девушек-гандболисток при адаптации к физическим нагрузкам тренировочного процесса.

Задачи исследования:

1. Оценить морфофункциональный профиль, показатели периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» и гониометрические параметры плечевого сустава у девушек-гандболисток с различной спортивной деятельностью.
2. Исследовать особенности динамики периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток с различной спортивной деятельностью на фоне функциональных проб и охарактеризовать типологию срочных адаптивных реакций.
3. Установить сопряжённость показателей периферического кровообращения с амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава у девушек-гандболисток с различной спортивной деятельностью.
4. Создать программу объективной диагностики активных движений в плечевом суставе на основе применения искусственных нейронных сетей и видеоанализа движений.

Новизна результатов исследования. На основе комплексного исследования функциональных характеристик плечевого сустава у девушек-гандболисток при адаптации к физическим нагрузкам тренировочного процесса впервые:

- выявлены разнонаправленные реакции периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье», обуславливающие латеральную типологию срочных адаптивных реакций на функциональные пробы: у действующих спортсменок формируется адаптивный, совершенный тип регуляции сосудистого ответа с согласованным снижением пульсового кровенаполнения, компенсаторным повышением тонуса резистивных сосудов и сохранным венозным оттоком, тогда как у завершивших спортивную карьеру – дезадаптивный, напряжённый с сегментарно неоднородной сосудистой реактивностью, сопровождающейся избыточным ростом периферического сопротивления и застойными явлениями в венозном русле;

- установлена межсистемная сопряжённость между показателями периферического кровообращения (в покое, на фоне ортостатической и статической нагрузок) и амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава. У действующих спортсменов выявлены положительные корреляции коэффициентов сдвига на нагрузку с угловыми амплитудами отведения, отражающие сохранную сосудисто-двигательную адаптацию; у завершивших спортивную карьеру доминируют обратные корреляции, свидетельствующие о снижении сопряжённости между двигательным и сосудистым компонентами реакций адаптации. Выявленная взаимосвязь между гониометрическими и реографическими параметрами послужила физиологическим обоснованием для разработки объективного метода компьютерной гониометрии «Артро-Про», позволяющего с высокой точностью регистрировать минимальные изменения амплитуды движений в плечевом суставе и своевременно выявлять донозологические функциональные нарушения;

- создана программа компьютерной гониометрии «Артро-Про» на основе искусственных нейронных сетей и видеоанализа движений, обеспечивающая объективную воспроизводимость измерений, регистрацию минимальных латеральных различий, цифровое хранение динамики гониометрических данных и возможность сопоставления угловых (амплитудных) характеристик с реографическими переменными в единой аналитической системе. Новизна разработанной методологии заключается в одновременной оценке угловой амплитуды отведения плеча и угловой амплитуды подъёма плечевого пояса, что позволяет выявить ранние компенсаторные нарушения плече-лопаточного ритма и повысить точность оценки функции собственно плечевого сустава;

- обоснована физиологическая целесообразность использования компьютерной гониометрии как инструмента объективизации диагностики функциональных нарушений плечевого сустава у действующих спортсменов и завершивших спортивную карьеру, а также у лиц с профессиональными нарушениями опорно-двигательного аппарата, что позволяет своевременно выявлять латеральную асимметрию и проводить мониторинг функционального

состояния верхней конечности в динамике тренировочного процесса и восстановительных мероприятий.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты расширяют фундаментальное знание о физиологических механизмах адаптации периферического кровообращения верхних конечностей у спортсменов игровых видов спорта к специфическим нагрузкам тренировочного процесса и после прекращения спортивной деятельности.

Практическая значимость исследования заключается в том, что созданная компьютерная программа «Артро-Про» может быть рекомендована для включения в план скрининга функционального состояния плечевого сустава у спортсменов и лиц с профессиональными нарушениями опорно-двигательного аппарата с последующим выявлением ограничений функции плечевого сустава и созданием превентивных программ.

Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы в учебном процессе на кафедрах физиологического профиля медицинских, биологических, педагогических и физкультурных вузов.

Связь с планом научно-исследовательских работ университета и отраслевыми программами. Диссертационная работа выполнена в соответствии с «Концепцией развития детско-юношеского спорта в Российской Федерации до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2021 года № 3894-р в рамках научно-исследовательских и технологических работ федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации «Научно-методологическое обоснование применения цифровой гониометрии на основе технологии искусственных нейронных сетей для профилактики травматизма в детско-юношеском спорте» (договор № 49 от 01 марта 2024 г. с ГАУ ДО Волгоградской области «Спортивная школа по гандболу «Динамо»), плановой научно-исследовательской работы кафедры нормальной физиологии федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации «Физиология адаптации человека: оценка, прогнозирование, способы функциональной коррекции и реабилитации», подраздел «Функциональная характеристика плечевого сустава у девушек-гандболисток при адаптации к физическим нагрузкам тренировочного процесса».

Методология и методы исследования. В основу методологии диссертационного исследования положен комплексный подход, включающий сравнительный анализ результатов физиологического исследования морфофункционального статуса, двигательного паттерна, регионарного кровообращения у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности. Аналитический этап работы включал изучение, анализ и обобщение данных научной литературы о государственной политике и нормативно-правовом регулировании развития детско-юношеского спорта в России, о физиологических аспектах адаптации организма девушек к физическим нагрузкам тренировочного процесса игровых командных видов спорта, об особенностях организации движений плечевого сустава при вовлечении верхней конечности в тренировочный процесс в игровых командных видах спорта. На следующем этапе диссертационной работы проводилась оценка морфофункционального профиля, периферической гемодинамики в регионе «плечо – предплечье» (фон, функциональные пробы), определялись гониометрические параметры плечевого сустава у девушек-гандболисток с различной спортивной деятельностью. Сравнительное исследование позволило оценить реографические показатели кровотока в регионе «плечо – предплечье» и выявить их взаимосвязь с амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава. На заключительном этапе аргументировались методологические подходы к созданию и валидации программы для объективной количественной диагностики функциональных нарушений плечевого сустава (авторская программа компьютерной гониометрии «Артро-Про»), что позволило

обосновать её применение для функциональной диагностики у спортсменов и лиц с профессиональными нарушениями опорно-двигательного аппарата.

В работе использовались физиологические методы оценки морфофункционального профиля, системной и периферической гемодинамики организма и классическая ручная гониометрия. Оценка физического развития и компонентного состава тела проводилась по стандартным антропометрическим методикам с расчётом индекса массы тела, индекса кистевой силы, уровня физического развития и методом биоимпедансометрии (анализатор состава тела Tanita BC-601 (Япония)). Исследование системной гемодинамики включало измерение артериального давления, частоты сердечных сокращений с расчётом интегральных показателей, таких как вегетативный индекс Кердо, двойное произведение, коэффициент выносливости. Параметры периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» регистрировали с помощью модуля «Реовазография» АПК «Рео-Спектр» (ООО Нейрософт, г. Иваново) с анализом реографического индекса, амплитудно-частотного показателя, модуля упругости, диастолического и диастолического индексов, показателей венозного оттока в фоновом состоянии и на фоне выполнения функциональных проб (ортостатическая проба, статическая нагрузка). Оценка функции плечевого сустава проводилась методами классической ручной гониометрии и авторской методикой «Артро-Про».

Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью программы SPSS-26. Для определения соответствия нормальному распределению использовался критерий Шапиро-Уилка. При отсутствии соответствия нормальному распределению в работе использовались методы непараметрической статистики (медиана (Me), межквартильный размах (Q_{25} ; Q_{75})). Корреляционный анализ проводили с помощью ранговой корреляции Спирмена. Статистически значимыми считались различия показателей и корреляции при уровне $p \leq 0,05$.

Согласно Хельсинкской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki, 1964 г., с дополнениями – 1975,

1983, 1989, 2000 гг.) все девушки-гандболистки подписывали информированное согласие на участие в исследовании. Текст информированного согласия, дизайн и протокол исследования соответствовали биоэтическим принципам (протоколы ЛЭК ФГБОУ ВО ВолГМУ Минздрава России № 2022/149 от 21.10.2022, № 2024/244 от 29.11.2024).

Основные положения, выносимые на защиту

1. Адаптация к физическим нагрузкам тренировочного процесса у девушек-гандболисток сопровождается специфическими изменениями компонентного состава тела, латеральной асимметрией системной и регионарной гемодинамики и ограничением амплитуды сгибания и отведения в плечевом суставе ведущей руки, что отражает перестройку двигательного паттерна.

2. Функциональные пробы (ортостатическая и статическая) выявляют латеральную типологию срочных адаптивных реакций периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток с различной спортивной деятельностью, отражая физиологическую «цену» адаптации у действующих спортсменок и признаки детренированности у завершивших карьеру.

3. Межсистемная сопряжённость показателей периферического кровообращения с амплитудными характеристиками движений плечевого сустава служит физиологическим обоснованием для создания программы компьютерной гониометрии «Артро-Про» на основе нейронных сетей и видеоанализа движений, обеспечивающей объективную диагностику функциональных нарушений плечевого сустава.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационное исследование полностью соответствует паспорту специальности 1.5.5. Физиология человека и животных (медицинские науки): п. 4 Закономерности функционирования основных систем организма (нервной, внутренней секреции, иммунной, сенсорной, двигательной, крови, кровообращения, лимфообращения, дыхания, выделения, пищеварения, репродуктивной и др.) при различных состояниях организма; п. 7. Исследование механизмов сенсорного восприятия и организации

движений; п. 12. Разработка новых методов исследований функций животных и человека; п. 13. Конституционально-типологическая специфика проявлений физиологических функций.

Личный вклад автора. Личный вклад соискателя заключается в самостоятельной организации и проведении комплекса физиологических исследований на кафедре нормальной физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Соискатель лично регистрировала реографические показатели в регионе «плечо – предплечье» в покое и на фоне выполнения функциональных проб, проводила биоимпедансометрию, классическую ручную гониометрию плечевого сустава, а также осуществила валидацию разработанной авторской компьютерной программы «Артро-Про». Соискателем самостоятельно выполнены интерпретация, анализ, обобщение и внедрение в практику полученных результатов исследования. Подготовка основных публикаций по теме диссертации, написание текста диссертации и автореферата осуществлены лично А. А. Малякиной. В работах, опубликованных в соавторстве, авторский вклад А. А. Малякиной является основным. Совместно с научным руководителем сформулированы цель, задачи, новизна результатов исследования, основные положения, выносимые на защиту, выводы диссертации и практические рекомендации.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность представленных в работе результатов, научных положений и выводов обусловлена использованием высокоинформативных физиологических методов, репрезентативностью выборки, всесторонним анализом фактического материала и применением адекватных поставленным задачам алгоритмов статистической обработки. Все исследования проведены на сертифицированном оборудовании.

Диссертационная работа апробирована на расширенном заседании Проблемной комиссии «Физиология. Гигиена. Медицинская биология.

Микробиология. Медицина и спорт» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, протокол № 6 от 26.06.2026.

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на: XII Всероссийском конгрессе общества кистевых хирургов, Волгоград – Нижний Новгород, 2025 г.; Научно-практической конференции для аспирантов и соискателей «Аспирантские чтения», Волгоград, 2024 г.; XVIII Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений, Москва, 2023 г.; Десятой научно-практической конференции (ФМБА России), Москва, 2023 г.; XVI Международной научной конференции молодых ученых, Москва, 2023 г.; XII Всероссийский съезд травматологов-ортопедов: Москва – Санкт-Петербург, 2022 г.

Внедрение результатов работы. Авторская программа компьютерной гониометрии «Артро-Про» представлена в методических рекомендациях «Организация мероприятий по профилактике нарушений опорно-двигательного аппарата врачей-косметологов» (согласовано главным внештатным специалистом по медицинской и лечебной физкультуре комитета здравоохранения Волгоградской области 27.02.2025), «Эксплуатация программного комплекса Joint mobility scanner v. 1.0». Результаты исследований внедрены в тренировочный процесс государственного автономного учреждения дополнительного образования Волгоградской области «Спортивная школа по гандболу «Динамо», в научно-исследовательскую деятельность федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 2 статьи в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (специальность 1.5.5. Физиология человека и животных (медицинские

науки), 2 статьи в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и RSCI, 6 зарегистрированных результатов интеллектуальной деятельности: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667718 РФ «Артро-Про», свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025696161 РФ «Joint Mobility Scanner v.1.0.», патент № 2836777 С1 РФ «Способ оценки функционального состояния плечевого сустава», патент № 2845516 С1 РФ «Способ измерения отведения в плечевом суставе с помощью рентгенографии», свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024625674 РФ «База данных анализа амплитуды отведения плечевого сустава», свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2026620070 РФ «Анализ функционального состояния плечевого сустава под нагрузкой у спортсменов гандболистов»), 2 методические рекомендации, 3 публикации в сборниках научных трудов и материалах конференций международного и всероссийского уровня.

Структура и объём работы. Диссертационная работа изложена на 175 страницах машинописного текста и включает следующие разделы: введение, обзор литературы, описание материалов и методов, три главы собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений и список литературы. Работа содержит А, Б, В, Г приложения, иллюстрирована 18 таблицами и 14 рисунками. Список литературы содержит 227 источников, из которых 156 – труды отечественных авторов и 71 – зарубежных.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Государственная политика и нормативно-правовое регулирование развития детско-юношеского спорта в России

Государственная политика Российской Федерации в сфере детско-юношеского спорта ориентирована на модернизацию системы физического воспитания, укрепление здоровья детей и формирование спортивного резерва [7, 30, 116, 117]. Базовым стратегическим документом выступает Концепция развития детско-юношеского спорта в Российской Федерации до 2030 года, которая предусматривает расширение сети школьных спортивных клубов, внедрение цифровых технологий и создание условий для раннего физического развития детей [30, 120, 121].

Современный этап развития отрасли характеризуется переходом от преимущественно соревновательной модели к здоровьесберегающей [30, 79, 120, 121]. Приоритет смещается в сторону гармоничного физического развития детей и подростков, профилактики заболеваний опорно-двигательного аппарата и повышения доступности регулярной двигательной активности [79, 120]. Вместе с тем сохраняются выраженные региональные различия в обеспеченности спортивной инфраструктурой и кадровыми ресурсами [17, 46, 104, 115, 121, 126].

В Волгоградской области данная работа осуществляется на основе регионального законодательства о физической культуре и спорте, а также государственной программы развития физической культуры и спорта [46, 79, 81, 113, 114, 115, 120].

Важным направлением развития является цифровая трансформация детско-юношеского спорта [120]. Формирование единого информационного пространства, внедрение государственной цифровой платформы в сфере физической культуры и спорта, а также развитие электронных сервисов создают

условия для более эффективного управления отраслью и мониторинга состояния здоровья спортсменов [120].

Дополнительные перспективы открывает использование носимых устройств, технологий Интернета вещей, искусственного интеллекта и цифровых реабилитационных платформ [119, 120, 173, 226]. Применение GPS-трекеров, сенсоров, систем анализа variability сердечного ритма, цифровых двойников и VR/AR-технологий расширяет возможности персонализированного контроля тренировочного стресса, оценки биомеханики движений и повышения эффективности мероприятий, оптимизирующих функциональное состояние организма юных спортсменов [87, 88, 136, 161, 173, 226].

1.2. Физиологические аспекты адаптации организма девушек к физическим нагрузкам тренировочного процесса в игровых командных видах спорта

Современный этап развития игровых командных видов спорта (гандбол, баскетбол, волейбол) характеризуется высокой интенсивностью соревновательной деятельности, динамичностью игрового процесса и значительными объёмами тренировочных нагрузок [63, 64, 146]. В настоящее время в спортивной физиологии и медицине уделяется особое внимание изучению механизмов адаптации женского организма к условиям тренировочной и соревновательной деятельности, поскольку на фоне формирования репродуктивной системы, чрезмерные нагрузки могут приводить к срыву адаптационных механизмов [14, 63, 64, 78, 146, 147, 149].

Тренировочный и соревновательный процессы в игровых видах спорта носят ациклический и интервальный характер, которые требуют проявления скоростно-силовых качеств, прыгучести, ловкости и координации в условиях дефицита времени [44, 68]. В женском гандболе значительная доля нагрузок приходится на прыжки, резкие ускорения и смену направлений движения, что предъявляет специфические требования к опорно-двигательному аппарату и вегетативным системам обеспечения мышечной деятельности [44, 93, 125, 143].

Как отмечают ряд исследователей, женский организм в целом хорошо переносит нагрузки, направленные на развитие силовой выносливости, однако имеет ряд анатомо-физиологических особенностей, лимитирующих предельную мощность выполняемой работы [63, 68, 143, 146, 156].

Адаптация опорно-двигательного аппарата к физическим нагрузкам у девушек неразрывно связана с генетически детерминированным половым диморфизмом [74, 94, 160, 178]. Женский организм характеризуется меньшей общей мышечной массой, менее выраженной рабочей гипертрофией мышц под влиянием силовых тренировок и меньшей абсолютной силой, что обусловлено более низкой концентрацией андрогенов [132]. Кроме того, у девушек отмечается меньшая толщина мышечных волокон при сопоставимом с мужчинами соотношении быстрых и медленных типов волокон [64, 78]. Костная система женщин отличается меньшей плотностью и механической прочностью, а связочный аппарат обладает повышенной эластичностью и растяжимостью, что увеличивает амплитуду движений, но снижает стабильность суставов [45, 64, 78].

Систематические физические нагрузки вызывают в мышечной ткани девушек комплекс адаптационных изменений на клеточном и тканевом уровнях [45, 64, 82, 94]. Процесс адаптации осуществляется на основе принципа единства формы и функции: функциональные сдвиги (увеличение силы, выносливости) сопровождаются структурными изменениями (увеличение количества митохондрий, разрастание капиллярной сети, накопление гликогена) [45, 64, 94]. Однако, в отличие от мужского организма, где преобладает выраженная гипертрофия миофибрилл, у девушек адаптация в большей степени реализуется за счет совершенствования межмышечной и внутримышечной координации, а также оптимизации процессов энергообеспечения работающих мышц [64, 78, 82].

Следует отметить, что физические нагрузки оказывают выраженное остеогенное воздействие [94]. Под влиянием механических напряжений, возникающих при мышечных сокращениях и опорных реакциях, происходит активация остеобластов, что приводит к увеличению минеральной плотности костной ткани и утолщению кортикального слоя костей [65, 94]. Для девушек этот

процесс имеет критическое значение, так как пиковая костная масса формируется именно в юношеском возрасте, и адекватные физические нагрузки служат главной профилактикой остеопороза в будущем [94]. Суставно-связочный аппарат реагирует на нагрузки утолщением коллагеновых волокон и повышением их прочности, однако этот процесс протекает медленнее мышечной адаптации, что необходимо учитывать при планировании макроциклов [48, 64].

Адаптивные перестройки представляют собой динамический процесс, включающий стадии физиологического напряжения, адаптированности, а при нерациональном построении тренировок – дезадаптации [78, 110, 146]. Несоответствие между темпами роста тренировочных нагрузок и скоростью пластических процессов в опорно-двигательном аппарате (особенно в хрящевой и соединительной тканях) приводит к микротравмам [94, 137, 146]. У девушек риск дезадаптации повышается на фоне колебаний овариально-менструального цикла, когда под действием эстрогенов и релаксина изменяются биомеханические свойства связок [94, 146]. Хроническое перенапряжение опорно-двигательного аппарата без достаточного времени на восстановление является пусковым механизмом для развития тендинопатий и ранних дегенеративных изменений в суставах [65, 78, 146, 185].

Овариально-менструальный цикл выступает естественным регулятором гомеостаза [22, 74, 110, 138, 160, 186, 209]. Исследователи отмечают, что организм спортсменок демонстрирует наибольшие приспособительные возможности и высокую работоспособность в фолликулярную (постменструальную) фазу [74, 110, 160]. Это обусловлено доминирующим влиянием эстрогенов, которые стимулируют анаболизм белков, улучшают трофику миокарда, повышают ударный объем крови и тонус сосудов [110, 74]. В свою очередь, менструальная, овуляторная и предменструальная фазы считаются «неблагоприятными» (критическими) периодами, когда наблюдается снижение общей резистентности, повышение пульсовой стоимости работы и субъективное ухудшение переносимости нагрузок [22, 74, 160, 209].

Несмотря на высокую пластичность, женская репродуктивная система обладает высокой чувствительностью к энергетическому дефициту и чрезмерному тренировочному стрессу [14, 25, 63, 77, 138, 147, 172, 174, 187, 217, 209]. Тренировки без учета фаз овариально-менструального цикла и критических периодов его становления могут привести к патологическим изменениям функции яичников [15, 186, 217]. Хроническое переутомление и низкая энергетическая доступность (особенно в видах спорта, требующих контроля массы тела) вызывают гипоталамо-гипофизарную дисфункцию, что проявляется задержками менструаций, олигоменореей, а в тяжелых случаях – аменореей и развитием классической «триады спортсменок» [25, 147, 174, 186, 187, 194, 216, 220].

Современные подходы в физиологии спорта требуют рассматривать овариально-менструальный цикл как матрицу для планирования тренировочного процесса [15, 94, 110, 146, 147, 172, 174, 179, 186, 215]. Учёт хронобиологических ритмов является обязательным условием для достижения пика формы без ущерба для репродуктивного здоровья [110]. Постменструальная фаза оптимальна для применения базовых развивающих нагрузок [22, 215, 217]. Построение тренировочных программ на основе знания физиологических закономерностей овариально-менструального цикла способствует сохранению репродуктивного потенциала и достижению высоких спортивных результатов у девушек – спортсменок [15, 44, 110, 147, 172, 179, 186, 187, 215, 220].

Неотъемлемым фактором, модифицирующим реактивность сердечно-сосудистой системы женщин, является овариально-менструальный цикл. Флуктуации уровней эстрогенов и прогестерона оказывают прямое влияние на эндотелий сосудов и водно-электролитный баланс. Эстрогены, преобладающие в фолликулярной фазе, стимулируют выработку оксида азота (NO), вызывая вазодилатацию, снижая общее периферическое сосудистое сопротивление и улучшая перфузию работающих мышц. Прогестерон в лютеиновой фазе, напротив, способствует задержке жидкости и может приводить к незначительному повышению базового уровня частоты сердечных сокращений и вентиляции легких [74, 172, 179, 186, 187, 215].

В современных исследованиях сопоставляются работы, в которых рассматриваются различные точки зрения о наличии или отсутствии влияния менструального цикла на физическую работоспособность [158, 160, 174, 178]. Однако доказано, что в лютеиновой фазе значительно возрастает «субъективная тяжесть» воспринимаемой нагрузки [172]. Это означает, что, хотя объективные параметры гемодинамики остаются в норме, центральная нервная система девушек в лютеиновую фазу испытывает большее напряжение при выполнении той же тренировочной работы [8]. Учёт этих данных критически важен при планировании интенсивности микроциклов [8, 172].

Анатомо-физиологические характеристики аппарата кровообращения женщин существенно отличаются от такового у мужчин. Масса сердца у нетренированных девушек в среднем на 10-15% меньше, чем у юношей, соответственно меньше объем полостей и систолический объем крови [138]. В состоянии мышечного покоя минутный объем кровообращения у женщин ниже, а частота сердечных сокращений на 10-15 ударов в минуту выше [138].

В процессе многолетней спортивной подготовки под влиянием регулярных тренировок формируется синдром физиологического «спортивного сердца» [31]. У женщин – спортсменок, как и у мужчин, развивается эксцентрическая гипертрофия левого желудочка, характерная для видов спорта на выносливость, или концентрическая гипертрофия (при силовых нагрузках) [31]. Однако степень выраженности структурных перестроек у женщин достоверно меньше. Толщина задней стенки левого желудочка и межжелудочковой перегородки у высококвалифицированных спортсменок редко превышает 11-12 мм [31, 127].

Физиологическое значение этих особенностей велико: если у спортсмена – юноши выявление толщины миокарда 13-14 мм может расцениваться как вариант нормы («серая зона»), то у девушки такие показатели требуют исключения гипертрофической кардиомиопатии [152]. Адаптация к спортивной деятельности сопровождается повышением сократительной функции и фракции выброса при снижении механической работы сердца за счёт брадикардии, что отражает высокую экономичность работы миокарда [31, 84, 152].

Изменения гемодинамики под влиянием тренировочного процесса зависят от стажа спортивной деятельности. У спортсменов со стажем более 3 лет отмечается выраженная перестройка системной гемодинамики: степень повышения ударного объема превосходит степень снижения частоты сердечных сокращений [31]. Регионарная гемодинамика, в частности кровообращение нижних и верхних конечностей, претерпевает значительные изменения в зависимости от специфики спорта [101, 122, 141]. В процессе спортивной подготовки формируются характерные изменения периферической гемодинамики в ответ на систематическую физическую нагрузку, выступающие как компенсаторный механизм перераспределения крови [101, 127, 141].

Адаптация системной гемодинамики девушек к физическим нагрузкам характеризуется преобладанием хронотропных механизмов над инотропными [138]. Из-за меньшего объема левого желудочка прирост систолического объема при мышечной работе ограничен, и обеспечение тканей кислородом достигается главным образом за счёт резкого увеличения частоты сердечных сокращений [138].

В исследованиях показано, что реакции системной гемодинамики на физическую нагрузку зависят от исходного вегетативного тонуса девушек [2, 14, 23]. У спортсменок – симпатотоников реакции сопровождаются выраженным приростом частоты сердечных сокращений и повышением систолического артериального давления, в то время как парасимпатотоники демонстрируют более экономичный паттерн реакций адаптации с преимущественным ростом ударного объема [14, 23].

Ациклические виды спорта, к которым относятся спортивные игры (включая гандбол), единоборства и гимнастика, отличаются резкой сменой двигательной активности, высокой интенсивностью игровых действий, быстрыми переключениями, силовыми противоборствами и чередованием анаэробных и аэробных режимов энергообеспечения [152].

Гандбол предъявляет специфические требования к адаптации сердечно-сосудистой системы, систем дыхания и кровообращения девушек [71, 159]. Тренировочный процесс гандболисток связан с необходимостью срочной

адаптации сердечно-сосудистой системы к непредсказуемым интервальным нагрузкам максимальной и субмаксимальной интенсивности [71, 86, 89, 159]. Исследования (2020-2025 гг.) показывают, что у девушек-гандболисток показатели вариабельности ритма сердца выступают надежным маркером функционального состояния: быстрое включение симпатической нервной системы обеспечивает мобилизацию энергетических ресурсов при соревновательных нагрузках [34, 35, 60, 71, 96].

В сравнении с юношами девушки – спортсменки в ациклических видах спорта демонстрируют специфическую кинетику кислородного пульса и скорость восстановления показателей гемодинамики после стресс-тестов [99]. Несмотря на высокую пластичность сердечно-сосудистой системы и кровообращения, чрезмерные игровые нагрузки при недостатке восстановления могут вести к срыву адаптации [61, 63, 73]. Мониторинг спектральных показателей вариабельности сердечного ритма и реографии регионарных бассейнов позволяет своевременно выявлять признаки перенапряжения, оптимизируя подготовку гандболисток и представительниц других ациклических видов спорта [34, 35, 60, 71, 96, 99, 100].

Исследование регионарной гемодинамики и сосудистого тонуса является важнейшим инструментом оценки вегетативной регуляции кровообращения [24, 72, 99, 105, 135]. Особое место здесь занимает ортостатическая проба (активная и пассивная), отражающая функциональные резервы антигравитационной системы организма [20, 34, 35, 86, 100]. Переход в вертикальное положение вызывает перераспределение крови (до 500-800 мл депонируется в венах нижних конечностей), что снижает венозный возврат к сердцу [20, 84, 138]. Адаптация к этому состоянию у девушек имеет гендерные особенности: у них изначально более высокая податливость венозного русла, что предрасполагает к ортостатической неустойчивости [34, 35, 86].

При проведении ортостатических проб у высококвалифицированных спортсменок (например, гандболисток или хоккеисток) отмечается адекватная симпатическая активация: повышение тонуса сосудов микро- и

макроциркуляторного русла ног, что предотвращает чрезмерное падение артериального давления [34, 35, 86, 135]. Регуляция артериального давления при этом подчиняется преимущественно гуморально-метаболическим влияниям и барорефлекторным механизмам [34, 35].

Сравнительные исследования показывают, что у тренированных девушек амплитуда пульсаций сосудов в нижних конечностях при ортостазе уменьшается в 3-4 раза, обеспечивая поддержание системной гемодинамики [34, 35, 86]. Срыв этих адаптивных механизмов на фоне перетренированности проявляется в виде ортостатических коллапсов и выраженной тахикардии при вставании [34, 35].

1.3. Особенности организации движений плечевого сустава при вовлечении верхней конечности в тренировочный процесс в игровых командных видах спорта

Игровые командные виды спорта (гандбол, волейбол, баскетбол, водное поло) характеризуются высокой интенсивностью двигательной активности, частыми бросковыми и ударными движениями, которые предъявляют специфические требования к биомеханике и физиологии опорно-двигательного аппарата [13, 146, 158, 219]. В этих дисциплинах верхняя конечность, и в частности плечевой сустав, является инструментом реализации технических действий [154]. Учитывая, что скорость руки при ударе или броске мяча может достигать экстремальных значений, физиология движений плечевого комплекса приобретает ключевое значение для сохранения стабильности сустава и достижения высоких спортивных результатов [98].

Плечевой сустав (плечевой комплекс) является наиболее подвижным и биомеханически сложным сочленением в организме человека [47, 163]. В спортивной практике верхний плечевой пояс несёт колоссальную статическую и динамическую нагрузку, особенно в бросковых видах спорта (гандбол, волейбол, теннис), плавании и гимнастике [27, 162]. Особенности организации движений плечевого сустава у девушек – спортсменок представляют особый интерес для физиологии спорта, так как женский организм обладает специфическими

морфофункциональными характеристиками, кардинально меняющими паттерн биомеханической адаптации [127, 172, 200].

Традиционно биомеханика спорта рассматривала движения унифицированно, однако современные исследования доказывают, что женский плечевой пояс функционирует в условиях уникального анатомического и гормонального фона [198]. Меньшая абсолютная мышечная масса верхних конечностей, генетически детерминированная эластичность соединительной ткани (включая связочный аппарат и капсулу сустава) и специфическая геометрия грудной клетки требуют принципиально иного моторного контроля при выполнении сложных двигательных актов [146].

Плечевой комплекс представляет собой сложную систему, состоящую из трех истинных суставов (плече-лопаточного, акромиально-ключичного, грудино-ключичного) и одного ложного – лопаточно-грудного сочленения [48, 62]. Стабильность этой системы обеспечивается пассивными структурами (суставной губой, капсулой и связками), активными мышцами вращательной манжеты и перискапулярными мышцами [48, 62].

Ключевой морфологической особенностью организма девушек является диспропорция развития мышечной массы: развитие мышц плечевого пояса и рук значительно отстает от нижних конечностей по сравнению с юношами [64, 65]. Это означает, что при выполнении мощных движений (например, броска в гандболе) девушкам приходится компенсировать относительный недостаток абсолютной силы за счёт увеличения амплитуды движения и вовлечения большего числа кинематических звеньев [52, 83, 127].

Кроме того, женский связочный аппарат, благодаря специфической структуре коллагена и воздействию эстрогенов, обладает повышенной растяжимостью [39]. В состоянии покоя только около 25% площади головки плечевой кости контактирует с суставной впадиной лопатки (гленоидом) [48, 65]. Повышенная эластичность капсульно-связочного аппарата у девушек увеличивает зону «свободного хода» головки плеча, что усиливает требования к

активным динамическим стабилизаторам – мышцам ротаторной манжеты [39, 137].

Основой здоровой биомеханики плеча является правильный плече-лопаточный ритм – синхронное движение плечевой кости и лопатки при отведении и сгибании руки [48, 65, 163]. В классической биомеханике после 30° подъема руки устанавливается соотношение 2:1 (на каждые 2 градуса движения в плече-лопаточном суставе приходится 1 градус вращения лопатки) [39, 65].

У девушек – спортсменок организация этого ритма часто видоизменяется под влиянием специфических нагрузок [39]. Артрокинематика плеча требует, чтобы при подъёме руки головка плечевой кости перекатывалась вверх и одновременно скользила вниз, предотвращая ущемление структур в субакромиальном пространстве [39, 83, 154]. Из-за относительной слабости мышц-депрессоров головки плеча (подостной, малой круглой, подлопаточной) у слабо подготовленных девушек часто наблюдается избыточная верхняя и передняя трансляция головки плечевой кости [39, 83, 154].

В гандболе атакующий удар или бросок представляет собой сложную кинематическую цепь, состоящую из последовательной активации сегментов тела от ног и таза до кисти [39, 83, 98]. Согласно исследованиям, плечевой сустав выполняет роль трансмиссии, передавая накопленную кинетическую энергию от туловища к кисти [163, 200]. Специфика биомеханики плеча в игровых видах заключается в сочетании максимального отведения (абдукции) и наружной ротации в фазе замаха, что мгновенно сменяется мощным приведением и внутренней ротацией в фазе удара [39]. Исследования (2020-2025 гг.) показывают, что угловая скорость внутреннего вращения плечевого сустава при нападающем ударе в волейболе достигает критических величин (более 42 рад/с), что предъявляет колоссальные требования к эксцентрической силе мышц-антагонистов для торможения конечности после выброса мяча [39, 98, 208].

В физиологии спорта грань между физиологической адаптацией и патологией носит условный характер [164, 212]. У девушек, занимающихся плаванием, художественной гимнастикой и метаниями, развивается

приобретённая гипермобильность плечевого сустава [48]. Увеличенная амплитуда наружной ротации (доходящая до 120-130° у гандболисток и волейболисток) необходима для накопления упругой энергии перед броском. Это явление классифицируется как необходимая адаптация [52, 147].

Однако сочетание приобретённой гипермобильности с врождённой слабостью соединительной ткани (которая у женщин встречается в 3-4 раза чаще) приводит к развитию микронеустойчивости плечевого сустава [39, 182]. При высоких скоростях движения руки мышцы вращательной манжеты не успевают центрировать головку плеча в суставной впадине. Возникает микроподвывих, приводящий к растяжению передней капсулы и повреждению суставной губы (SLAP-синдром) [182, 212, 222].

Адаптация связочного аппарата к нагрузкам тренировочного процесса заключается в том, что ближе к границе амплитуды движения увеличивается напряжение связок (они перекручиваются подобно канату), что стимулирует проприорецепторы [45, 83, 98]. Эти рецепторы посылают сигнал в нервную систему для рефлекторного сокращения мышц-стабилизаторов [45, 83, 98]. У девушек скорость этой рефлекторной дуги может снижаться в определенные фазы менструального цикла (из-за колебаний гормонального фона), что создает «зоны уязвимости» для получения травм [45, 83, 98].

Тренировочный процесс в асимметричных видах спорта (гандбол, теннис, волейбол) неизбежно приводит к морфофункциональной асимметрии плечевого пояса [45, 48, 98, 143, 164, 221]. Исследования показывают, что у девушек-гандболисток наблюдается максимальная диспропорция между силой мышц-сгибателей и разгибателей плеча [52].

Доминирующая (бросковая) рука адаптируется к нагрузкам путем гипертрофии внутренних ротаторов (большая грудная, широчайшая мышца спины, подлопаточная) при относительном отставании наружных ротаторов [52]. У девушек этот дисбаланс выражен острее из-за исходно меньшей массы мышц задней поверхности спины [52]. В результате плечо на рабочей стороне находится в состоянии постоянной протракции и внутренней ротации (так называемая «поза

пловца» или «плечо метателя»), что нарушает биомеханику клювовидно-акромиальной дуги и ведёт к хроническим тендинитам [39, 52].

Для компенсации этого дисбаланса организм девушки вовлекает смежные отделы опорно-двигательного аппарата [45, 48]. Например, при недостатке наружной ротации в плечевом суставе бросковое движение компенсируется избыточным переразгибанием (экстензией) в поясничном и грудном отделах позвоночника. Это перераспределение нагрузки спасает плечо, но приводит к формированию спондилоартрозов и болей в спине [39].

1.4. Взаимообусловленность амплитудных характеристик плечевого сустава и регионарного кровообращения

Проблема взаимообусловленности амплитудных характеристик плечевого сустава и реографических показателей кровообращения в регионе «плечо – предплечье» имеет междисциплинарное значение для физиологии спорта, спортивной медицины, травматологии и медицинской реабилитации [57, 192, 199, 226]. Плечевой сустав обладает наибольшей степенью свободы движений среди крупных суставов человека, а его функциональное состояние определяется не только анатомической сохранностью костно-хрящевых структур, но и состоянием мышечно-связочного аппарата, сосудистого русла и тканевой трофики [199, 206, 226]. В этой связи ограничение амплитуды движений следует рассматривать не как сугубо биомеханический феномен, а как интегральный результат взаимодействия механических, нейромышечных и гемодинамических факторов [57, 87, 88, 128, 199].

Современные представления о генезе функциональных нарушений плечевого сустава опираются на положение о том, что любой устойчивый дефицит подвижности формируется вследствие сочетания мышечного дисбаланса, нарушения капсульно-связочной эластичности и локальных изменений кровоснабжения [183, 192]. При этом именно регионарная гемодинамика обеспечивает метаболические потребности мышц ротаторной

манжеты, дельтовидной мышцы, сухожильно-связочного аппарата и капсулы сустава, а также влияет на выраженность интерстициального отёка и удаление метаболитов [57, 183]. Следовательно, реографические показатели регионарного кровообращения «плечо – предплечье» могут служить объективными индикаторами гемодинамических условий, в которых реализуется движение в плечевом суставе [57, 89].

Реовазография как метод исследования периферического кровообращения основана на регистрации изменений электрического сопротивления тканей, связанных с колебаниями их кровенаполнения [57]. Метод позволяет оценивать артериальный приток, сосудистый тонус, эластичность сосудистой стенки и состояние венозного оттока, что делает его важным инструментом при анализе функционального состояния верхней конечности [57, 89, 181]. Для региона «плечо – предплечье» особое значение имеют реографический индекс, амплитудно-частотные характеристики, дикротический и диастолический индексы, а также показатели, отражающие затруднение венозного возврата [57, 89]. Именно эти параметры могут быть сопоставлены с объёмом активных и пассивных движений в плечевом суставе при различных функциональных состояниях [18, 86, 136, 199].

Причинно-следственная связь между амплитудой движений и периферической гемодинамикой носит двунаправленный характер [57, 183, 192]. С одной стороны, ограничение движений в плечевом суставе уменьшает активность мышечной помпы плеча и предплечья, ухудшает венозный возврат и снижает физиологическую стимуляцию артериального кровотока, возникающую при циклическом сокращении мышц [183, 192]. С другой стороны, исходные нарушения артериального притока, микрососудистой перфузии или венозного оттока могут вызывать ишемию, отёк, нарастание тканевого давления и болевой синдром, тем самым формируя предпосылки для уменьшения амплитуды движений [57, 211].

Одним из ключевых механизмов, связывающих гемодинамику и подвижность плечевого сустава, является метаболическое обеспечение мышечной работы. Для реализации полноценной амплитуды движения необходима

координированная работа ротаторной манжеты, дельтовидной мышцы и стабилизаторов лопатки, функционирование которых зависит от адекватной перфузии [183, 199, 206]. При снижении артериального кровенаполнения и нарастании сосудистого сопротивления развивается локальная гипоксия, быстрее формируется мышечное утомление, снижается сократительная способность, а активная амплитуда движений ограничивается [183]. Эти положения косвенно подтверждаются современными исследованиями, где изменение локального кровотока влияет на мышечную функцию, силу и диапазон движений в плечевом суставе [202, 213].

Не менее важно влияние регионарной гемодинамики на состояние периартикулярных мягких тканей. Хроническое ухудшение микроциркуляции сопровождается изменением гидратации соединительной ткани, накоплением продуктов метаболизма, ремоделированием коллагенового матрикса и снижением эластичности капсулы и сухожилий [211]. В результате формируются предпосылки для контрактур, капсулярной ригидности и ограничения пассивной и активной подвижности. Подобные механизмы наиболее выражены при посттравматических состояниях, адгезивном капсулите и хронических болевых синдромах плечевого сустава, где сосудисто-трофический компонент функциональных нарушений имеет самостоятельное значение [211].

Особую роль в формировании причинно-следственных связей играет болевой синдром. Нарушение регионарного кровообращения может приводить к накоплению альгогенных веществ, тканевой гипоксии и отеку, которые усиливают афферентную ноцицептивную импульсацию [211]. Боль, в свою очередь, запускает защитное ограничение движений, способствует мышечному спазму и нарушает физиологический двигательный паттерн плече-лопаточного комплекса. Таким образом, изменение реографических параметров способно выступать не только маркером гемодинамического неблагополучия, но и одним из звеньев функционального ограничения амплитуды движений [57].

Ряд зарубежных исследований, хотя и не использует непосредственно реовазографию в классическом отечественном понимании, подтверждает сам

принцип зависимости плечевой функции от условий регионарного кровотока. Так, при использовании технологий ограниченного кровотока показано, что изменение гемодинамических условий в проксимальном отделе верхней конечности приводит к достоверным изменениям силы, мышечной активации и диапазона наружной ротации плеча [213]. В серии наблюдений после операций стабилизации плечевого сустава улучшение функции и диапазона движений ассоциировалось с вмешательствами, изменяющими локальную перфузию и мышечную работоспособность [202]. Эти данные подтверждают, что кровоток и подвижность плечевого сустава связаны, не только корреляционно, но и в рамках формирования функциональных нарушений.

Ряд исследователей отмечают снижение реографического индекса при недостаточном пульсовом кровенаполнении, повышение индексов, отражающих сосудистый тонус, и увеличение признаков затрудненного венозного оттока при выраженном ограничении движений [57, 89, 181]. Такая конфигурация гемодинамических сдвигов соответствует условиям, при которых мышцы и периартикулярные ткани испытывают недостаток кислорода, повышение интерстициального давления и нарушение обмена веществ, что впоследствии ограничивает двигательную функцию [57].

В то же время причинные отношения не всегда имеют линейный характер. В ряде случаев повышение отдельных реографических показателей может сочетаться со снижением амплитуды движений, например, при наличии реактивной гиперемии, локального воспаления или сочетания усиленного артериального притока с нарушенным венозным оттоком [57, 89]. В таких условиях формально высокое кровенаполнение не означает благоприятного состояния тканей, поскольку застойные явления и повышение тканевого давления также ограничивают движения и усиливают боль [211]. Следовательно, интерпретация реографических данных должна строиться не по отдельным величинам, а по совокупности показателей и в тесной связи с углометрическими параметрами плечевого сустава.

Отдельно следует учитывать методические аспекты, обусловленные тем, что реографическая волна зависит от схемы расположения электродов и расстоянии между ними, анатомических особенностей сегмента и условий проведения функциональных проб [57, 181]. Поэтому для корректного установления причинно-следственных связей между амплитудой движений и реографическими характеристиками необходима строгая стандартизация методики обследования. Особенно информативным может быть сочетание гониометрии с реовазографией в покое, после дозированной нагрузки и в динамике адаптации к тренировочному процессу [57, 181].

На современном этапе наиболее обоснованной представляется многофакторная модель, в которой амплитудные характеристики плечевого сустава зависят от морфологических изменений, состояния нейромышечного контроля и качества гемодинамического обеспечения движения [57, 199]. Реографические показатели региона «плечо – предплечье» в этой модели выступают объективными маркерами одного из ключевых функциональных нарушений – адекватности регионарного кровоснабжения и венозного дренажа [57, 89]. Чем значительнее нарушения артериального притока, сосудистого тонуса и венозного оттока, тем выше вероятность снижения амплитуды движений, особенно при сочетании с воспалением, травмой, гипокинезией или хронической перегрузкой [89, 211]. Взаимосвязь между амплитудными характеристиками плечевого сустава и реографическими показателями региона «плечо – предплечье» является обоснованной и двусторонней [57, 89]. Ограничение движений может ухудшать регионарную гемодинамику вследствие снижения мышечной активности и венозного дренажа, тогда как нарушения кровенаполнения, сосудистого тонуса и венозного возврата способны уменьшать объем движений через механизмы ишемии, боли, отёка и ремоделирования периартикулярных тканей [57, 89, 202, 211].

Подводя итог выше представленному обзору литературы следует отметить, что комплексная оценка гониометрических параметров плечевого сустава и физиологических характеристик периферического кровообращения верхней

конечности представляет собой перспективный подход для ранней диагностики донозологических нарушений двигательного паттерна, объективного мониторинга функционального состояния плечевого сустава и разработки персонализированных программ оптимизации двигательной функции верхней конечности.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Организация и дизайн исследования

Исследование проводилось на базе кафедры нормальной физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации в течение 2022-2025 годов.

В основном исследовании на добровольной основе и с соблюдением принципов информированного согласия (World Medical Association Declaration of Helsinki, 1964 г., с дополнениями – 1975, 1983, 1989, 2000 гг.) приняли участие 53 девушки в возрасте $18,5 \pm 2,5$ лет, разделенные на две группы. В первую группу вошли девушки-гандболистки, действующие спортсменки ($n = 23$). Вторую группу составили девушки-гандболистки, завершившие спортивную карьеру ($n = 30$). В дополнительном исследовании приняли участие добровольцы обоего пола ($n = 33$), соответствовавшие критериям включения (клинически здоровые лица мужского и женского пола нормостенического типа телосложения; возраст от 18 до 60 лет; нормальное функционирование плечевого сустава по данным клинического осмотра), прошедшие медицинский осмотр (травматолог-ортопед, реабилитолог) и подписавшие информированное согласие на участие в исследовании. Перед началом каждой серии исследований все участники информировались об условиях проведения обследования и используемых методиках, сообщалось о гарантиях неразглашения персональных данных, что отвечает принципам информированного согласия. Всего было проведено 523 комплексных физиологических обследований.

В соответствии с поставленной целью и задачами исследование включало проведение методов физиологического исследования (Табл. 2.1.) и состояло из нескольких этапов.

На подготовительном этапе проведено подробное объяснение предстоящего исследования, участницами собственноручно подписаны информированные согласия на участие в данном исследовании, был сформирован контингент обследуемых и группы. Проведена проверка соответствия участниц критериям включения в исследование.

При формировании групп для основного исследования использованы следующие критерии включения: девушки в возрасте $18,5 \pm 2,5$ лет, подписавшие собственноручно (или их законный представитель) информированное согласие об участии в исследовании; девушки, профессионально занимающиеся или занимавшиеся гандболом; отсутствие у девушек ревматологических заболеваний, повреждений акромиально-ключичного сочленения, синдрома дисплазии соединительной ткани.

Критериями невключения в основное исследование являлись: юноши, инвалиды, дети-сироты, беременные или кормящие женщины, отсутствие подписанного информированного согласия об участии в исследовании, обследуемые со следующими структурно-функциональными нарушениями: синдромом дисплазии соединительной ткани; привычным вывихом плеча в анамнезе, повреждением акромиально-ключичного сустава, ревматологическими заболеваниями, сколиозом различных видов, а также лица с грубыми психоорганическими нарушениями, с сопутствующими заболеваниями в стадии декомпенсации, с наличием симптомов ОРВИ, не прошедшие один из этапов данного исследования.

На первом этапе исследования оценивались периферическое кровообращение в регионе «плечо – предплечье» в состоянии оперативного покоя и исходный морфофункциональный профиль (физическое развитие, компонентный состав тела, кистевая сила, показатели системной гемодинамики),

а также измерялись амплитудные характеристики активных движений в плечевом суставе у девушек-гандболисток с различной спортивной деятельностью.

На втором этапе исследованы особенности динамики параметров периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток на фоне выполнения функциональных проб: активная ортостатическая проба и статическая нагрузка.

Третий этап исследования был посвящён установлению межсистемных связей между показателями периферического кровообращения и амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава у девушек-гандболисток с различной спортивной деятельностью. Третий этап также содержал дополнительное исследование, включающее создание и валидацию методики объективной оценки активных движений в плечевом суставе (программа «Артро-Про») на основе применения искусственных нейронных сетей для видеоанализа движений.

Таблица 2.1. – Методы физиологического исследования

№	Методы исследования	Показатели
1.	Оценка морфофункционального профиля (физического развития)	
	антропометрия	ДТ (см), МТ (кг) с расчётом ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$), должной МТ (ДМТ, кг), отклонения фактической массы тела от должного значения (%), уровня физического состояния (у.е.)
	кистевая динамометрия	Сила мышц-сгибателей кисти (кг) с расчётом индекса кистевой силы (ИКС, %) с расчётом уровня 30% от максимального произвольного усилия (МПУ, кг)
	биоимпедансометрия	Содержание жира (%), мышечная масса (%), костная масса (%), содержание воды (%), метаболический возраст (лет) с расчётом жировой массы (кг), мышечной массы (кг), безжировой массы (кг), индекса жировой массы (FMI, $\text{кг}/\text{м}^2$), индекса безжировой массы (FFMI, $\text{кг}/\text{м}^2$), индекса мышечной массы (MMI, $\text{кг}/\text{м}^2$), соотношения мышцы / жир (у.е.), Δ возраста (лет)
2.	Оценка двигательной функции верхней конечности	
	классическая ручная гониометрия	Усреднённые амплитуды движений в плечевом суставе (сгибание, разгибание, отведение в градусах)

Продолжение таблицы 2.1.

№	Методы исследования	Показатели
	объективная оценка активных движений в плечевом суставе (программа «Артропро»)	Построение гониометрограмм с расчётом амплитуд движений в плечевом суставе (сгибание, разгибание, отведение в градусах) в двух вариантах: без прижатия лопаток обследуемого к стене и с прижатием спины обследуемого к стене, а также углов подъёма правого и левого надплечья в градусах
	рентгенография плечевого сустава	Определение анатомических ориентиров в исходном положении и при максимальном отведении: вертикаль; нижний полюс гленоида; угол отведения в градусах; центр головки лучевой кости, линия, проведённая через нижний полюс гленоида и центр головки лучевой кости
3.	Оценка периферического кровообращения верхних конечностей и показателей системной гемодинамики	
	реовазография	РИ (у.е.), АЧП (у.е.), МУ (%), ДИК (%), ДИА (%), ВО (%)
	оценка показателей системной гемодинамики	с учётом латеральности верхней конечности: АДС (мм рт.ст.), АДД (мм рт.ст.), ЧСС в мин., АДП (мм рт.ст.), АДср (мм рт.ст.) с расчётом ВИК (у.е.), Q (у.е.), КВсс (у.е.), ДП (у.е.), индекса функционального состояния (у.е.)
4.	Функциональные пробы	
	ортостатическая проба	РИ (у.е.), АЧП (у.е.), МУ (%), ДИК (%), ДИА (%), ВО (%), КСН (у.е.)
	статическая нагрузка	РИ (у.е.), АЧП (у.е.), МУ (%), ДИК (%), ДИА (%), ВО (%), КСН (у.е.)
5.	Статистический анализ	
	IBM SPSS Statistics, версия 26.0	Нормальность распределения исследуемых показателей, параметрические ($M \pm SD$), непараметрические (Me, [Q25 – Q75]) методы; уровень значимости $p \leq 0,05$
	пакет прикладных программ Statgraphics 19 (www.statgraphics.com)	Сравнение двух методов измерения и оценка согласованности между двумя наборами данных (валидация)

2.2. Методы исследования

2.2.1. Методы оценки физического развития и биоимпедансометрия

Антропометрические измерения проводились в стандартизированных условиях: в первой половине дня, в светлом помещении при комфортной температуре. Все обследуемые девушки-гандболистки находились в состоянии покоя, без верхней одежды и обуви [56].

Длина и вес тела измерялись с помощью стандартного ростомера с весами РМ-3 с точностью до 0,5 см [123]. Обследуемые девушки располагались спиной к

вертикальной стойке аппарата в положении «смирно», касаясь ее тремя точками: пятками, ягодицами и межлопаточной областью. Голова позиционировалась во франкфуртской горизонтали, при которой нижний край глазницы и верхний край козелка уха находились на одной линии [56]. Взвешивание проводилось с точностью измерения до 100 г [123]. Девушки-гандболистки неподвижно располагались в центре измерительной платформы [56].

Для оценки сократительных свойств и функциональных возможностей нейромышечного аппарата верхних конечностей применялся метод кистевой динамометрии. Сила мышц-сгибателей кисти измерялась с использованием плоскопружинного ручного динамометра ДК-100 с точностью до 1 даН (деканьютона) или килограмма [38].

В ходе тестирования девушки находились в положении стоя, отведя прямую (несогнутую) руку с динамометром ДК-100 в сторону перпендикулярно туловищу до образования прямого угла. По команде осуществлялось максимально сильное сжатие устройства кистью без участия мышц плеча и туловища. Измерение проводилось троекратно для каждой руки (поочередно для правой и левой кисти) с интервалами на отдых, после чего фиксировался наилучший достигнутый результат для каждой конечности [56, 109].

Учитывая, что абсолютная мышечная сила имеет высокую прямую корреляционную связь с тотальной массой тела, для корректной сравнительной оценки функционального состояния обследуемых рассчитывался относительный показатель – индекс кистевой силы (ИКС) [4, 109]. Силовой индекс отражает величину мышечной силы кисти, приходящуюся на 1 килограмм массы тела. Расчет осуществлялся по следующей формуле [109]:

$$\text{ИКС (\%)} = (\text{Абсолютная сила кисти (кг)} / \text{Масса тела (кг)}) \times 100$$

В физиологическом контексте индекс кистевой силы позволяет объективно оценить удельный вклад мышечной системы в общую массу тела. Достижение ИКС на уровне 60-70% свидетельствует о высокой степени специфической

нервно-мышечной адаптации, выраженной рабочей гипертрофии мышц предплечья и оптимальной скоростно-силовой подготовленности. Снижение показателя у спортсменок ниже 60% может указывать на переутомление, недостаточную силовую подготовку или нарушение белкового (нутритивного) обмена [21, 69, 84].

На основании антропометрических данных рассчитывались производные индексы, характеризующие нутритивный статус участниц исследования: индекс массы тела, должная масса тела, процент отклонения фактической массы тела от должного значения [28, 90, 145, 223] (Табл. 2.2.).

Таблица 2.2. – Расчётные антропометрические индексы нутритивного статуса

Показатель	Формула	Физиологическое значение	Нормативные значения
Индекс массы тела, $\text{кг}/\text{м}^2$	$\text{ИМТ} = \text{масса (кг)} / \text{рост}^2 (\text{м}^2)$	Показатель соответствия массы тела росту	18,5-24,9 – норма; < 18,5 – дефицит массы; 25,0-29,9 – избыточная масса; $\geq 30,0$ – ожирение
Должная масса тела (ДМТ), кг	Мужчины: $\text{ДМТ} = \text{рост} - (100 + (\text{рост} - 100) / 20)$ Женщины: $\text{ДМТ} = \text{рост} - (100 + (\text{рост} - 100) / 10)$	Физиологически ориентировочная масса тела	Целевое значение (кг) для конкретного роста. Служит базисом для расчета процента отклонения
Процент отклонения фактической массы от должной массы, %	$\% = (\text{фактическая масса} - \text{ДМТ}) / \text{ДМТ} \times 100$	Количественная оценка выраженности дефицита или избытка массы тела	от -10 % до +10 % – норма; от -10 % до -20 % – дефицит массы 1 степени; от +10 % до +20 % – избыточная масса; > +20 % – ожирение

Однако изолированное использование только антропометрических индексов не всегда позволяет адекватно судить о структуре массы тела и направленности метаболических процессов [10, 11, 12, 56, 91]. В частности, индекс массы тела удобен для популяционного скрининга, но на индивидуальном уровне не отражает различий между жировой, мышечной и водной составляющими массы тела, что особенно важно при обследовании спортсменов [12]. В связи с этим в физиологических исследованиях всё большее значение

приобретают методы изучения компонентного состава тела на основе биоимпедансного анализа [10, 12, 91, 184].

Биоимпедансометрия основана на измерении электрической проводимости биологических тканей. Физическая основа метода определяется тем, что ткани организма обладают различными электрическими свойствами: жидкие среды, содержащие электролиты, проводят электрический ток лучше, тогда как жировая ткань и структуры с низким содержанием воды обладают более высоким сопротивлением. Кроме того, клеточные мембраны формируют реактивный компонент импеданса, что позволяет учитывать не только общее сопротивление тканей, но и их ёмкостные свойства [10, 12, 91, 184]. На основании измерений активного и реактивного сопротивления рассчитываются параметры, характеризующие жировую массу тела, безжировую массу, содержание общей воды, мышечную и клеточную массу, а также ряд производных метаболических показателей [12, 153, 177, 203].

Значимость биоимпедансного анализа в оценке физического состояния объясняется тем, что он дает возможность перейти от формального описания массы тела к физиологической интерпретации её структуры [10, 12, 91]. Это особенно важно при анализе реакций адаптации к спортивным нагрузкам, поскольку одинаковые значения массы тела и индекса массы тела могут соответствовать принципиально различным вариантам телосложения и обменного статуса [12, 153].

У лиц с высокой физической активностью увеличение массы тела может быть обусловлено развитием мышечной ткани, тогда как у лиц с низким уровнем двигательной активности аналогичные значения нередко связаны с избытком жирового компонента и относительным снижением функциональных резервов. Следовательно, биоимпедансометрия обеспечивает более глубокий физиологический анализ, чем традиционные весо-ростовые индексы [12, 153].

В качестве измерительного комплекса использовался анализатор состава тела Tanita BC-601 (Япония) [3, 85]. Данный прибор функционирует на основе 8-электродной сегментальной технологии BIA, пропуская безопасный

электрический импульс через организм для регистрации активного и реактивного сопротивления биологических тканей. Прибор оснащён платформой и ручным блоком с электродами, что позволяет проводить посегментный анализ состава тела. Согласно технической документации, прибор обеспечивает измерение массы тела в диапазоне от 2 до 150 кг с дискретностью 100 г, определяет содержание жира и воды с шагом 0,1 %, позволяет оценивать мышечную и костную массу, индекс массы тела, уровень висцерального жира, метаболический возраст и ряд других показателей. Наличие режима «атлет» делает возможным использование прибора у лиц с высоким уровнем физической активности [3].

Обследование проводилось утром, натощак, перед физической нагрузкой. Измерение проводилось босиком, при чистой и сухой поверхности стоп, в вертикальном положении на платформе прибора, при удержании ручных электродов на уровне груди, без соприкосновения рук с туловищем, что обеспечивало замыкание измерительных цепей по всем сегментам тела [91].

При использовании анализатора Tanita BC-601 в исследовании регистрировались как базовые, так и биоимпедансные показатели.

К базовым относились масса тела, рост и рассчитанный индекс массы тела.

В качестве биоимпедансных параметров определялись содержание жира, мышечная масса, костная масса, содержание воды и метаболический возраст, что позволяет оценивать не только особенности телосложения, но и косвенно характеризовать уровень гидратации, соотношение пластического и энергетического компонентов массы тела, а также общую направленность обменных процессов. (Табл. 2.3.) [3, 12, 91, 184].

На основе данных биоимпедансометрии был произведен расчёт производных индексов, что позволило углубить физиологический анализ компонентного состава тела. Эти показатели объективно отражают направленность морфофункциональной адаптации [12, 91].

Для вычисления нормированных индексов первоначально рассчитывались абсолютные значения компонентов по формулам (Табл. 2.4.).

Таблица 2.3. – Физиологическая характеристика исследуемых параметров компонентного состава тела

Показатель	Физиологическое значение	Нормативные значения
Содержание жира, %	Характеризует энергетические депо организма	14-20 % (в зависимости от вида спорта)
Мышечная масса, %	Отражает уровень развития скелетной мускулатуры и активной клеточной массы	38-45 % и выше
Костная масса, %	Косвенно отражает минеральную плотность костной ткани	4-5 % от общей массы тела
Содержание воды, %	Позволяет оценивать уровень гидратации тканей	55-65 %
Метаболический возраст, лет	Служит маркером интенсивности основного обмена и биологического состояния организма	Меньше или равен паспортному возрасту

Таблица 2.4. – Расчёт абсолютных показателей компонентного состава тела по данным биоимпедансометрии

Расчетный показатель	Формула	Физиологическое значение
Жировая масса, кг	Жировая масса = (масса тела × % жира) / 100	Позволяет определить абсолютное количество жирового компонента в организме
Мышечная масса, кг	Мышечная масса = (масса тела × % мышечной массы) / 100	Отражает абсолютное содержание мышечного компонента тела
Безжировая масса, кг	Безжировая масса = масса тела – жировая масса	Характеризует совокупность всех нежировых тканей организма

Для корректного сравнительного анализа компонентного состава тела у лиц с различным ростом применялись нормированные индексы (Табл. 2.5.) [91, 203]. Рассчитывался баланс между пластическим и энергетическим компонентами массы тела, который объективно характеризуется через соотношение мышечной и жировой тканей.

$$\text{Соотношение мышцы/жир} = \text{Мышечная масса} / \text{Жировая масса}$$

Высокие значения данного показателя свидетельствуют о преобладании мышечного компонента, что типично для спортсменок, адаптированных к специфическим физическим нагрузкам [29].

Таблица 2.5. – Характеристика нормированных ростовых индексов компонентного состава тела

Индексы	Расчетная формула	Физиологическое значение	Нормативные значения
Индекс жировой массы (FMI, кг/м ²)	Жировая масса / рост ²	Точная оценка истинного жирового депо организма	3,0-6,0 кг/м ²
Индекс безжировой массы (FFMI, кг/м ²)	Безжировая масса / рост ²	Отражает развитие метаболически активных тканей	15,5-19,0 кг/м ²
Индекс мышечной массы (MMI, кг/м ²)	Мышечная масса / рост ²	Характеризует степень гипертрофии скелетной мускулатуры	6,5-8,5 кг/м ²

В исследовании проводилась оценка биологического возраста, рассчитанная как разница между метаболическим и календарным (хронологическим) возрастом [12]:

$$\Delta \text{возраста} = \text{Метаболический возраст} - \text{Хронологический возраст}$$

Данный показатель служит важным маркером интенсивности основного обмена веществ. Отрицательные или нулевые значения этого показателя указывают на высокий уровень метаболизма и благоприятное морфофункциональное состояние организма. Положительное значение данного показателя свидетельствует о снижении интенсивности основного обмена, относительном дефиците активной мышечной массы и выступает маркером снижения функциональных резервов организма [10, 12, 91].

Уровень физического состояния оценивался по интегральной формуле (УФС, у.е.), включающей частоту сердечных сокращений в состоянии покоя (ЧСС_п), среднее артериальное давление в состоянии покоя (АД_{ср}, мм рт. ст.), возраст (В, количество полных лет), массу тела (МТ, кг), длину тела (ДТ, см):

$$\text{УФС} = (700 - 3 \text{ ЧСС}_{\text{п}} - 2,5 \text{ АД}_{\text{ср}} - 2,7 \text{ В} + 0,28 \text{ МТ}) / (350 - 2,6 \text{ В} + 0,21 \text{ ДТ}),$$

Нормативные значения: < 0,375 – низкий; от 0,375 до 0,525 – ниже среднего; от 0,526 до 0,675 – средний; от 0,676 до 0,825; от 0,826 и более – высокий [108].

2.2.2. Метод оценки двигательной функции верхней конечности (классическая ручная гониометрия)

Для количественной оценки объёма активных и пассивных движений в плечевом суставе в исследовании использовалась классическая ручная гониометрия плечевого сустава [32, 111]. Метод основан на стандартизированном измерении угловых перемещений в суставах и относится к общепринятым клиническим способам оценки амплитуды движений [32, 50, 111, 193].

Для исследования использовался механический гониометр G360A с круговой шкалой 360°, двумя противоположными 180° шкалами и ценой деления 1°. Натяжение между браншами регулировалось винтовым фиксатором, что позволяло удерживать выбранное положение прибора при выполнении измерения [54, 111].

Исследование проводилось в стандартных условиях: в одном и том же помещении, при одинаковом положении обследуемого, с предварительным объяснением методики и демонстрацией требуемого движения. Перед началом измерения спортсменка занимала вертикальное положение, стопы располагались на ширине плеч, туловище сохраняло физиологически выпрямленную позицию, верхние конечности свободно свисали вдоль туловища. Исходной позицией для оценки движений в плечевом суставе считали анатомическое положение, соответствующее 0° движения, что является общепринятым принципом стандартной гониометрии [32, 111, 193].

При выполнении измерений соблюдали общие правила гониометрии: проксимальный сегмент стабилизировали, движение осуществляли в строго заданной плоскости, показания считывали в конечной точке активного движения

[32, 36, 111, 193]. Особое внимание уделяли предупреждению заместительных движений за счет бокового наклона туловища, ротации корпуса, избыточного подъема надплечья и раннего включения лопаточно-грудного компонента, т.к. эти феномены способны приводить к завышению регистрируемой амплитуды [111].

Сгибание в плечевом суставе оценивали из исходного положения стоя, при котором верхняя конечность располагалась вдоль туловища, локтевой сустав был разогнут, кисть находилась в нейтральном положении. Обследуемому предлагали выполнить активное поднятие прямой руки вперед и вверх в сагиттальной плоскости до максимально возможной амплитуды без болевого ограничения и выраженной компенсации. Ось прибора ориентировали по области плечевого сустава, ориентировочно уровень головки плечевой кости, соответствующий латеральной части акромиального конца ключицы и верхней части плечевой кости, неподвижную часть – параллельно продольной оси туловища, вдоль линии, соединяющей акромион и гребень подвздошной кости на соответствующей стороне, визуальной совпадающей с продольной осью корпуса, подвижную – по продольной оси плеча, ориентируясь на латеральный надмыщелок как дистальный костный ориентир. В ходе измерения контролировали сохранение вертикального положения туловища и ограничивали переразгибание поясничного отдела позвоночника [32, 36, 111, 193].

Разгибание плеча определяли из того же исходного положения стоя. Обследуемый выполнял активное отведение верхней конечности кзади в сагиттальной плоскости при сохранении разогнутого локтевого сустава и нейтрального положения туловища. Гониометр ориентировали аналогично измерению сгибания. Во время теста исключали компенсаторное отклонение корпуса вперед и ротацию туловища, поскольку такие движения искусственно увеличивают регистрируемый показатель [32, 36, 111, 193].

Отведение в плечевом суставе измеряли в положении стоя при исходном расположении руки вдоль туловища. Ось гониометра располагалась в области проекции головки плечевой кости под акромионом; ориентировочно на уровне латеральной части акромиального отростка, неподвижная бранша – параллельно

оси туловища во фронтальной плоскости, проходит вдоль линии, соединяющей акромион и гребень подвздошной кости, по латеральной поверхности корпуса, подвижная бранша – вдоль оси плечевой кости, направлена к латеральному надмыщелку плеча; при подъеме руки через сторону бранша следует за плечевой костью во фронтальной плоскости. Спортсменка выполняла подъем верхней конечности через сторону во фронтальной плоскости до максимально достижимого объема движения. При интерпретации учитывали, что при недостаточной фиксации лопатки определяется суммарная амплитуда движений плеча и лопатки, поэтому контролировали положение надплечья и туловища на протяжении всей пробы [32, 111, 193].

Результаты гониометрии фиксировались в градусах для каждого исследуемого движения отдельно: сгибание, разгибание, отведение. Измерение проводилось трижды, после чего для анализа использовалось среднее значение [32, 111, 193].

2.2.3. Методы оценки периферического кровообращения (реовазография) и показателей системной гемодинамики

Параметры периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» регистрировали с помощью модуля «Реовазография» аппаратно-программного комплекса «Рео-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново) [67, 112]. Показатели реовазографии (РВГ) регистрировались одновременно с симметричных регионов «плечо – предплечье» верхних конечностей (левая – правая сторона) в положении лежа с синхронной записью электрокардиограммы во втором стандартном отведении [67].

Проксимальный электрод накладывался на границе верхней и средней третей плеча (Рис. 2.1.). К нему подключался провод с красной маркировкой (от первого кабеля – для левой, от второго – для правой стороны). Вторым электрод – «общий» для нижней части плеча и верхней части предплечья – крепился в области локтевой ямки, и к нему подключался провод с черной маркировкой (от

первого кабеля – для левой, от второго – для правой стороны). Третий электрод накладывался на лучезапястный сустав. К нему подключался провод с белой маркировкой (от первого кабеля – для левой, от второго – для правой стороны) [67].

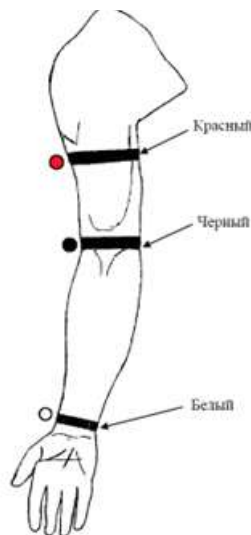


Рис. 2.1. – Схема наложения электродов при исследовании регионарного кровообращения «плечо – предплечье»

Исследование проводилось в состоянии оперативного покоя и на фоне выполнения функциональных проб: активная ортостатическая проба и статическая нагрузка.

Оценивались следующие параметры реовазографии [67, 89, 112]:

- 1) показатели интенсивности артериального кровотока (реографический индекс (РИ, у.е.), амплитудно-частотный показатель (АЧП, у.е.);
- 2) показатели тонуса и эластичности сосудов (модуль упругости (МУ, %), дикротический индекс (ДИК, %), диастолический индекс (ДИА, %);
- 3) показатели венозного оттока (венозный отток из исследуемого региона (ВО, %), коэффициент венозного оттока (КВО, %).

Показатели рассчитывались следующим образом:

- 1) реографический индекс (РИ, у.е.) – важнейший показатель регионарной гемодинамики, отражающий объем кровенаполнения магистральных артерий исследуемого участка:

$$PI = \frac{A_{арт}}{K},$$

где $A_{арт}$ – амплитуда основной реоволны (Ом), $K = 0,1$ Ом – значение калибровочного сигнала [67].

2) амплитудно-частотный показатель (АЧП, у.е.) – отражает интенсивность артериального кровотока в исследуемом сегменте в зависимости от частоты сердечных сокращений:

$$АЧП = \frac{PI}{T_{кардио}},$$

где PI – реографический индекс (у.е), $T_{кардио}$ – длительность кардиоцикла (с) [67].

3) модуль упругости ($МУ = \alpha / T_{кардио}$, %) – показывает, какая часть кардиоцикла «тратится» на преодоление упругого сопротивления артерий различного калибра, отражает интегральный тонус артериального русла:

$$МУ = \frac{\alpha}{T_{кардио}} \times 100\%,$$

где α – амплитуда реографической волны, т.е. максимальное увеличение кровенаполнения за один сердечный цикл, $T_{кардио}$ – длительность кардиоцикла (с). Нормативные значения: 10-15% [67].

4) дикротический индекс (ДИК, %) – косвенно отражает периферическое сосудистое сопротивление и сосудистый тонус на уровне прекапилляров в исследуемом сегменте:

$$ДИК = \frac{A_{инц}}{A_{арт}} \times 100\%,$$

где $A_{инц}$ – амплитуда инцизуры (дикротической волны) на реовазограмме: высота «вторичной» волны / зубца, возникающего в диастолу вследствие

отражённой волны и закрытия аортального клапана; $A_{арт}$ – амплитуда основной артериальной (систолической) волны: максимальная высота первого, главного пика реографической кривой, соответствующего выбросу крови из левого желудочка. Нормативные значения ДИК: для верхних конечностей – 35-48% [67].

5) диастолический индекс (ДИА, %) – характеризует процесс оттока крови из артерий в вены и тонус венозных сосудов на уровне посткапилляров:

$$ДИА = \frac{A_{дик}}{A_{арт}} \times 100\%,$$

где $A_{дик}$ – амплитуда диастолической волны на реограмме: высота волны / зубца, расположенного в диастолу после основного систолического пика; $A_{арт}$ – амплитуда основной артериальной (систолической) волны: максимальный первый пик реографической кривой, соответствующий ударному выбросу крови. Нормативные значения ДИА: для верхних конечностей – 45-55% [67].

6) венозный отток из исследуемого региона (ВО, %) – показатель состояния венозного оттока из исследуемого сегмента. Представляет собой отношение средней скорости убывания реограммы на последней четверти реоволны к средней скорости систолического нарастания венозного компонента:

$$ВО = \frac{A3_4 / (\frac{T_{кардио}}{4})}{A_{вен} / (T_{сист} - \alpha)} \times 100\%,$$

где $A3_4$ – амплитуда реограммы в третьей – четвёртой фазе пульсовой волны, характеризующая объём / кровенаполнение при переходе к венозной фазе; $T_{кардио}$ – длительность кардиоцикла (с); $A_{вен}$ – амплитуда венозной части реограммы (венозной волны / плато), отражающая объём венозного кровенаполнения или величину венозного возврата на данном участке кривой; $T_{сист}$ – длительность систолы (от начала быстрого подъёма реографической кривой до точки перехода к диастоле), т.е. активный период артериального выброса; α (в

знаменателе, как вычитаемая величина) – временной параметр раннего сегмента волны (например, от начала до вершины или до инцизуры), который исключается из $T_{\text{сист}}$, чтобы выделить чисто «позднесистолический / раннедиастолический» интервал, более связанный с формированием венозного оттока. В норме ВО должен находиться в пределах 0-25%. В программе «Рео-Спектр» значение венозного оттока ограничено рамками от -1000% до +1000% [67]. При $A_{\text{вен}} = 0$ и $A3_4 > 0$ Показатель ВО = 1000%. При $A_{\text{вен}} = 0$ и $A3_4 < 0$ Показатель ВО = -1000%. Значение показателя ВО должно рассматриваться вместе с фактом наличия или отсутствия пресистолической венозной волны (Вен.волна = 1 или 0). Эти два показателя в своей совокупности отражают состояние тонуса вен и венозного оттока: Вен.волна = 0 и показатель ВО в норме – нормальные тонус вен и венозный отток; Вен.волна = 0 и показатель ВО < N – облегчение венозного оттока при нормальном тонусе вен; Вен.волна = 0 и показатель ВО > N – затруднение венозного оттока при нормальном тонусе вен; Вен.волна = 1 – при любом значении показателя ВО – снижение тонуса вен и затруднение венозного оттока; в частности, сочетание Вен.волна = 1 и показателя ВО < 0 означает затруднение венозного оттока по типу пониженного тонуса вен [67].

7) коэффициент венозного оттока (КВО, %) – представляет собой отношение общего времени венозного оттока и продолжительности кардиоцикла:

$$\text{КВО} = \frac{T_{\text{кат}}}{T_{\text{кардио}}} \times 100\%,$$

где $T_{\text{кат}}$ – время катакроды, т.е. длительность нисходящей части реовазографической кривой от вершины систолической волны до точки перехода к диастолическому сегменту / инцизуре или до изолинии; $T_{\text{кардио}}$ – длительность кардиоцикла (с). Нормативные значения: 84-96% [67].

При затруднении венозного оттока период $T_{\text{кат}}$ удлиняется. КВО менее зависим от частоты сердечных сокращений, поскольку при тахикардии продолжительность катакроды изменяется соответственно кардиоциклу [67].

При проведении функциональных проб (активной ортостатической пробы и статической нагрузки) сравнение показателей проводилось с помощью коэффициента сдвига на нагрузку (КСН) [59]:

$$\text{КСН} = \frac{\ln N}{F},$$

где N – показатель, полученный при выполнении активной ортостатической пробы / статической нагрузки; F – показатель в состоянии покоя (фоновый, исходный).

Отрицательное или положительное значения КСН указывают на направленность изменений исследуемого показателя при выполнении ортостатической пробы (понижение, повышение соответственно) [86].

В ходе исследований регистрировались показатели системной гемодинамики: систолическое и диастолическое артериальное давление (АДС; АДД, мм рт. ст.), частота сердечных сокращений в минуту (ЧСС). Рассчитывались следующие показатели [84, 138, 150, 151, 167, 169, 201, 225]:

1) пульсовое артериальное давление (АДП, мм рт. ст.):

$$\text{АДП} = \text{АДС} - \text{АДД},$$

где АДС – систолическое артериальное давление (мм рт. ст.), АДД – диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.);

2) среднее гемодинамическое артериальное давление (АД_{ср}, мм рт. ст.):

$$\text{АД}_{\text{ср}} = \text{АДД} + 1/3 \text{ АДП},$$

где АДД – диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.), АДП – пульсовое артериальное давление (мм рт. ст.);

3) вегетативный индекс Кердо (ВИК, у.е.) [20, 225]:

$$\text{ВИК} = 1 - \frac{\text{АДД}}{\text{ЧСС}} \times 100\%,$$

где АДД – диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.), ЧСС – частота сердечных сокращений в минуту.

При значениях $\text{ВИК} = 0$ – эйтония, при значениях $\text{ВИК} > 0$ – симпатикотония, при значениях $\text{ВИК} < 0$ – ваготония;

4) индекс Хильдебранта (Q, у.е.) [201]:

$$Q = \frac{\text{ЧСС}}{\text{ЧД}},$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений, ЧД – частота дыхания. Нормативные значения: 2,8-4,9.

5) коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы (КВСС, у.е.):

$$\text{КВСС} = \frac{(\text{ЧСС} \times 10)}{\text{АДП}}$$

где АДП – пульсовое артериальное давление (мм рт. ст.), ЧСС – частота сердечных сокращений в минуту. В норме КВСС равен 16 у.е. Увеличение КВСС указывает на ослабление деятельности сердечно-сосудистой системы, уменьшение – на усиление деятельности сердечно-сосудистой системы [167];

6) «двойное произведение» (ДП, у.е.), характеризующее систолическую работу сердца. Чем ДП больше на высоте физической нагрузки, тем больше функциональная способность сердечной мышцы. Чем ниже ДП в состоянии покоя, тем выше максимальные возможности индивида:

$$ДП = \frac{ЧСС \times АДС}{100},$$

где АДС – систолическое артериальное давление (мм рт. ст.), ЧСС – частота сердечных сокращений. Значение ДП оцениваются по шкале: $ДП \geq 96$ – низкий; $ДП = 76-85$ – средний; $ДП \leq 70$ – высокий [169];

7) индекс функционального состояния (ИФС, у.е.), отражающий адаптационный потенциал организма человека:

$$ИФС = 0,0011 ЧСС + 0,014 АДС + 0,008 АДД + 0,009 МТ - 0,009 ДТ + 0,014 В - 0,27,$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений в покое; АДС и АДД – систолическое и диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.); В – возраст (количество полных лет); МТ – масса тела (кг); ДТ – длина тела (см). Нормативные значения: до 2,59 – удовлетворительная адаптация, от 2,6 до 3,09 – напряжение механизмов адаптации, от 3,1 до 3,49 – неудовлетворительная адаптация, свыше 3.5 – срыв адаптации [6].

2.3. Функциональные пробы

2.3.1. Ортостатическая активная проба

В исследовании активная ортостатическая проба применялась при проведении реографии для оценки реактивности регионарной гемодинамики при переходе обследуемого из горизонтального положения в вертикальное [86]. Применение данной функциональной нагрузки позволило проанализировать резервные возможности системы кровообращения и особенности адаптационных реакций сосудистого русла в условиях постурального воздействия [86].

Исследование проводилось в утренние часы, натощак, после ночного сна, в тихом помещении с комфортной температурой воздуха и при минимуме внешних раздражителей. В день исследования исключались интенсивные тренировочные нагрузки [40, 58, 100]. Для проведения исследования использовался аппаратно-программный комплекс «Рео-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново), кушетка, комплект электродов, средства для подготовки кожи и метроном, необходимый для унификации скорости активного перехода в вертикальное положение. Перед началом исследования проводилось разъяснение последовательности действий и необходимости строгого соблюдения ритма перехода в вертикальное положение по звуковым сигналам метронома [40, 58].

Обследуемый располагается на кушетке в положении лежа на спине. После предварительной обработки кожи были наложены электроды согласно инструкции, к применяемому аппаратно-программному комплексу «Рео-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново) и в соответствии с исследуемым регионом «плечо – предплечье» [67]. Обследуемый в течение 5 минут находился в положении лежа на спине, сохраняя неподвижность, не разговаривая и дыша спокойно, без произвольной задержки дыхания. После периода адаптации выполняли фоновую регистрацию реограммы в положении лежа на спине [40, 58, 84, 86]. На данном этапе определяли исходные показатели регионарной гемодинамики: реографический индекс, амплитудно-частотный показатель, модуль упругости, дикротический индекс, диастолический индекс, показатель венозного оттока и коэффициент венозного оттока [86].

Затем по команде обследуемый выполнял активный переход из горизонтального положения в вертикальное. Для стандартизации двигательного компонента использовался метроном, заданный в темпе 60 ударов в минуту, при котором подъем выполнялся на 4 счета: на первый счёт обследуемый начинал подъём, к четвертому счету принимал устойчивое вертикальное положение. Такая схема позволила минимизировать различия, связанные с индивидуальной скоростью вставания, и тем самым уменьшить влияние методической погрешности на оцениваемые гемодинамические параметры [40, 58, 84, 86].

После принятия вертикального положения обследуемый сохранял неподвижную стойку, руки располагались свободно вдоль туловища, дополнительные движения и разговоры исключались [40, 58, 84, 86]. В этом положении регистрировали вышеперечисленные реографические показатели в условиях ортостатической нагрузки [86].

2.3.2. Статическая нагрузочная проба

Для оценки реактивности периферического кровообращения в условиях дозированной статической мышечной работы при проведении реографии в регионе «плечо – предплечье» использовали функциональную пробу с изометрической нагрузкой кистевых мышц. В качестве нагрузочного теста применяли удержание кистевого динамометра на уровне 30% от максимального произвольного усилия (МПУ, кг) в течение 3 минут, поскольку именно такой протокол используется в исследованиях у спортсменов высокого класса как стандартная модель изометрического «handgrip-стресса» при оценке гемодинамических реакций [170].

Исследование проводилось в утренние часы, натощак, после ночного сна, в тихом помещении с комфортной температурой воздуха и при минимуме внешних раздражителей. В день измерения исключались интенсивные тренировочные нагрузки [40, 58, 84]. Для проведения исследования использовался аппаратно-программный комплекс для реовазографии «Рео-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново), комплект электродов, средства для подготовки кожи, плоскопружинный ручной динамометр ДК-100 с точностью до 1 даН (деканьютона) или килограмма [38, 67].

Перед началом основной пробы обследуемый находился в положении стоя в течение 5 минут для стабилизации гемодинамических показателей [40, 58, 84]. После периода адаптации регистрировали исходную реограмму в стандартных условиях с соблюдением общепринятых требований к наложению электродов и минимизации двигательных артефактов [67, 205]. На данном этапе определяли

исходные показатели регионарной гемодинамики: реографический индекс, амплитудно-частотный показатель, модуль упругости, дикротический индекс, диастолический индекс, показатель венозного оттока и коэффициент венозного оттока [67, 86].

Для индивидуального дозирования нагрузки предварительно определяли максимальное произвольное усилие кисти с помощью плоскопружинного ручного динамометра ДК-100 [38]. Измерение выполняли ведущей рукой; обследуемый осуществлял максимально возможное сжатие динамометра, после чего фиксировали наибольшее значение как максимальное произвольное усилие кисти. При необходимости выполняли 2 попытки с коротким интервалом отдыха, ориентируясь на лучшую попытку, что соответствует данным о достаточной надежности кистевой динамометрии при использовании ранних рабочих попыток [148]. После определения максимального произвольного усилия кисти рассчитывали целевой уровень нагрузки, соответствующий 30% от полученного максимального значения. Для повышения точности выполнения пробы обследуемому предварительно объясняли требуемую силу сжатия и проводили короткую тренировочную попытку удержания заданного усилия [170].

После регистрации исходных показателей обследуемый брал кистевые динамометры в обе руки и по команде развивал усилие, соответствующее 30% от максимального произвольного усилия кисти, поддерживая его непрерывно в течение 3 минут. Такой режим изометрической нагрузки является физиологически обоснованным, поскольку вызывает воспроизводимую прессорную и сосудистую реакцию за счет активации центральной команды и «exercise pressor reflex» при статическом мышечном сокращении [205].

В течение всей пробы обследуемому давали стандартные инструкции: сохранять ровное положение тела, не совершать лишних движений, не разговаривать и дышать спокойно, не допуская натуживания и выполнения маневра Вальсальвы. Контроль дыхания принципиально важен, поскольку сочетание изометрического усилия с натуживанием способно существенно

модифицировать гемодинамический ответ и исказить интерпретацию результатов у спортсменов [175].

На 3-й минуте изометрического удержания осуществляли непрерывную регистрацию вышеизложенных реографических показателей в соответствии с техническими возможностями аппаратно-программного комплекса «Рео-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново) [170].

2.4. Методы статистического анализа результатов исследования

Статистический анализ первичных результатов исследования проводился с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics, версия 26.0 [95]. Для всех количественных признаков предварительно оценивали характер распределения данных. Нормальность распределения проверяли с применением одновыборочного критерия Колмогорова – Смирнова, а также визуального оценивания гистограммы распределения [42, 133].

При отсутствии статистически значимых отличий распределения от нормального закона ($p > 0,05$) описательные статистики приводились в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$). В случаях, когда распределение отличалось от нормального (асимптотическая значимость $p < 0,05$, нулевая гипотеза о нормальности отвергалась), а также с учётом небольшого объёма выборки, использовались непараметрические характеристики: медиана (Me) и межквартильный размах [Q_{25} ; Q_{75}] [33, 42, 95, 133].

С учётом того, что большинство исследуемых показателей имели асимптотическую значимость $p < 0,05$ по критерию Колмогорова – Смирнова и численность обследуемых в сравниваемых группах была менее 50 человек, для межгруппового сравнения применяли непараметрические критерии. Для сопоставления двух независимых выборок использовали U-критерий Манна-Уитни. Различия показателей между группами считались статистически значимыми при уровне значимости $p \leq 0,05$ [33, 42, 95, 133].

Для оценки связи между количественными признаками проводился корреляционный анализ. Поскольку большинство переменных имели ненормальное распределение использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Корреляция считалась статистически значимой при уровне значимости $p \leq 0,05$ [42, 95, 133]. При интерпретации величины коэффициента корреляции применялась следующая классификация силы (тесноты) корреляционных связей (по Э. В. Ивантеру, А. В. Коросову, 1992): сильная или тесная – при $r > 0,70$; средняя – при $0,50 < r < 0,69$; умеренная – при $0,30 < r < 0,49$; слабая – при $0,20 < r < 0,29$; очень слабая – при $r < 0,19$. При этом знак коэффициента интерпретировался как направление связи (прямая или обратная), а сила связи оценивалась по абсолютному значению корреляции [51].

Все расчёты выполнялись в среде IBM SPSS Statistics 26.0; при необходимости построения дополнительных графиков (ящики с усами, диаграммы рассеяния) использовались стандартные графические модули программы [95]. Для описания и интерпретации результатов статистического анализа учитывались современные рекомендации по применению параметрических и непараметрических методов в медико-биологических исследованиях [33, 42, 95, 133].

ГЛАВА 3. ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ДЕВУШЕК–ГАНДБОЛИСТОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1. Спортивный анамнез и физическое развитие девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности

По данным спортивного анамнеза спортивный стаж девушек-гандболисток, действующих спортсменок, составлял от 6 до 13 лет. Занятия гандболом, как правило, начинались одновременно с началом систематической спортивной деятельности. По уровню спортивной квалификации среди спортсменок были лица, имеющие I спортивный разряд (26 %), кандидаты в мастера спорта (60,9%) и мастера спорта (13,1 %). На момент исследования спортсменки тренировались 6 дней в неделю, выполняя преимущественно два тренировочных занятия в день. Основу специальной подготовки составляли технические, тактические, скоростно-силовые и бросковые упражнения, предусматривающие значительную повторную нагрузку на плечевой пояс и ведущую верхнюю конечность.

Спортивный стаж девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру на момент исследования составлял от 8 до 11 лет. По уровню спортивной квалификации среди них были лица, имеющие I спортивный разряд (30 %), кандидаты в мастера спорта (56,7%) и мастера спорта (13,3 %).

Травматологический анамнез в обеих группах не был отягощён повреждениями плечевого сустава. В отдельных случаях отмечались травмы нижних конечностей, включая повреждения голеностопного и коленного суставов. На момент исследования острые травматические повреждения, выраженный болевой синдром и клинически значимое ограничение функции плечевого сустава отсутствовали.

По данным нашего исследования показатели физического развития у девушек-гандболисток в сравниваемых группах не имели значимых различий и находились в пределах физиологической нормы (Табл. 3.1.).

Таблица 3.1. – Уровень физического развития и антропометрический профиль девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности, Ме [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель	Группа	Ме [Q ₂₅ ; Q ₇₅]	p
Длина тела, м	1	1,72 [1,68;1,77]	
	2	1,69 [1,65;1,74]	
Масса тела, кг	1	64 [60,1;71,4]	
	2	61,6 [57,1;66,2]	
ИМТ, кг/м ²	1	22,05 [20,95;23,42]	
	2	21,85 [20,42;23,09]	
Должная МТ, кг	1	64,8 [61,2;69,3]	
	2	62,1 [58,5; 66,6]	
Отклонение фактической массы от должной МТ, %	1	0,16 [-2,97;8,37]	
	2	0,72 [-6,57; 7,58]	
ИКС _{справа} , %	1	63,4 [60,5; 65,1]	p=0,001
	2	57,7 [55,6;58,7]	
ИКС _{слева} , %	1	56,1 [53,6;58,4]	p=0,001
	2	50,1 [48,3;52,4]	
Уровень физического состояния, у.е.	1	0,69 [0,59; 0,80]	
	2	0,72 [0,68; 0,82]	

Примечание: p – значимость различий при межгрупповом сравнении; 1 – группа девушек-гандболисток, действующих спортсменов, 2 – группа девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру

При этом отклонение фактической массы тела от должной массы оказалось минимальным и в среднем по группам составило: 0,16 % и 0,72 % соответственно. Данный факт свидетельствует о том, что девушки, прекратившие свою профессиональную спортивную деятельность, успешно поддерживают свой уровень физического состояния [53, 103, 124].

Сравнительный анализ индексов кистевой силы позволил выявить значимые межгрупповые различия на уровне $p = 0,001$, а именно, превышение такого индекса относительно нормативных значений в группе девушек-гандболисток, продолжающих свою профессиональную спортивную деятельность (справа – 63,4 %; слева – 56,1 %). Это косвенно свидетельствует о

выраженной мышечной массе предплечья и кисти, особенно, ведущей руки, обусловленной имеющимися специфическими движениями в тренировочном процессе (бросковые и хватательные движения с мячом) [13, 39, 45, 48, 49, 64, 65, 86, 101, 137, 154, 156]. Тогда как, в группе девушек, завершивших свою профессиональную спортивную деятельность, индекс кистевой силы находился в пределах нормы (справа – 57,7 %; слева – 50,1 %), что свидетельствует о физиологическом процессе детренированности, приводящем со временем к потере максимальной силы рабочих мышечных групп [45, 48, 189].

Сравнительный анализ показателей компонентного состава тела по данным биоимпедансометрии у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности позволил установить статистически значимые различия (Табл. 3.2.).

Относительное содержание жира в группе девушек-гандболисток, завершивших свою спортивную карьеру, значимо отличалось ($p = 0,005$) по сравнению с таковым показателем в группе действующих спортсменок, что также сопровождалось ростом висцерального жира ($p = 0,002$) и тенденцией к увеличению абсолютной жировой массы и индекса жировой массы (FMI). Эти изменения можно объяснить перестройкой гормонального фона, а именно, у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, снижается липолитическая активность катехоламинов, которая поддерживалась регулярными спортивными тренировками [41, 92, 189].

В сопоставлении с изменениями жировой массы у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, происходило снижение относительной и абсолютной мышечной массы (45,5 %; $p=0,001$ и 27,7 кг; $p=0,007$ соответственно). Это косвенно может свидетельствовать о сокращении объёма миофибрилл и запасов внутримышечного гликогена, что приводит впоследствии к снижению безжировой массы ($p=0,001$) и индекса мышечной массы (MMI) (9,96; $p=0,004$).

В работах А. И. Табакова с соавт. (2025), K. Krüger et al. (2014), I. Mujika et al. (2000) подчеркивается, что гипотрофия скелетной мускулатуры формируется на фоне прекращения регулярных скоростно-силовых нагрузок и специфических

бросковых движений, имеющих в тренировочном процессе профессиональных гандболисток [143, 189, 197, 227].

Таблица 3.2. – Показатели компонентного состава тела по данным биоимпедансометрии девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности, Me [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель	Группа	Me [Q ₂₅ ; Q ₇₅]	p
Содержание жира, %	1	19,2 [17,6; 21,4]	p=0,005
	2	26,4 [18,5; 29,3]	
Мышечная масса, %	1	50,2 [46,9; 55]	p=0,001
	2	45,55 [43,0; 47,9]	
Костная масса, %	1	2,6 [2,5; 2,9]	p=0,004
	2	2,4 [2,3; 2,6]	
Содержание воды, %	1	59,6 [58,7; 61,2]	p=0,014
	2	55,75 [52,3; 60,5]	
Висцеральный жир, %	1	1 [1; 1]	p=0,002
	2	1 [1; 2]	
Метаболический возраст, лет	1	12 [12; 12]	p=0,003
	2	14 [12; 24]	
Абсолютная жировая масса, кг	1	11,7 [10,02; 14,65]	
	2	16,23 [10,51; 19,66]	
Абсолютная мышечная масса, кг	1	32,08 [29,5; 39,34]	p=0,007
	2	27,75 [24,6; 31,2]	
Безжировая масса, кг	1	52,8 [49,43; 55,74]	p=0,001
	2	46,7 [42,8; 50,04]	
Индекс жировой массы, у.е. (FMI)	1	4,2 [3,7; 4,93]	
	2	5,44 [3,7; 6,74]	
Индекс безжировой массы, у.е. (FFMI)	1	17,76 [17,1; 18,69]	p=0,001
	2	16,36 [15,8; 17,34]	
Индекс мышечной массы, у.е. (MMI)	1	11,05 [10,2; 12,96]	p=0,004
	2	9,96 [9,16; 11,05]	
Соотношение мышцы / жир, у.е.	1	2,67 [2,34; 3,19]	p=0,001
	2	1,95 [1,5; 2,42]	
Δ возраста, у.е.	1	-6 [-6; -4]	
	2	-5,5 [-8; 2]	

Примечание: p – значимость различий при межгрупповом сравнении; 1 – группа девушек-гандболисток, действующих спортсменок, 2 – группа девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру

Следует отметить взаимообусловленность мышечного объема с показателями гидратации организма. Так, у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, содержание воды оказалось ниже относительно девушек-гандболисток, действующих спортсменок, (55,7 % против 59,6 %, p=0,014), что

свидетельствует об уменьшении внутримышечного депо гликогена и, как следствие приводит к снижению общего содержания жидкости в организме [26, 191].

Межгрупповой сравнительный анализ позволил отметить статистически значимое снижение относительной костной массы у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру. Согласно закону J. Wolff (2010) снижение пьезоэлектрической стимуляции остеобластов на фоне прекращения прыжковых и ударных нагрузок может способствовать преобладанию остеокластической резорбции, формирующей морфологические предпосылки для развития постспортивной остеопении [227].

Сравнительный анализ данных классической ручной гониометрии плечевых суставов позволяет определить амплитуду движения левого плечевого сустава, которая не выходила за пределы нормы в обеих группах и составляла: медианы сгибания и отведения – 180° , а разгибания – 40° . В то же время установлено значимое снижение амплитуды активных движений в правом (ведущем бросковом) плече у девушек – действующих спортсменок. (Табл. 3.3., рис. 3.1.).

У девушек-гандболисток, действующих спортсменок, медиана угла сгибания правого плеча составила 174° , а отведения – 172° при сохранении нормы угла разгибания в 40° . Как отмечают в своих работах ряд исследователей вышеописанные изменения являются результатом адаптивной перестройки тканевых структур плечевого сустава на фоне регулярных эксцентрических нагрузок на вращательную манжету, особенно в фазе торможения броска, приводящих к нарушению тканевой микроциркуляции и последующему воспалительному процессу, обуславливая на фоне мышечного перенапряжения, возникновение микронадрывов, тендинопатий надостной мышцы и контрактур нижней и задней порций капсулы сустава, приводящих к ограничению амплитуды движения в плечевом суставе [13, 173, 209, 211].

Таблица 3.3. – Показатели классической гониометрии девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности, Ме [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель	Группа	Ме [Q ₂₅ ; Q ₇₅]
Угол сгибания правого плеча	1	174 [172;180]
	2	176 [174;180]
Угол сгибания левого плеча	1	180 [178;180]
	2	180 [178;180]
Угол разгибания правого плеча	1	40 [40;40]
	2	40 [40;40]
Угол разгибания левого плеча	1	40 [40;40]
	2	40 [40;40]
Угол отведения правого плеча	1	172 [169;178]
	2	174 [170;178]
Угол отведения левого плеча	1	180 [176;180]
	2	180 [178;180]

Примечание: 1 – группа девушек-гандболисток, действующих спортсменок, 2 – группа девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру

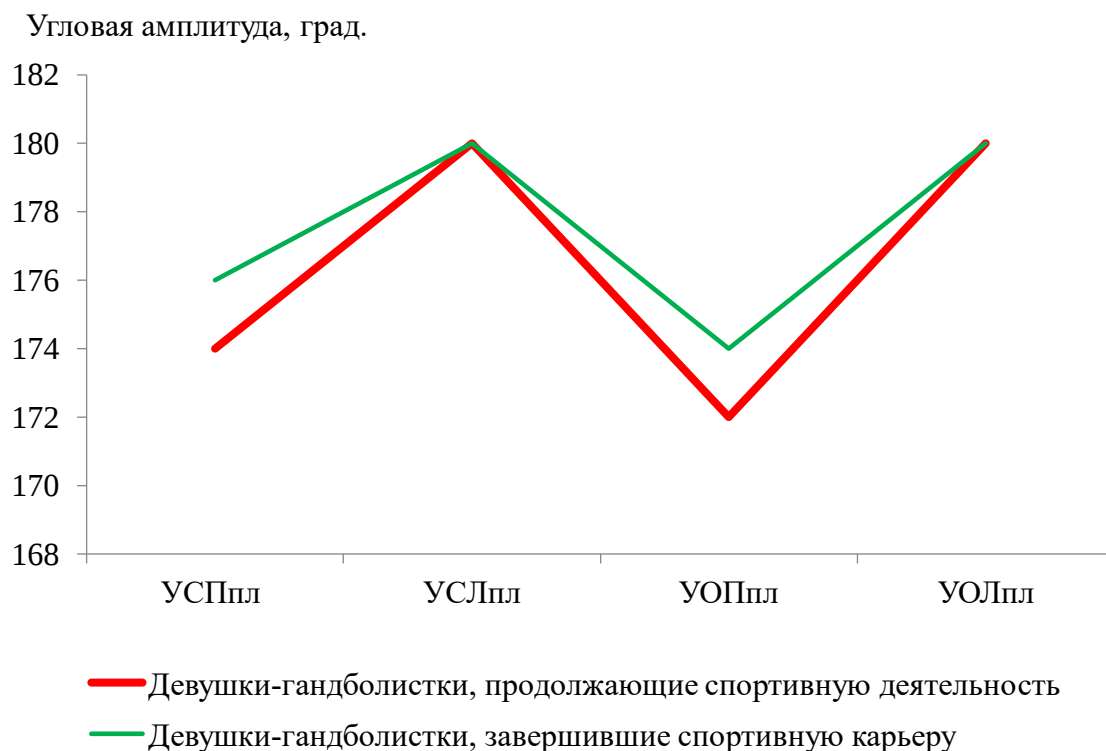


Рис. 3.1. – Угловые амплитуды сгибания (УС) и отведения (УО) у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности (П – правая сторона, Л – левая сторона)

Отмечаемая тенденция к увеличению углов сгибания и отведения в правом плечевом суставе у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, может свидетельствовать о восстановлении объема движений на фоне

прекращения специфических травмирующих «overhead movements», что приводит, в конечном счете, к «стиханию» реактивного воспаления в субакромиальном пространстве [83, 207].

3.2. Особенности системной гемодинамики у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности

К одним из основных показателей системной гемодинамики относят частоту сердечных сокращений и артериальное давление, параметры которых отражают функциональное состояние организма, особенности системы регуляции и состояние артериального сосудистого русла. При этом диастолическое артериальное давление характеризует давление в крупных артериальных сосудах во время диастолы сердца. Величина диастолического артериального давления зависит в основном от состояния тонуса стенок артериальных сосудов, определяющих общее периферическое сопротивление сосудов и мало зависит от изменений ударного объёма крови [151]. При интерпретации полученных данных, представленных в таблице 3.4., нами оценивались показатели системной гемодинамики с учётом не только текущей спортивной деятельности, но и функциональной латеральности верхней конечности [75, 76].

Как оказалось, у девушек-гандболисток, действующих спортсменок, диастолическое артериальное давление на правой руке значимо выше, чем таковое у девушек, завершивших спортивную карьеру (77,0 [72,0; 91,0]; 70,5 [66,0; 80,0] мм рт. ст., соответственно; $p = 0,05$). Схожая «картина» сохранялась при анализе среднего гемодинамического давления справа, которое также оказалось выше у девушек 1 группы (91,0 [86,3; 102,3]; 86,3 [80,3; 94,3] мм рт. ст., соответственно, $p = 0,05$).

Учитывая, что среднее гемодинамическое давление интегрально отражает соотношение сердечного выброса и периферического сосудистого сопротивления, то его снижение у девушек 2 группы может свидетельствовать о перестройке механизмов кровообращения после прекращения занятий спортом.

Таблица 3.4. – Показатели системной гемодинамики девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности, Me [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель	Группа	Латеральность	Me [Q ₂₅ ; Q ₇₅]	p
ЧСС в мин.	1		64,0 [56; 70]	
	2		68,5 [58; 74]	
Систолическое артериальное давление (АДС, мм рт. ст)	1	правая	120,0 [115,0; 125,0]	
		левая	112,0 [107,0; 118,0]	
	2	правая	117,5 [111,0; 122,0]	
		левая	114,0 [109,0; 120,0]	
Диастолическое артериальное давление (АДД, мм рт. ст)	1	правая	77,0 [72,0; 91,0]	рп=0,05
		левая	71,0 [68,0; 75,0]	
	2	правая	70,5 [66,0; 80,0]	
		левая	70,0 [65,0; 78,0]	
Пульсовое артериальное давление (АДП, мм рт. ст.)	1	правая	39,0 [34,0; 47,0]	
		левая	40,0 [34,0; 46,0]	
	2	правая	43,5 [37,0; 48,0]	
		левая	43,5 [36,0; 49,0]	
Среднее гемодинамическое артериальное давление (АДср, мм рт. ст)	1	правая	91,0 [86,3; 102,3]	рп=0,05
		левая	84,6 [82,0; 91,6]	
	2	правая	86,3 [80,3; 94,3]	
		левая	84,6 [79,6; 90,3]	
Вегетативный индекс Кердо (ВИК, у.е.)	1	правая	-28,5 [-36,3; -1,1]	
		левая	-9,0 [-29,0; 1,45]	
	2	правая	-11,6 [-29,0; 7,35]	
		левая	-5,65 [-23,6; 8,97]	
«Двойное произведение» (ДП, у.е.)	1	правая	79,36 [67,65; 89,7]	
		левая	72,7 [59,9; 80,5]	
	2	правая	80,5 [77,6; 67,83]	
		левая	82,6 [75,3; 67,83]	
Коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы (КВссс, у.е.)	1	правая	16,4 [13,1; 18,3]	
		левая	16,6 [12,5; 21,6]	
	2	правая	16,0 [13,4; 19,47]	
		левая	15,2 [12,7; 20,0]	
Индекс Хильдебранта (Q, у.е.)	1		4,2 [3,5; 4,38]	
	2		4,1 [3,44; 4,5]	
Индекс функционального состояния (ИФС, у.е.)	1		1,3 [1,2; 1,57]	
	2		1,3 [1,1; 1,5]	

Примечание: р – значимость различий при межгрупповом сравнении; индексы: п – правая сторона; л – левая сторона; 1 – группа девушек-гандболисток, действующих спортсменок, 2 – группа девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру

В качестве оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и обобщенной интегральной оценки состояния здоровья организма в

практической физиологии широко используются расчётные индексы [84, 138, 150, 151, 167, 169, 201, 225].

На основании данных ЧСС, АДС, АДД, АДП нами были рассчитаны: вегетативный индекс Кердо (ВИК, у.е.), коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы (КВссс, у.е.), а также индексы Робинсона (или «двойное произведение» (ДП, у.е.) и функционального состояния (ИФС, у.е.).

Обращает на себя внимание отсутствие значимых различий по показателям системной гемодинамики, включающих артериальное систолическое давление, частоту сердечных сокращений, пульсовое давление, а также расчётных индексов: ВИК, индекс Хильдебрандта, КВссс, ДП и ИФС, что может свидетельствовать о том, что основные регуляторные механизмы в целом сохраняют относительную стабильность даже после завершения спортивной карьеры. При этом функциональная перестройка механизмов регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы затрагивает, прежде всего, сосудистый компонент адаптации [6, 16, 20, 167, 169, 225].

Как следует из таблицы 3.5. в сравниваемых группах преобладают лица, имеющие сбалансированное взаимодействие между сердечно-сосудистой и дыхательной системами организма, что свидетельствует об уравновешенном соотношении влияния симпатического и парасимпатического отделов нервной системы. При этом установленное процентное преобладание девушек-гандболисток во 2 группе с нормативными значениями индекса Хильдебранта (83,3 %) косвенно указывающее на перестройку паттернов дыхания и кровообращения после прекращения спортивной деятельности. Однако в 17,4% в группе девушек – действующих спортсменок преобладающим механизмом в регуляции деятельности кардиореспираторной системы остается доминирующая активность симпатического отдела вегетативной нервной системы [16, 151, 201].

Оценивая сбалансированность отделов вегетативной нервной системы по вегетативному индексу Кердо, следует отметить высокий процент в 1 группе девушек – спортсменок с преобладанием парасимпатических механизмов активации ВНС (65,2 %), что указывает на снижение физиологической «цены»

адаптации организма к регулярным аэробным нагрузкам тренировочного процесса и экономизацию работы сердечно-сосудистой системы [1, 16, 225]. Несмотря на то, что гандбол – это игра, включающая множество элементов, состоящих из ускорений, прыжков и «силовой борьбы», сопровождающихся анаэробными реакциями в организме, немаловажная роль принадлежит аэробным реакциям в плане быстрого восстановления функций (освобождения от продуктов распада (лактата) и восполнения запасов энергии) [1, 13].

Таблица 3.5. – Сопряженное соотношение по интегральным индексам в группах девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности, %

Индекс Хильдебранта				
		Ниже нормы	Норма	Выше нормы
группа	1	4,3%	78,3%	17,4%
	2	6,7%	83,3%	10,0%
Вегетативный индекс Кердо				
		Ваготония	Эйтония	Симпатикотония
Группа	1	65,2%	26,1%	8,7%
	2	30,0%	46,7%	23,3%
Коэффициент выносливости ССС				
		Ниже нормы	Норма	Выше нормы
Группа	1	39,1%	8,7%	52,2%
	2	43,3%	20,0%	36,7%
Двойное произведение (индекс Робинсона)				
		Низкий	Средний	Высокий
Группа	1	47,8%	34,8%	17,4%
	2	33,3%	50,0%	16,7%

Всё вышеописанное согласуется с высоким процентом в 1 группе девушек-гандболисток, действующих спортсменок, по коэффициенту выносливости сердечно-сосудистой системы (52,2 %), тогда как в группе девушек, завершивших спортивную карьеру в 43,3 % случаев отмечается снижение функциональных резервов и изменение показателей выносливости системы кровообращения после прекращения систематических высокоинтенсивных нагрузок тренировочного процесса [1, 14, 63, 167].

Обращает на себя внимание преобладание процентного соотношения во 2 группе девушек со средними значениями по индексу Робинсона (50,0 %), что свидетельствует о снижении у них уровня энергопотенциала организма после завершения спортивной деятельности и об удовлетворительном функционировании сердца в пределах нормы [16].

3.3. Особенности периферического кровообращения у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности

Согласно отечественным и зарубежным исследованиям, систематические занятия спортом вызывают структурно-функциональные изменения в организме спортсмена, обеспечивающие повышение адаптивных возможностей как отдельных органов и систем, так и всего организма в целом [55, 59, 204, 214, 218]. Специфика адаптации к физическим нагрузкам обусловлена значительными изменениями в органах и системах, играющих ключевую роль в достижении спортивных результатов в конкретном виде спорта [15, 137, 146, 147, 155, 188, 218].

Гандбол относится к ациклическим видам спорта и характеризуется высокой интенсивностью игровых действий, быстрыми переключениями по ходу игры, силовыми противоборствами с противником и широким разнообразием игровых приёмов, используемых в нападении и защите [1]. В данных условиях повышенные требования предъявляются к сердечно-сосудистой системе, что связано с резкими изменениями её деятельности при напряженных нагрузках, являющихся неотъемлемой частью тренировочного и соревновательного процессов у гандболистов [63, 99, 155, 204, 214, 218].

Выявление адаптационных изменений системы кровообращения у спортсменов-гандболистов позволяет прогнозировать функциональные возможности организма атлета и совершенствовать тренировочный процесс, что способствует повышению спортивной результативности [1, 13, 15, 155].

Следует отметить, что большинство исследований посвящено изучению особенностей адаптации центральной гемодинамики к систематическим физическим нагрузкам [55, 63, 99, 155, 204, 214, 218]. Исходя из вышесказанного, определение функциональных показателей периферического кровообращения у спортсменов-гандболистов является актуальной задачей современной спортивной физиологии и медицины.

Показатели реографии в регионе «плечо – предплечье» оценивали относительно возрастных нормативных значений. Показатели нормы представлены в методических указаниях «Комплекс реографический «Рео-спектр» [67]. Различия при проведении сравнительного межгруппового анализа реографических показателей оценивались как значимые при $p \leq 0,05$.

Сравнительный анализ реографических показателей с возрастной нормой в условиях оперативного покоя позволил установить, что периферическое кровообращение в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток первой и второй групп в целом характеризуется повышенной интенсивностью кровенаполнения магистральных артерий за счёт увеличения выброса крови, обусловленного умеренной гипертрофией миокарда спортсменов (показатели РИ оказались выше нормативных значений в среднем на 65 %) (Табл. 3.6.).

Наряду с умеренной гипертрофией миокарда у девушек-гандболисток, действующих спортсменок, в области плечевого сустава «ведущей руки» отмечается повышение тонуса артериального русла, обуславливающего способность крупных артерий к растяжению (МУ, %: 13,1 [11,8; 15,9], $p = 0,028$). При этом вне тренировочного процесса у девушек выявлено снижение сосудистого тонуса на уровне прекапиллярной сети, указывающего на развитие расстройств тонуса сосудов по типу метаболической дистонии.

Следует отметить, что на уровне посткапиллярной сети показатели, характеризующие процесс оттока крови из артерий в вены, и тонус венозных сосудов находятся еще в пределах возрастной нормы [86].

Таблица 3.6. – Показатели периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности, Me [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель	Группа	Локализация	Левая сторона		Правая сторона	
Реографический индекс, у.е.	1	Плечо	1,11 [0,95; 1,3]	В	1,28 [0,87; 1,81]	В
		Предплечье	1,8 [1,23; 2,46]	В	1,89 [1,41; 2,17]	В
	2	Плечо	1,38 [0,78; 1,97]	В	1,38 [0,87; 1,9]	В
		Предплечье	2,10 [1,56; 2,76]	В	2,06 [1,49; 2,65]	В
Амплитудно-частотный показатель, у.е.	1	Плечо	1,18 [0,91; 1,53]	–	1,39 [0,9; 1,74]	–
		Предплечье	1,77 [1,52; 2,36]	–	1,89 [1,37; 2,07]	–
	2	Плечо	1,31 [0,72; 2,1]	–	1,38 [0,89; 1,7]	–
		Предплечье	2,17 [1,39; 3,1]	–	1,92 [1,39; 2,66]	–
Модуль упругости, %	1	Плечо	12,3 [10,2; 14,9]	N	13,1 [11,8; 15,9], p=0,028	N
		Предплечье	11,7 [10,2; 14,1]	N	11,0 [9,81; 13,1]	N
	2	Плечо	11,8 [8,54; 14,3]	N	11,4 [8,72; 14,03]	N
		Предплечье	10,9 [8,92; 13,1]	N	9,96 [8,17; 11,9]	N
Дикротический индекс, %	1	Плечо	43,2 [33,4; 69,1]	N	41,1 [31,3; 54,5]	N
		Предплечье	30,5 [23,1; 45,7]	H	30,0 [25,47; 44,5]	H
	2	Плечо	42,2 [36,6; 58,6]	N	44,3 [37,3; 46,7]	N
		Предплечье	46,1 [37,8; 57,6]	H	31,0 [26,1; 37,8]	H
Диастолический индекс, %	1	Плечо	48,9 [40,4; 72,7]	N	54,7 [44,7; 62,1]	N
		Предплечье	51,4 [41,8; 62,1]	N	54,9 [40,3; 70,5]	В
	2	Плечо	58,2 [45,3; 65,5]	В	57,5 [48,9; 61,9]	В
		Предплечье	32,4 [24,7; 36,3]	N	52,9 [39,4; 58,5]	N
Венозный отток, %	1	Плечо	8,0 [4,0; 15,0]	N	6,0 [2,0; 19,0]	N
		Предплечье	4,0 [1,0; 8,0]	N	4,0 [2,0; 11,0]	N
	2	Плечо	8,5 [2,0; 16,0]	N	4,0 [2,0; 10,5]	N
		Предплечье	3,0 [1,0; 6,25]	N	3,0 [1,0; 5,25]	N
Коэффициент венозного оттока, %	1	Плечо	88,3 [86,7; 89,5]	–	88,1 [85,7; 90,6]	–
		Предплечье	88,8 [87,2; 90,7]	–	89,16 [86,1; 91,7]	–
	2	Плечо	89,2 [86,3; 90,8]	–	89,2 [86,9; 91,0]	–
		Предплечье	89,8 [86,5; 91,7]	–	90,4 [88,2; 91,9]	–

Примечание: p – значимость различий при межгрупповом сравнении; N – в среднем по группе показатель в пределах нормативных значений; В – в среднем по группе показатель выше нормативных значений; H – в среднем по группе показатель ниже нормативных значений; 1 – группа девушек-гандболисток, действующих спортсменок, 2 – группа девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру

Отмечая схожесть «картины» периферического кровоснабжения верхней конечности, следует указать на высокую дисперсию показателя, отражающего суммарное пульсовое кровенаполнение в исследуемом регионе у девушек второй группы (РИ, у.е.: плечо – 1,38 [0,78; 1,97], предплечье – 2,10 [1,56; 2,76]) и

характеризующего адаптивные реакции, которые обуславливают снижение кровотока в регионе «плечо – предплечье» вследствие отсутствия нагрузок высокой интенсивности. При этом высокая дисперсия показателя, отражающего венозный отток, выявленная в 19 % случаев у девушек первой группы, особенно в регионе правой верхней конечности («ведущая рука» ВО, %: плечо – 6,0 [2,0; 19,0]), может свидетельствовать о возможном развитии функционального застоя крови в исследуемых сосудистых областях при интенсивной физической нагрузке.

ГЛАВА 4. ДИНАМИКА ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ДЕВУШЕК-ГАНДБОЛИСТОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФОНЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБ

4.1. Динамика параметров периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток на фоне выполнения активной ортостатической пробы

Возрастание требований к спортивным результатам в контексте интенсификации учебно-тренировочного процесса предопределяет необходимость проведения систематической оценки функциональных параметров сердечно-сосудистой системы спортсменов [19, 176]. Гандбол относится к игровым видам спорта смешанного характера с выраженной аэробно-анаэробной направленностью энергообеспечения [1]. Современный гандбол характеризуется высокой динамичностью игры, значительными эмоциональными нагрузками, а также повышенными требованиями к работе сердечно-сосудистой системе спортсменов [1, 180, 190, 195]. В процессе игры происходит целый ряд изменений в работе органов и систем: возрастает частота пульса и дыхания, активизируются обменные процессы, повышается минутный объем кровообращения [63, 99, 155, 186, 190, 204, 214, 218]. Данные процессы оказывают значительное влияние на показатели как центральной, так и периферической гемодинамики.

Несмотря на значительное количество работ, посвященных изучению центральной гемодинамики у спортсменов, вопросы регионарного кровообращения, особенно в условиях функциональных нагрузочных проб, остаются недостаточно изученными [20, 55, 58, 63, 76, 99, 100, 155, 204, 214, 218]. Регионарная гемодинамика, характеризующая кровоснабжение отдельных областей тела, имеет принципиальное значение для понимания механизмов

адаптации организма к физическим нагрузкам, а также регуляторных механизмов перераспределения кровотока при изменении положения тела [19, 20, 68, 72, 168].

Исследование особенностей регионарной гемодинамики у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной деятельности на фоне выполнения ортостатической пробы является актуальной научной задачей, решение которой позволит расширить фундаментальные представления о механизмах адаптации женского организма к специфическим нагрузкам игровых видов спорта, разработать эффективные методы индивидуализации тренировочного процесса, а также внести вклад в профилактику сердечно-сосудистых осложнений у спортсменок высокой квалификации.

Анализ изменений кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток, действующих спортсменок на фоне выполнения активной ортостатической пробы независимо от латеральности и сегмента (плечо, предплечье) показал универсальную реакцию, состоящую в уменьшении интенсивности артериального кровотока с умеренным увеличением периферического сопротивления (Табл. 4.1., рис. 4.1.). По реографическому индексу, как справа, так и слева коэффициент сдвига на нагрузку изменялся с -0,72 до -0,26 у.е.; с -0,42 до -0,15 у.е. соответственно. С одной стороны, широкий межквартильный диапазон свидетельствует о разнонаправленности реакций на фоне выполнения ортостатической пробы, с другой – снижение базового параметра, характеризующего величину пульсового кровенаполнения в исследуемом регионе, имело системный и симметричный характер, что свидетельствует о проявлении вероятностной сосудистой реакции и не рассматривается нами как признак локальной дисрегуляции. При этом, обращает на себя внимание, факт резкого изменения амплитудно-частотного показателя в сегменте «плечо» справа по сравнению с аналогичным показателем слева. По данным А. И. Кубарко, И. М. Гуринович (2025) таковые изменения интегрального показателя интенсивности артериального притока могут указывать на скрытые нарушения объёмного кровенаполнения магистральных артерий. Однако есть и другое мнение (Николаева Т. М., 2020; Колчина Е. Ю., 2021) предполагающее, что

на фоне вертикализации у девушек-гандболисток, продолжающих спортивные тренировки, формируется ограничение избыточного периферического притока в дистальные отделы верхней конечности, что возможно является одним из экономически выгодных механизмов гемодинамики, рационального перераспределения кровотока между системными и периферическими звеньями циркуляции крови в организме, поддерживая достаточное поступление кислорода и питательных веществ в систему обменных сосудов без избыточного напряжения сосудистой системы в целом [66, 70, 97].

Следует отметить, что параметр, отражающий интегральный тонус артериального русла (модуль упругости, %) имел разную направленность изменений на фоне выполнения ортостатической пробы у девушек – спортсменок (1 группа). Так, с правой стороны этот показатель незначительно уменьшился (коэффициент сдвига на нагрузку по модулю упругости (КСНМУ = -0,02 у.е.), тогда как с левой стороны – увеличился (КСНМУ = +0,17 у.е.). Данный факт отражает различную способность крупных артерий к растяжению, при одинаковой частоте сердечных сокращений. При этом отмечается содружественное изменение периферического сосудистого сопротивления и сосудистого тонуса на уровне прекапилляров в сегменте «предплечье» (КСНДИК слева = -0,21; КСНДИК справа = +0,02). Выявленные реакции периферического кровотока в группе девушек-гандболисток (действующих спортсменок) указывают на согласованное сочетание снижения кровенаполнения в исследуемом регионе с усилением тонического компонента сосудистой реакции на фоне выполнения ортостатической пробы, что является благоприятным признаком адаптационной перестройки соотношения прямой и отражённой пульсовой волны.

Наиболее выраженная реакция со стороны сосудистого русла отмечалась по показателю, характеризующему венозный отток во всем исследуемом регионе «плечо – предплечье» со стороны «ведущей» спортивной руки, что может отражать физиологическую адаптивную способность сосудистой системы должным образом реагировать на изменение положения верхней правой

конечности в процессе спортивной (игровой) деятельности (КСНВО плечо = +0,56; КСНВО предплечье = +0,48).

Таблица 4.1. – Показатели регионарной гемодинамики в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток, действующих спортсменок на фоне выполнения ортостатической пробы, Ме [Q₂₅-Q₇₅]

Показатель / латерализация		Левая сторона		Правая сторона	
		фон	ортостаз	фон	ортостаз
Реографический индекс, у.е.	Плечо	1,11* [0,95-1,3]	0,84 [0,70-1,09]	1,28* [0,87-1,81]	0,79 [0,54-1,09]
	Предплечье	1,8* [1,23-2,46]	1,12 ^{&} [0,82-1,54]	1,89* [1,41-2,17]	1,02 [0,74-1,4]
Амплитудно-частотный показатель, у.е	Плечо	1,19 [0,91-1,53]	1,21 ^{&} [1,06-1,38]	1,39* [0,9-1,74]	0,96 [0,8-1,51]
	Предплечье	1,77 [1,52-2,36]	1,45 ^{&} [1,2-1,9]	1,89* [1,37-2,07]	1,3 [1,03-1,87]
Модуль упругости, %	Плечо	12,3* [10,2-14,9]	14,4 ^{&} [12,7-16,5]	13,1 [11,8-15,9]	12,8 [10,9-14,5]
	Предплечье	11,7 [10,2-14,1]	12,3 ^{&} [10,4-14,2]	11,0 [9,81-13,1]	10,9 [10,2-13,2]
Дикротический индекс, %	Плечо	43,2* [33,4-69,1]	40,6 [28,4-49,0]	41,1 [31,3-54,5]	38,6 [26,4-49,9]
	Предплечье	30,5 [23,1-45,7]	26,4 [16,7-43,4]	30,0 [25,4-44,5]	31,3 [20,7-52,5]
Диастолический индекс, %	Плечо	48,9* [40,4-72,7]	61,6 [47,4-70,9]	54,7 [44,7-62,1]	68,4 [52,9-85,8]
	Предплечье	51,4 [41,8-62,1]	64,3 [50,1-70,2]	54,9 [40,3-70,5]	66,7 [58,1-78,4]
Венозный отток, %	Плечо	8,0* [4,0-15,0]	9,0 [3,0-27,0]	6,0 [2,0-19,0]	9,0 [5,0-15,0]
	Предплечье	4,0 [1,0-8,0]	5,0 [3,0-17,0]	4,0 [2,0-11,0]	7,0 [2,0-11,0]
Коэффициент венозного оттока, %	Плечо	88,3* [86,7-89,5]	83,7 ^{&} [81,7-86,6]	88,1 [85,7-90,6]	86,9 [82,6-88,5]
	Предплечье	88,8* [87,2-90,7]	86,2 ^{&} [83,9-90,5]	89,16 [86,1-91,7]	88,1 [85,7-90,6]

Примечание: * – значимость различий фоновых показателей относительно показателей, полученных при выполнении ортостатической пробы; & – значимость различий показателей («левосторонние – правосторонние»), полученных при выполнении ортостатической пробы

При схожести ортостатических реакций у девушек-гандболисток, завершивших свою спортивную карьеру по сравнению с девушками – спортсменками следует отметить сочетание более выраженных срочных реакций

с наименьшей согласованностью сосудистых адаптивных механизмов (Табл. 4.2., рис. 4.1.).

Таблица 4.2. – Показатели регионарной гемодинамики в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток, прекративших свою спортивную деятельность на фоне выполнения ортостатической пробы Me [Q₂₅-Q₇₅]

Показатель / латерализация		Левая сторона		Правая сторона	
		фон	ортостаз	фон	ортостаз
Реографический индекс, у.е.	Плечо	1,38 [0,79-1,95]	1,12 ^{&} [0,8-1,38]	1,38* [0,87-1,92]	0,87 [0,74-1,25]
	Предплечье	2,1* [1,57-2,76]	1,37 [1,09-1,56]	2,06* [1,5-2,63]	1,3 [1,1-1,58]
Амплитудно-частотный показатель, у.е	Плечо	1,32 [0,73-2,1]	1,4 ^{&} [0,99-1,8]	1,38 [0,92-1,67]	1,17 [0,95-1,6]
	Предплечье	2,17 [1,42-3,09]	1,63 [1,46-2,1]	1,92 [1,42-2,6]	1,63 [1,39-2,11]
Модуль упругости, %	Плечо	11,87* [8,66-14,24]	14,07 ^{&} [11,7-16,83]	11,46 [8,8-13,9]	11,7 [9,4-13,7]
	Предплечье	10,97 [9,03-13,07]	10,99 [9,4-12,95]	9,96 [8,18-11,82]	10,47 [8,69-12,3]
Дикротический индекс, %	Плечо	42,3 [36,8-58,6]	47,98 ^{&} [41,9-57,65]	44,34 [37,3-46,7]	41,38 [30,5-50,3]
	Предплечье	32,4 [24,9-36,36]	29,68 [24,7-34,02]	31 [26,18-37,7]	27,72 [22,46-38,9]
Диастолический индекс, %	Плечо	58,24 [46,37-65,5]	58,16 [52,6-66,58]	57,59 [49,3-61,52]	63,74 [50,79-73,07]
	Предплечье	46,19* [38,15-57,5]	57,95 [45,01-70,0]	52,95 [39,9-58,03]	61,56 [41,18-65,99]
Венозный отток, %	Плечо	8,5 [2-15]	11 [4-22]	4 [2-10]	6 [2-9]
	Предплечье	3 [1-6]	4 [2-9]	3 [1-5]	4 [2-6]
Коэффициент венозного оттока, %	Плечо	89,3* [86,47-90,6]	86,15 ^{&} [83,49-88,5]	89,29 [87,0-91,0]	88,11 [85,8-90,06]
	Предплечье	89,8 [86,6-91,6]	89,28 [86,7-91,07]	90,45 [88,28-91,9]	89,57 [86,1-91,9]

Примечание: * – значимость различий фоновых показателей относительно показателей, полученных при выполнении ортостатической пробы; & – значимость различий показателей («левосторонние – правосторонние»), полученных при выполнении ортостатической пробы

Так, при регистрации повышено исходных значений реографического индекса (справа 1,38 у.е. [0,87-1,92], слева 1,38 у.е. [0,79-1,95]) независимо от латеральности у девушек 2 группы изменения этого показателя на фоне нагрузочного воздействия оказались более выражены. Это указывает на снижение

устойчивости периферического сосудистого русла к гравитационному воздействию. Применённая функциональная проба позволила выявить постепенную утрату стабильности сформированного ранее (во время спортивной деятельности) адаптивного стереотипа сосудистых реакций.

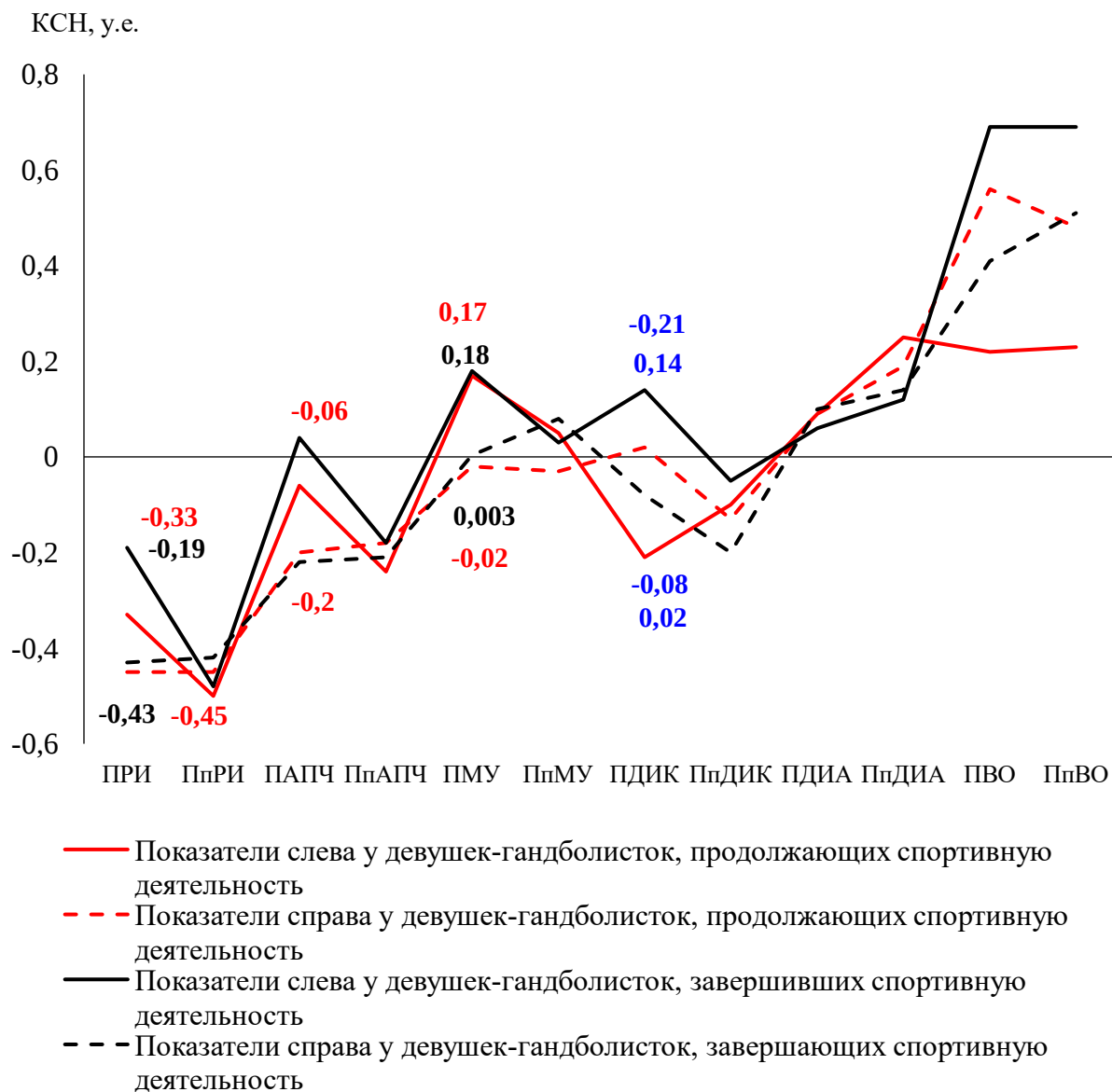


Рис. 4.1. – Коэффициенты сдвига на нагрузку «левосторонних – правосторонних» показателей реографии, полученных при выполнении ортостатической пробы; П – плечо, Пп – предплечье; на графике представлены данные показателей значительно различающихся; синий маркер – показатель, имеющий внутри и межгрупповые значимые различия

В отличие от 1 группы у девушек-гандболисток, завершивших свою спортивную карьеру, отмечается разнонаправленность сдвигов срочных реакций

кровообращения в исследуемом регионе по амплитудно-частотному показателю. В сегменте «плечо» регистрируется повышение АЧП (КСН слева 0,04 у.е. [-0,22;0,31]) напротив регистрации снижения в сегменте «предплечье» (КСН слева -0,18 у.е. [-0,34;0,09]), т.е. компенсаторное перераспределение кровотока в большей степени затрагивает проксимальные отделы сосудистого русла, тогда как компенсаторное перераспределение кровотока в дистальных отделах менее согласовано.

Показатель, характеризующий способность крупных артерий к растяжению оказался исходно повышен до 16,83% у девушек второй группы в 18,2% случаев от общего числа обследуемых. При этом отмечался его дальнейший прирост на фоне ортостатической пробы, особенно, в сегменте «плечо» слева (КСН 0,18 у.е. [-0,001;0,38]), что может свидетельствовать о менее экономичном механизме стабилизации периферической гемодинамики в ответ на изменение положения тела (вертикализацию) (Табл. 4.3.). Особенности динамики дикротического индекса (ДИК), отражающего периферическое сосудистое сопротивление и сосудистый тонус на уровне прекапилляров в исследуемом сегменте указывают на менее благоприятную срочную адаптивную реакцию при усилении роли отражённых пульсовых волн и изменении характера взаимодействия системного и периферического компонентов сосудистой реакции (КСН у девушек 1 группы в среднем составил (-0,21 у.е. [-0,63;-0,22] напротив КСН у девушек 2 группы – (0,14 у.е. [-0,09;0,32])).

Снижение коэффициента венозного оттока на фоне выполнения функциональной пробы рассматривается как неблагоприятная реакция венозного русла [67]. По данным нашего исследования сопоставление умеренно выраженных показателей венозного оттока слева в сегменте «плечо» (фон 8,5% [2-15]; нагрузка 11,0% [4-22]) с коэффициентом венозного оттока позволяет констатировать выраженную напряжённость венозного дренажа, особенно в проксимальных отделах. Так, слева фоновый показатель коэффициента венозного оттока в среднем по 2 группе составил 89,3% [86,47-90,66] против показателя, полученного на фоне нагрузочного воздействия 86,15% [83,49-88,55].

Таблица 4.3. – Коэффициенты сдвига на нагрузку «левосторонних – правосторонних» показателей реографии, полученных при выполнении ортостатической пробы в зависимости от спортивной деятельности, Me [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель / латерализация		Левая сторона		Правая сторона	
		1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Реографический индекс, у.е.	Плечо	-0,33 [-0,42;-0,15]	-0,19 [-0,46;-0,1]	-0,45§ [-0,72;-0,26]	-0,43§ [-0,58;-0,3]
	Предплечье	-0,5 [-0,67;-0,27]	-0,48 [-0,6;-0,28]	-0,45 [-0,74;-0,35]	-0,42 [-0,65;-0,3]
Амплитудно-частотный показатель, у.е	Плечо	-0,06 [-0,19;0,32]	0,04 [-0,22;0,31]	-0,2§ [-0,38;0,05]	-0,22 [-0,31;0,16]
	Предплечье	-0,24 [-0,44;0,11]	-0,18 [-0,34;0,09]	-0,25 [-0,47;0,002]	-0,21 [-0,3;-0,04]
Модуль упругости, %	Плечо	0,17 § [-0,08;0,31]	0,18 § [-0,001;0,38]	-0,02 [-0,26;0,16]	0,003 [-0,16;0,38]
	Предплечье	0,05 [-0,11;0,22]	0,03 [-0,13;0,21]	-0,03 [-0,12;0,12]	0,08 [-0,11;0,35]
Дикротический индекс, %	Плечо	-0,21#;§ [-0,63;-0,22]	0,14 [-0,09;0,32]	0,02 [-0,58;0,32]	-0,08 [-0,29;0,31]
	Предплечье	-0,1 [-0,62;0,14]	-0,05 [-0,44;0,19]	-0,13 [-0,57;0,49]	-0,2 [-0,31;0,2]
Диастолический индекс, %	Плечо	0,09 [-0,29;-0,43]	0,06 [-0,02;0,29]	0,09 [-0,15;0,47]	0,1 [-0,06;0,31]
	Предплечье	0,25 [-0,07;0,59]	0,12 [0,004;0,25]	0,19 [-0,06;0,49]	0,14 [-0,13;0,34]
Венозный отток, %	Плечо	0,22 [-0,69;1,04]	0,69 [-0,85;1,45]	0,56 [-0,48;1,47]	0,41 [-0,46;1,76]
	Предплечье	0,23 [-0,22;1,27]	0,69 [-0,22;1,1]	0,48 [0,25;1,5]	0,51 [-0,22;1,1]
Коэффициент венозного оттока, %	Плечо	-0,04 [-0,11;-0,02]	-0,04 [-0,06;0,01]	-0,04 [-0,09;0,02]	-0,48 [-0,6;0,03]
	Предплечье	-0,04 [-0,06;0,03]	-0,01 [-0,04;0,02]	-0,02 [-0,08;0,05]	-0,02 [-0,04;0,01]

Примечание: # – межгрупповая значимость различий; § – внутригрупповая значимость различий

Использование относительных логарифмических коэффициентов сдвига на нагрузку (КСН) позволяет оценить не только величину изменения исследуемого параметра относительно исходного значения, но и направленность этого изменения под влиянием нагрузочного воздействия, а также нивелировать размерность и вариабельность абсолютных значений исследуемых переменных, повышая информативную ценность в выявлении особенностей адаптационных реакций, в нашем случае, позволяет оценить и сравнить срочные сосудистые

реакции у продолжающих и завершивших спортивную деятельность девушек-гандболисток [89].

По данным, представленным в таблице 4.3. наиболее информативным с закономерностью отрицательного сдвига на гравитационную нагрузку во всех анализируемых сегментах и группах, оказался показатель реографического индекса. Полученные результаты свидетельствуют о том, что независимо от спортивного статуса сосудистая реакция на изменение положения тела из горизонтального в вертикальное сопровождается снижением пульсового кровенаполнения верхних конечностей, что соответствует физиологическим механизмам перераспределения крови под действием гравитационного фактора [86, 100, 138, 180, 195].

Установлено снижение амплитудно-частотного показателя в сравниваемых группах, особенно в сегменте «предплечье». При этом у девушек-гандболисток, действующих спортсменок, снижение амплитудно-частотного показателя сочетается с другими признаками благоприятной сосудистой реакции по сравнению с девушками, завершившими спортивную карьеру, у которых коэффициент сдвига на нагрузку имел слабоположительную направленность в сегменте «плечо» слева. Таковая реакция у девушек второй группы позволяет предположить о наличии у них компенсаторных механизмов, обуславливающих перераспределение крови в большей степени за счёт проксимальных отделов сосудистого русла, что не обеспечивает той степени согласованности гемодинамического ответа, которая наблюдается у девушек-гандболисток первой группы [86, 89, 144].

Положительная направленность сдвига на нагрузку показателя, характеризующего интегральный тонус артериального русла (модуль упругости) в сравниваемых группах с одной стороны указывает на увеличение сосудистого тонуса на фоне ортостаза, с другой – на неопределенность адаптивных сосудистых реакций. Так, у девушек-гандболисток, действующих спортсменок, рост модуля упругости слева взаимосвязан со снижением РИ, АЧП, что позволяет рассматривать таковую реакцию как эффективный компенсаторный механизм,

тогда как у девушек, завершивших спортивную карьеру, рост модуля упругости происходит на фоне разнонаправленных сдвигов других параметров, отражая напряжённость в регуляции регионарного кровотока [86, 100, 102, 139, 180, 195].

По данным нашего исследования коэффициент сдвига на гравитационное воздействие по дикротическому индексу у девушек-гандболисток, действующих спортсменок, значимо отличался как при сравнении такового показателя относительно латеральности, так и при сравнении с аналогичным у девушек-гандболисток, завершивших свою спортивную карьеру. Так, слева коэффициент сдвига в первой группе отрицательный, во второй группе – положительный, что может свидетельствовать о разнонаправленности сосудистых реакций и более благоприятном уменьшении выраженности отражённой волны на фоне вертикализации у девушек – спортсменок, тогда как во второй группе тенденция к повышению выраженности отражённой волны указывает на менее совершенные сосудистые реакции срочной адаптации [76, 86, 100, 102, 139, 180, 195].

Положительные коэффициенты сдвига на нагрузку по диастолическому индексу, особенно в дистальных сегментах, в сравниваемых группах отражают влияние диастолического давления в перераспределении кровотока в условиях ортостатической нагрузки, указывая на общий компенсаторный механизм поддержания тканевой перфузии. На сохранность функциональных резервов микроциркуляторного русла в дистальных отделах верхней конечности у девушек-гандболисток, действующих спортсменок (первая группа), указывает более выраженный прирост диастолического индекса по сравнению с таковым у девушек второй группы [100, 102, 139, 180].

Широкий межквартильный диапазон по показателям, характеризующим венозный отток из исследуемого региона, свидетельствует о разнонаправленности реакций у девушек обеих групп. При этом более выраженное отрицательное изменение коэффициента венозного оттока у части девушек – бывших спортсменок может указывать на повышение физиологической «цены» адаптации артериального русла в ответ на гравитационное воздействие, которое не всегда

сопровождается столь же эффективной организацией венозного оттока [100, 102, 139, 180].

4.2. Динамика параметров периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» у девушек гандболисток на фоне выполнения статической нагрузки

Ранее приведенный в главе 3 анализ индекса кистевой силы позволил установить более высокие значения у девушек – спортсменок, которые оказались достоверно выше как справа, так и слева (63,4% [60,5; 65,1] и 56,1% [53,6; 58,4] соответственно) по сравнению с аналогичными значениями у девушек, завершивших спортивную карьеру (57,7% [55,6; 58,7] и 50,1% [48,3; 52,4]; $p=0,001$), что не могло не найти своего отражения в реографической динамике ответных сосудистых реакций на фоне выполнения статической нагрузки (Табл. 4.4., 4.5.).

У девушек первой группы выявлены латерально симметричные реакции периферической гемодинамики – физиологически характерное уменьшение притока крови в исследуемый регион «плечо – предплечье» в условиях длительно удерживающего статического мышечного напряжения. Наиболее информативным оказался реографический индекс, который в сегменте «плечо» слева снижался с 1,11 до 0,63 у.е., справа – с 1,28 до 0,69 у.е.; в сегменте «предплечье» слева с 1,80 до 1,30 у.е., справа – с 1,89 до 0,89 у.е.

Направленность выявленных реакций срочной адаптации указывает не на локальный, а на системно реализуемый механизм сосудистого ответа на фоне выполнения статической нагрузки. Это можно объяснить тем, что при выполнении статической нагрузки происходит механическое сдавление вовлеченных в работу мышцами внутриорганных сосудов, что обуславливает повышение периферического сопротивления и относительное ограничение артериального притока в регион «плечо – предплечье», что и определило снижение объема кровенаполнения магистральных артерий. При этом

выраженность снижения справа, особенно в сегменте «предплечье» значительно выше, чем слева в этом же сегменте, что в целом сохранило общую симметрию адаптационного ответа [170, 175, 205].

Значимое снижение амплитудно-частотного показателя справа до 1,48 у.е. относительно такового показателя слева, который практически не изменился под влиянием нагрузочного воздействия (с 1,77 до 1,8 у.е.) может указывать на активацию сердечного механизма, в определенной мере компенсирующего тренированность сосудистого русла [57, 70, 102].

Следует обратить внимание на вариабельность диокротического и диастолического индексов, которые отражают адаптивные сосудистые реакции на пре- и посткапиллярном уровнях. Симметричный ответ и схожесть направленности изменений – прирост ДИК и ДИА, особенно в сегменте «предплечье», указывают на возрастание сосудистого тонуса и уменьшение эластической податливости сосудистой стенки микроциркуляторного русла в ответ на мышечное напряжение, обусловленное статической работой [57, 70, 205].

Визуальный разбор реограмм и анализ динамики показателей венозного оттока позволили установить, что при нормальном тонусе вен изменения венозного компонента периферической гемодинамики имеют латерально однотипные реакции.

Показатель венозного оттока возрастает в регионе «плечо – предплечье» при сохранении относительной стабильности коэффициента венозного оттока в сегменте «плечо», тогда как в сегменте «предплечье» таковой показатель снижается с 88,8 до 79,3 % слева и с 89,16 до 84,4 % справа. Это подтверждает то, что длительное статическое мышечное напряжение сопровождается затруднением венозного оттока, особенно в дистальных отделах верхней конечности, мышцы которой непосредственно организуют изометрическое сокращение [57, 66, 70, 139, 175, 205].

Таблица 4.4. – Показатели регионарной гемодинамики в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток, действующих спортсменок на фоне выполнения статической нагрузки, Me [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель / локализация		Левая сторона		Правая сторона	
		фон	нагрузка	фон	нагрузка
Реографический индекс, у.е.	Плечо	1,11* [0,95;1,3]	0,63 [0,4;0,93]	1,28* [0,87;1,81]	0,69 [0,5;0,99]
	Предплечье	1,8* [1,23;2,46]	1,3& [0,98;1,57]	1,89* [1,41;2,17]	0,89 [0,58;1,6]
Амплитудно-частотный показатель, у.е.	Плечо	1,18 [0,91;1,53]	0,98 [0,56;1,5]	1,39 [0,9;1,74]	1,14 [0,68;1,7]
	Предплечье	1,77 [1,52;2,36]	1,8& [1,5;2,3]	1,89 [1,37;2,07]	1,48 [0,85;2,24]
Модуль упругости, %	Плечо	12,3 [10,2;14,9]	13,7 [11,3;17,5]	13,1 [11,8;15,9]	13,7 [10,2;17,6]
	Предплечье	11,7* [10,2;14,1]	16,8& [14,0;27,8]	11,0* [9,81;13,1]	14,8 [10,9;18,9]
Дикротический индекс, %	Плечо	43,2 [33,4;69,1]	67,3 [30,6;109,1]	41,1 [31,3;54,5]	59,6 [32,8;94,1]
	Предплечье	30,5 [23,1;45,7]	39,0 [17,8;74,3]	30,0 [25,47;44,5]	32,0 [2,5;61,4]
Диастолический индекс, %	Плечо	48,9* [40,4;72,7]	74,7 [45,2;131,2]	54,7 [44,7;62,1]	83,4 [50,7;99,4]
	Предплечье	51,4 [41,8;62,1]	63,3 [47,5;94,0]	54,9 [40,3;70,5]	57,8 [33,6;94,2]
Венозный отток, %	Плечо	8,0* [4,0;15,0]	16,0 [4,0;44,0]	6,0* [2,0-19,0]	27,0 [4,0;70,0]
	Предплечье	4,0* [1,0;8,0]	20,0 [11,0;39,0]	4,0 [2,0;11,0]	12,0 [3,0;55,0]
Коэффициент венозного оттока, %	Плечо	88,3 [86,7;89,5]	87,4 [76,3;105,2]	88,1 [85,7;90,6]	85,0 [78,9;93,9]
	Предплечье	88,8 [87,2;90,7]	79,3 [76,9;89,8]	89,16 [86,1;91,7]	84,4 [79,8;90,8]

Примечание: * – значимость различий фоновых показателей относительно показателей, полученных при выполнении нагрузочной пробы; & – значимость различий показателей («левосторонние – правосторонние»), полученных при выполнении статической нагрузки

Сравнительный анализ динамики реографических показателей во второй группе позволил выявить схожесть «картины» сосудистого ответа с таковым в первой группе. Однако степень проявления срочных реакций адаптации на фоне выполнения статической нагрузки у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, была несколько ниже и отражала физиологический вазомоторный ответ на изометрическое сокращение. При этом справа выявленные

значимые различия фоновых показателей, относительно полученных после выполнения нагрузочной пробы, могут быть обусловлены как доминированием правой руки, так и остаточным эффектом (долговременным следом) спортивной специализации [15, 66, 70, 139, 175, 189, 205].

Таблица 4.5. – Показатели регионарной гемодинамики в регионе «плечо – предплечье» у девушек-гандболисток, прекративших свою спортивную карьеру на фоне выполнения статической нагрузки, Ме [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель / локализация		Левая сторона		Правая сторона	
		фон	нагрузка	фон	нагрузка
Реографический индекс, у.е.	Плечо	1,11 [0,95;1,3]	0,85 [0,55;1,66]	1,28 * [0,87;1,81]	0,93 [0,63;1,49]
	Предплечье	1,8 [1,23;2,46]	1,6 [1,1;1,97]	1,89 * [1,41;2,17]	1,29 [0,95;1,7]
Амплитудно-частотный показатель, у.е	Плечо	1,18 [0,91;1,53]	1,26 [0,77;2,85]	1,39 [0,9;1,74]	1,37 [0,88;1,87]
	Предплечье	1,77 [1,52;2,36]	2,03 [1,57;2,94]	1,89 [1,37;2,07]	1,76 [1,54;2,22]
Модуль упругости, %	Плечо	12,3 * [10,2;14,9]	15,5 [9,54;18,7]	13,1 [11,8;15,9]	11,9 [10,3;13,7]
	Предплечье	11,7 * [10,2;14,1]	14,9 [12,5;18,8]	11,0 * [9,81;13,1]	14,07 [11,08;19,2]
Дикротический индекс, %	Плечо	43,2 [33,4;69,1]	52,9 [41,75;76,0]	41,1 * [31,3;54,5]	55,25 [40,1;88,1]
	Предплечье	30,5 * [23,1;45,7]	53,5 [44,8;61,6]	30,0 * [25,47;44,5]	57,78 [20,24;72,7]
Диастолический индекс, %	Плечо	48,9 [40,4;72,7]	68,4 [49,6;84,5]	54,7 [44,7;62,1]	66,7 [48,1;104,8]
	Предплечье	51,4 * [41,8;62,1]	64,0 [50,13;76,45]	54,9 [40,3;70,5]	60,24 [48,74;82,43]
Венозный отток, %	Плечо	8,0 [4,0;15,0]	22,0 [6,0;36,0]	6,0 * [2,0;19,0]	24,0 [5,0;43,0]
	Предплечье	4,0* [1,0;8,0]	15,0 [7,0;26,0]	4,0 * [2,0;11,0]	16,0 [6,0;39,0]
Коэффициент венозного оттока, %	Плечо	88,3 [86,7;89,5]	84,67 [82,21;91,37]	88,1 [85,7;90,6]	85,65 [81,27;91,73]
	Предплечье	88,8 * [87,2;90,7]	82,78 [79,5;89,7]	89,16 * [86,1;91,7]	85,36 [80,2;89,4]

Примечание: * – значимость различий фоновых показателей относительно показателей, полученных при выполнении нагрузочной пробы; & – значимость различий показателей («левосторонние – правосторонние»), полученных при выполнении статической нагрузки

О повышении тонуса и изменении эластических свойств сосудистой стенки у девушек второй группы под влиянием нагрузки свидетельствует динамика модуля упругости. Этот показатель симметрично возрастает как слева, так и справа, но по сравнению с таковым у девушек – спортсменок симметричность менее выражена.

Динамика реографических показателей, отражающих пре – и посткапиллярное кровообращение на фоне выполнения статической нагрузки также свидетельствует о физиологическом ответе на длительное изометрическое мышечное сокращение. Следует отметить, что у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, прирост диастолического индекса в сегменте «предплечье» выражен сильнее по сравнению с таковым у девушек-гандболисток, действующих спортсменок. Возможно, у девушек второй группы значимое повышение периферического сосудистого сопротивления может указывать на снижение со временем функциональной устойчивости микроциркуляторного русла к статическому усилию после прекращения спортивной карьеры [15, 41, 57, 66, 70, 175, 189, 205].

Показатель венозного оттока у девушек второй группы значимо увеличивается на фоне нагрузочного воздействия слева и справа в сегменте «предплечье» с 4,0 до 15,0 % и с 4,0 до 16,0 %, а коэффициент венозного оттока – уменьшается с 88,8 до 82,78 % и с 89,16 до 85,36 % соответственно. С одной стороны, характер изменений ответных сосудистых реакций, как и в группе девушек – спортсменок, указывает на ухудшение условий венозного оттока при статическом напряжении, с другой, в контексте завершения спортивной деятельности девушками второй группы – на меньшую компенсаторную реакцию при сосудистой функциональной перестройке [57, 66, 70, 139, 144].

Сравнительный анализ коэффициентов сдвига на нагрузку «левосторонних – правосторонних» показателей реографии, полученных при выполнении девушками-гандболистками статической нагрузки в зависимости от спортивной деятельности, представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6. – Коэффициенты сдвига на нагрузку «левосторонних – правосторонних» показателей реографии, полученных при выполнении статической нагрузки, Me [Q₂₅; Q₇₅]

Показатель / локализация		Левая сторона		Правая сторона	
		1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Реографический индекс, у.е.	Плечо	-0,6 [-0,98; -0,23]	-0,38 [-0,64; 0,6]	-0,46 [-1,08; -0,13]	-0,3 [-0,88; 0,002]
	Предплечье	-0,31 § [-0,55; -0,1]	-0,39 [-0,75; 0,05]	-0,57 [-1,08; -0,16]	-0,47 [-0,69; -0,23]
Амплитудно-частотный показатель, у.е.	Плечо	-0,23 # [-0,63; 0,16]	0,23 [-0,24; 0,44]	-0,12 [-0,74; 0,44]	0,03 [-0,34; 0,32]
	Предплечье	-0,01 § [-0,23; 0,38]	0,25 [-0,51; 0,42]	-0,12 [-0,7; 0,22]	-0,08 [-0,41; 0,26]
Модуль упругости, %	Плечо	0,07 [-0,09; 0,44]	0,19 [0,12; 0,54]	0,05 [-0,31; 0,32]	-0,001 [-0,28; 0,6]
	Предплечье	0,34 § [0,24; 0,6]	0,37 [0,12; 0,75]	0,23 [-0,01; 0,41]	0,37 [0,14; 0,63]
Дикротический индекс, %	Плечо	0,53 [-0,16; 1,1]	0,2 [-0,19; 0,69]	0,58 [-0,3; 0,82]	0,39 [0,06; 0,68]
	Предплечье	0,28 [-0,48; 0,93]	0,4 [0,12; 0,75]	-0,05 [-0,64; 0,75]	0,56 [-0,04; 0,79]
Диастолический индекс, %	Плечо	0,61 [-0,35; 1,15]	0,29 [-0,18; 0,51]	0,48 [-0,11; 0,82]	0,3 [-0,25; 0,74]
	Предплечье	0,28 [-0,11; 0,74]	0,31 [0,08; 0,58]	0,11 [-0,67; 0,69]	0,26 [-0,16; 0,55]
Венозный отток, %	Плечо	0,68 [-0,09; 1,53]	1,39 [0,54; 2,3]	1,36 [0,35; 2,4]	1,86 [0,59; 2,83]
	Предплечье	2,14 [0,56; 2,77]	1,39 [0,69; 2,71]	1,28 [-0,2; 2,44]	1,57 [0,45; 2,65]
Коэффициент венозного оттока, %	Плечо	0,01 [-0,17; 0,21]	-0,05 [-0,09; 0,05]	-0,04 [-0,1; 0,05]	-0,01 [-0,1; 0,04]
	Предплечье	-0,07 [-0,14; -0,04]	-0,07 [-0,12; -0,01]	-0,05 [-0,15; 0,03]	-0,06 [-0,14; 0,007]

Примечание: # – межгрупповая значимость различий; § – внутригрупповая значимость различий

Анализ коэффициентов сдвига на нагрузку позволил выявить значимые внутригрупповые различия в группе девушек – спортсменок и межгрупповое различие лишь по амплитудно-частотному показателю (Табл. 4.6.). Так, в группе девушек – спортсменок АЧП имел преимущественно отрицательные или близкие к нулю значения: в сегменте «плечо» -0,23 у.е. слева и -0,12 у.е. справа; в сегменте «предплечье», -0,01 у.е. слева и -0,12 у.е. справа. У девушек второй группы, напротив, преобладают нулевые или положительные значения: в сегменте «плечо» 0,23 у.е. и 0,03 у.е., 0,25 у.е. и -0,08 у.е. соответственно. Это указывает на

то, что при выполнении статической нагрузки сосудистые реакции у девушек, завершивших спортивную карьеру, в целом, менее упорядочены и менее стереотипны [57, 70, 139, 144, 189].

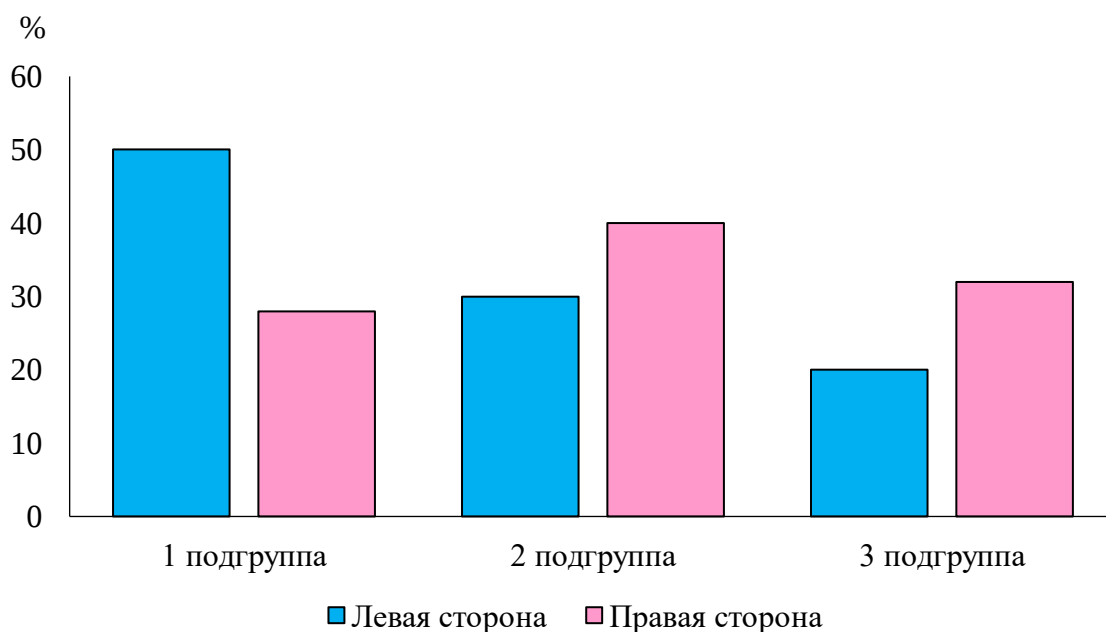
Значимые внутригрупповые различия коэффициентов сдвига на нагрузку по реографическому индексу, модулю упругости в сегменте «предплечье» у девушек-гандболисток, продолжающих спортивную деятельность, отражают функциональную взаимосвязь срочных сосудистых реакций с удержанием кистевого усилия при изометрическом мышечном сокращении [5, 175, 205].

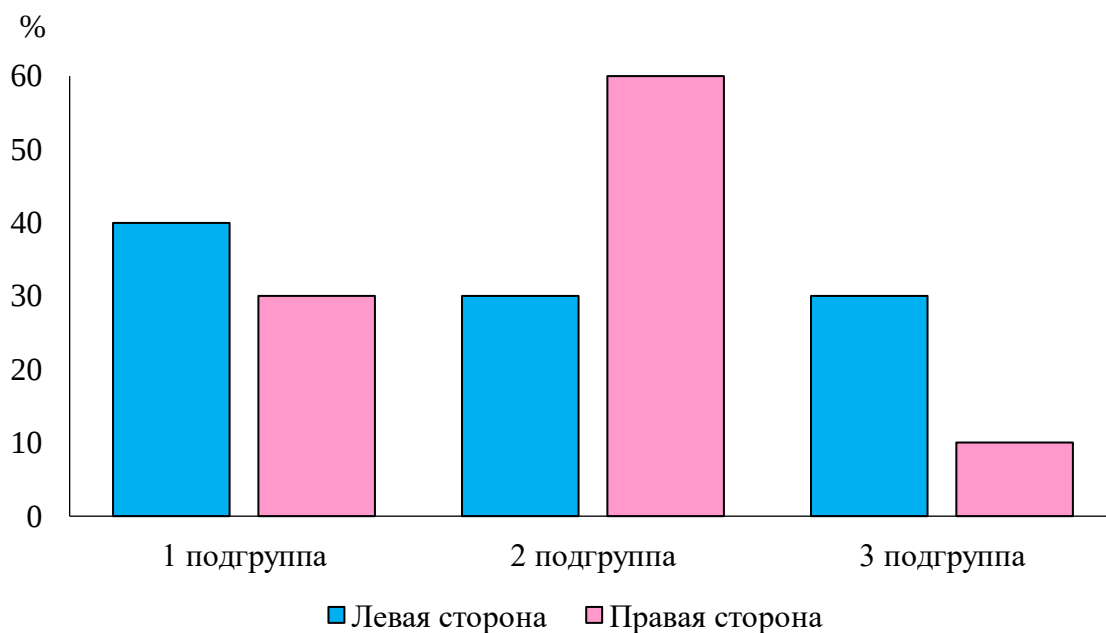
4.3. Оценка сопряженности параметров периферического кровообращения и амплитудных характеристик активных движений плечевого сустава

Под физиологией регионарного кровообращения принято понимать механизмы приспособления кровообращения в регионе в соответствии с нуждами органа, которые определяются его текущей деятельностью и обменом веществ. В нашей работе исследуется регионарное кровообращение плечевого сустава у девушек-гандболисток при адаптации к физическим нагрузкам тренировочного процесса.

По данным нашего исследования в группе девушек-гандболисток, продолжающих свою спортивную деятельность, отклонения фоновых реографических показателей от нормативных значений в большей степени проявлялись с правой стороны (РИ в 69% случаев; ДИА в 34,5% случаев; ВО в 26% случаев; ДИК в 21,5% случаев и МУ в 17,5% случаев), т.е. со стороны ведущей (спортивной) руки отмечается умеренно повышенный регионарный кровоток с одновременным формированием застойных явлений в посткапиллярной сети и затруднением венозного оттока. По исходным данным реографии все обследуемые были распределены на подгруппы в зависимости от количества реографических параметров, отклоняющихся от нормативных возрастных значений: 1 подгруппа – один показатель из пяти (РИ, МУ, ДИК, ДИА, ВО); 2 подгруппа – два показателя; 3 подгруппа – более трех показателей. Как

оказалось, наиболее информативными параметрами, свидетельствующими отклонение от нормы, были данные реографии справа. Так, девушки – спортсменки распределились с преобладанием 2 и 3 подгрупп по сравнению с таковыми показателями реографии слева (рис. 4.2.). Тогда как у девушек-гандболисток, завершивших свою спортивную карьеру по реографическим данным справа преобладающей оказалась 2 подгруппа. По-видимому, проблема рефлексорных регуляций не может решаться однозначно. При этом основная роль рефлексорного контроля кровообращения осуществляется в первую очередь в интересах всего организма и выходит за рамки проблемы регуляции регионарного кровотока. В связи с этим нами проведен корреляционный анализ, позволяющий установить межсистемные связи показателей периферического кровообращения (фон, функциональная проба) с амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава у девушек-гандболисток в зависимости от спортивной профессиональной деятельности (рис. 4.3., 4.4., 4.5., 4.6.).





В

Рис. 4.2. – Распределение девушек-гандболисток (А – спортсменки; В – завершившие карьеру) по группам в зависимости от отклонения реографических показателей от нормы (1 группа – один показатель из пяти (реографический индекс (РИ), модуль упругости (МУ), дикротический индекс (ДИК), диастолический индекс (ДИА), венозный отток из исследуемого региона (ВО); 2 группа – два показателя; 3 группа – более трех показателей)

По данным представленным на рис. 4.3. и 4.4. видно, что амплитудные характеристики активных движений в плечевом суставе взаимосвязаны с реографическими показателями, полученными на фоне выполнения ортостатической пробы (фоновые и после вертикализации), а также с индексом кистевой силы (ИКС). Следует отметить, что значимые корреляционные связи получены между амплитудами сгибания, отведения и реографическим индексом, амплитудно-частотным показателем и индексом кистевой силы, что позволяет рассматривать данные классической (ручной) гониометрии как информативные маркеры функционального состояния плечевого сустава и периферической гемодинамики.

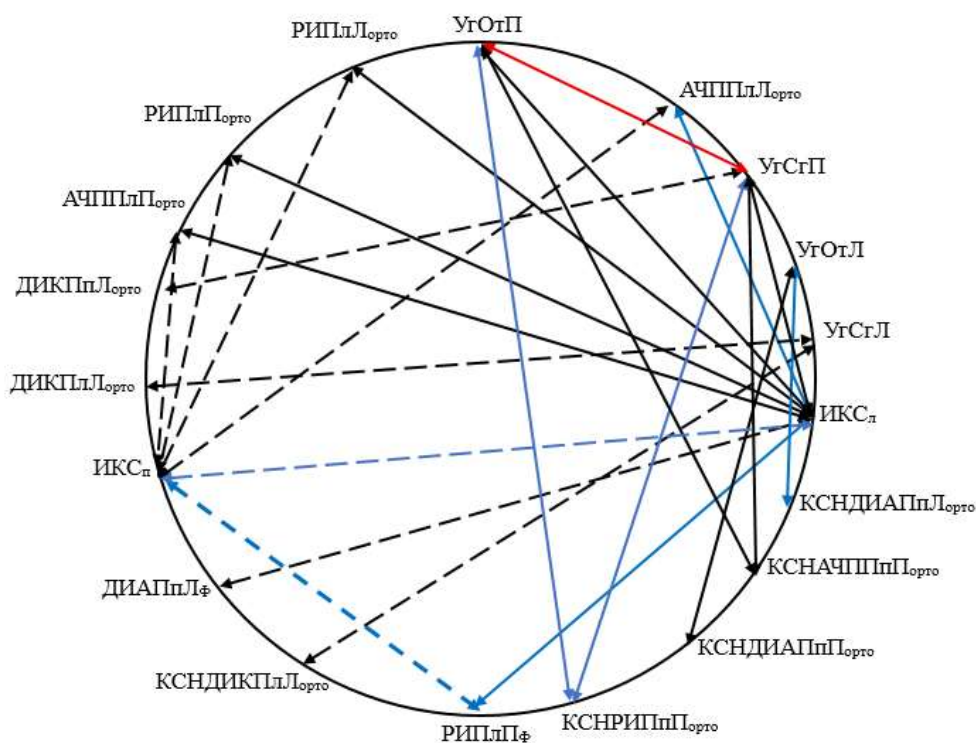


Рис. 4.3. – Значимые корреляции между показателями периферического кровообращения (фон, ортостатическая проба) и амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава у девушек-гандболисток, действующих спортсменок (слабые корреляционные связи отмечены синим цветом; средние – черным и сильные – красным; прямые – сплошная линия, обратные – пунктирная линия)

Установлены обратные корреляционные связи амплитуды сгибания у девушек-гандболисток, продолжающих свою спортивную деятельность с реографическими показателями в регионе «плечо – предплечье»: РИ фон справа $r = -0,515$; $p = 0,012$, РИ ортостаз слева $r = -0,417$; $p = 0,048$, АЧП ортостаз слева $r = -0,426$; $p = 0,043$ и справа $r = -0,423$; $p = 0,044$. Также отмечаются прямые взаимосвязи между амплитудой сгибания с РИ слева на фоне нагрузки $r = 0,433$; $p = 0,039$, с АЧП слева $r = 0,545$; $p = 0,007$ и справа $r = 0,485$; $p = 0,019$ при вертикализации, что может свидетельствовать о системном характере взаимообусловленности характеристик активных движений плечевого сустава с обеспечением в этой регионарной зоне срочных сосудистых реакций в ответ на нагрузочное воздействие [157, 180, 181, 193, 195]. Следует отметить важность внутрисистемных связей гониометрических показателей. Выявлены значимые корреляции амплитуды сгибания справа с амплитудой отведения справа $r = 0,995$; $p = 0,001$ и их прямая связь с ИКС слева $r = 0,416$; $p = 0,048$; амплитуды отведения

справа с ИКС слева $r = 0,417$; $p = 0,048$, тогда как ИКС справа имел отрицательную связь с ИКС слева $r = -0,532$; $p = 0,009$. Выявленный факт отражает функциональную асимметрию между доминирующей (спортивной) и не доминирующей руками у действующих спортсменок-гандболисток.

В группе девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, спектр значимых корреляционных связей оказался шире и интерпретационно неоднозначным. Определены обратные связи амплитудных параметров классической гониометрии с реографическими показателями, как в фоновом состоянии, так и при выполнении ортостатической нагрузки: амплитуды сгибания справа с РИ в сегменте «плечо» справа $r = -0,406$; $p = 0,029$, с РИ в сегменте «предплечье» слева $r = -0,394$; $p = 0,034$, с АЧП в сегменте «предплечье» слева $r = -0,486$; $p = 0,008$ после вертикализации соответственно, а также с фоновыми реографическими показателями в сегменте «плечо» слева и справа (r от $-0,384$ до $-0,388$ при $p = 0,034-0,036$ соответственно).

У девушек второй группы установлены разнонаправленные внутрисистемные корреляционные связи в отличие от девушек-гандболисток первой группы: прямая связь амплитуды отведения справа с амплитудой сгибания справа $r = 0,971$; $p = 0,001$, но обратная корреляция – с амплитудой отведения слева $r = -0,367$; $p = 0,046$ и ИКС слева $r = -0,493$; $p = 0,006$; обратная связь амплитуды отведения слева с амплитудой сгибания справа $r = -0,391$; $p = 0,033$ и амплитудой отведения справа $r = -0,367$; $p = 0,046$. Возможно, таковые корреляционные связи могут свидетельствовать о несоответствии между активными движениями, совершаемыми самими обследуемыми девушками, и пассивными движениями, которые при обследовании выявляет физиолог, врач спортивной медицины. При этом амплитуда пассивных движений может быть сохранена, тогда как активные движения могут быть ограничены из-за наличия травм и функциональных нарушений [162, 163, 192, 193, 226].

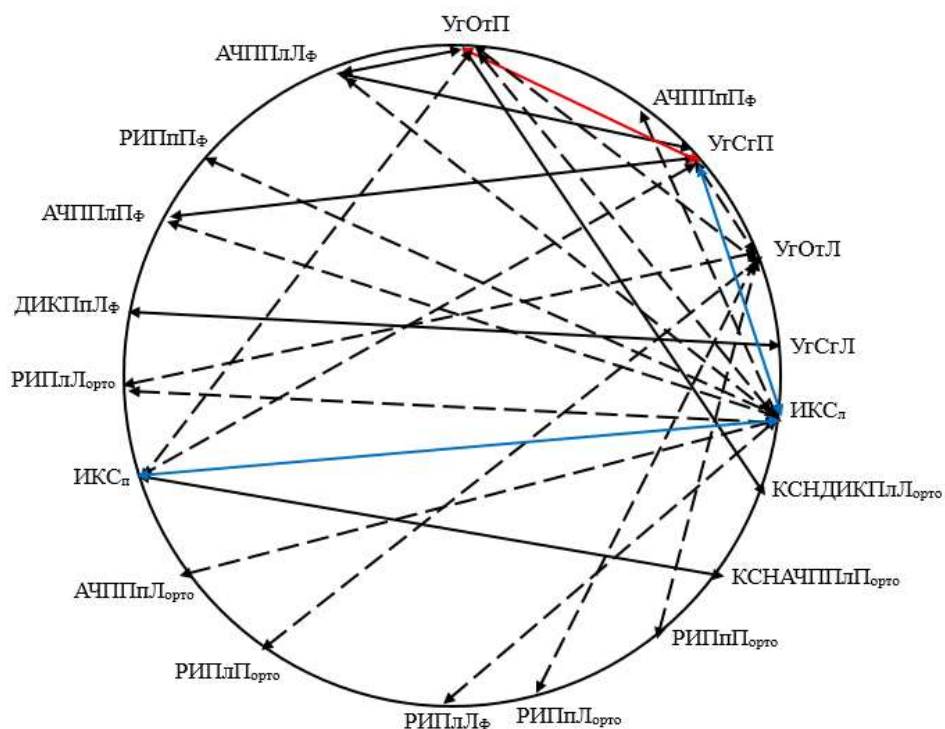


Рис. 4.4. – Значимые корреляции между показателями периферического кровообращения (фон, ортостатическая проба) и амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава у девушек-гандболисток, завершивших свою спортивную карьеру (слабые корреляционные связи отмечены синим цветом; средние – черным и сильные – красным; прямые – сплошная линия, обратные – пунктирная линия)

По данным нашего исследования ИКС в сравниваемых группах взаимосвязан с амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава, но направленность и сила корреляций неоднозначны. У девушек-гандболисток, продолжающих спортивную деятельность выявлены умеренные прямые связи ИКС левой руки с амплитудой сгибания и отведения справа $r = 0,416$ и $r = 0,417$ при $p = 0,048$ соответственно, тогда как у завершивших спортивную деятельность ИКС правой руки обратно коррелировал с амплитудой сгибания справа $r = -0,408$; $p = 0,025$, а ИКС левой руки – с амплитудой сгибания и отведения справа $r = -0,510$; $p = 0,004$ и $r = -0,493$; $p = 0,006$ соответственно.

Обращает на себя внимание наличие сильной прямой корреляции между ИКС правой и левой рук у девушек, завершивших спортивную карьеру ($r = 0,667$; $p = 0,001$), тогда как в группе девушек, действующих спортсменок эта связь была сильной и обратной ($r = -0,532$; $p = 0,009$). Данное межгрупповое корреляционное отличие свидетельствует о функциональной спортивной специализации и

По данным нашего исследования в первой группе девушек-гандболисток, продолжающих спортивную деятельность выявлена обратная корреляционная связь между ДИК слева в сегменте «плечо» в состоянии покоя и амплитудой отведения справа ($r = -0,368$; $p = 0,04$), что может свидетельствовать об ухудшении эластико-тонусных характеристик сосудистого русла с уменьшением амплитуды активного движения [157, 175, 181, 205, 211, 225]. На функциональную асимметрию регуляции регионарного кровотока и перераспределение мышечной силовой нагрузки указывает наличие обратной корреляционной связи РИ справа в сегменте «плечо» с ИКС ($r = -0,515$; $p = 0,012$) и прямой слева ($r = 0,513$; $p = 0,012$).

На фоне статической нагрузки у девушек – спортсменок первой группы возрастает корреляционная взаимосвязь между гониометрическими параметрами и реографическими показателями, что является важным аргументом в пользу большей чувствительности функциональных проб по сравнению с измерениями в состоянии покоя. Так, РИ слева в сегменте «плечо» на фоне нагрузки положительно связан с амплитудой отведения слева ($r = 0,392$; $p = 0,05$) и отрицательно – с ИКС справа ($r = -0,355$; $p = 0,05$). АЧП слева в сегменте «плечо» прямо коррелировал с амплитудой отведения слева ($r = 0,418$; $p = 0,047$), а РИ справа имел разнонаправленные корреляционные связи с ИКС: обратная умеренная связь справа ($r = -0,440$; $p = 0,035$) и прямая умеренная связь слева ($r = 0,490$; $p = 0,018$). Кроме того, установлена обратная умеренная корреляционная связь ВО в сегменте «предплечье» слева с ИКС справа ($r = -0,425$; $p = 0,043$), что можно расценить как участие венозного компонента в ограничении функциональной активности симметричной не доминирующей руки.

Заслуживают особого внимания, установленные корреляционные связи на фоне статической нагрузки преимущественно слева в регионе «плечо – предплечье» амплитуды отведения с коэффициентами сдвига на нагрузку (КСН), отражающих реактивность сосудистого русла на функциональное воздействие, а именно, прямые умеренные связи КСН по РИ ($r = 0,449$; $p = 0,032$), по АЧП ($r = 0,433$; $p = 0,039$), по ДИК ($r = 0,518$; $p = 0,016$). Сходная направленность

отмечалась и в сегменте «предплечье»: КСН слева по РИ ($r = 0,521$; $p = 0,011$) и АЧП ($r = 0,508$; $p = 0,013$) прямо коррелировал с амплитудой отведения, а справа – по РИ ($r = 0,446$; $p = 0,033$) и АЧП ($r = 0,473$; $p = 0,023$).

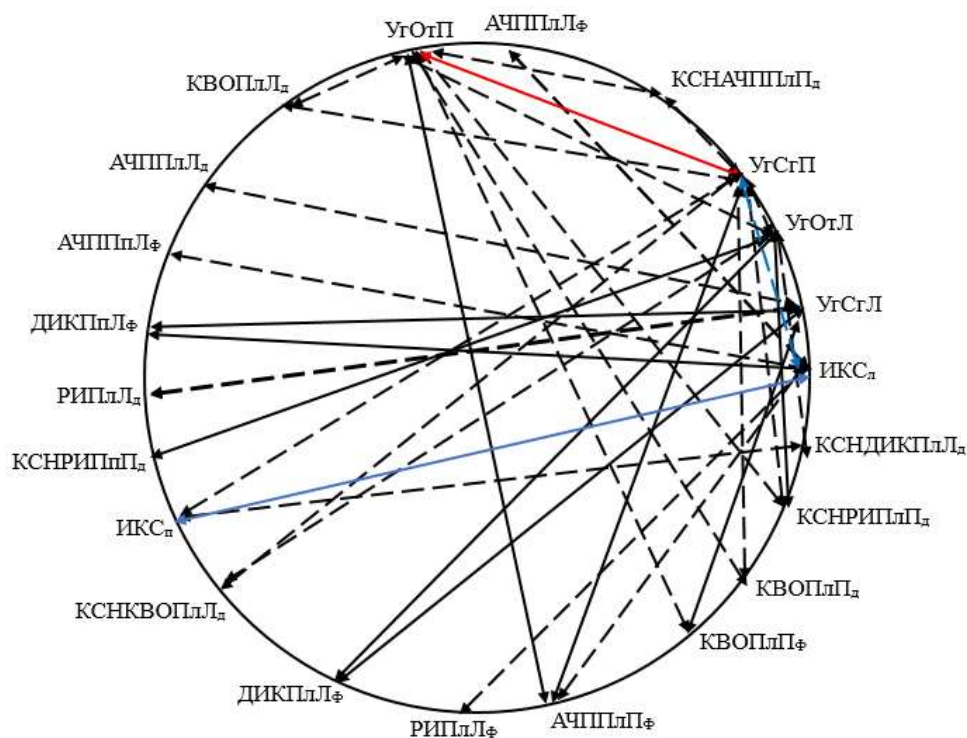


Рис. 4.6. – Значимые корреляции между показателями периферического кровообращения (фон, статическая проба) и амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава у девушек-гандболисток, завершивших свою спортивную карьеру (слабые корреляционные связи отмечены синим цветом; средние – черным и сильные – красным; прямые – сплошная линия, обратные – пунктирная линия)

Полученная концентрация корреляционных связей между амплитудой отведения в регионе «плечо – предплечье» слева может быть объяснена несколькими фактами: 1) исходно имеющимися отклонениями от нормативных значений реографических показателей, о чём свидетельствует установленное распределение девушек – спортсменок с преобладанием 2 (в 40% случаев с отклонением от нормы двух показателей РВГ) и 3 (в 32% случаев с отклонением от нормы трех и более показателей РВГ) подгрупп по данным реографических показателей справа; 2) вариабельностью абсолютных величин реографических показателей доминирующей спортивной руки на фоне нагрузочного воздействия.

В первой группе девушек-гандболисток, действующих спортсменок, выявлены сильные внутри «моторного блока» корреляционные связи между амплитудами сгибания и отведения справа ($r = 0,995$; $p = 0,001$), определяющих амплитудные характеристики активных движений в одноимённом плечевом суставе. При этом между ИКС справа и слева отмечена обратная корреляционная связь ($r = -0,532$; $p = 0,009$). Таким образом, моторный паттерн у активно тренирующихся девушек-гандболисток сопряжён с силовыми и сосудистыми характеристиками, а скрытая функциональная асимметрия гониометрических характеристик может сохраняться, несмотря на продолжающуюся спортивную активность.

Во второй группе сравнения рост корреляционных связей между амплитудными характеристиками моторного паттерна и реографическими переменными в покое и на фоне статической нагрузки свидетельствует о напряжении регуляторных механизмов рефлекторного сосудистого ответа [157, 164, 193, 218, 221].

В состоянии оперативного покоя РИ слева в сегменте «плечо» имел прямые связи с амплитудами сгибания и отведения справа ($r = 0,344$; $p = 0,05$ и $r = 0,313$; $p = 0,05$ соответственно), но обратную – с ИКС слева ($r = -0,384$; $p = 0,036$), АЧП – обратную корреляционную связь с ИКС слева ($r = -0,386$; $p = 0,035$). При этом между АЧП справа в сегменте «плечо» в состоянии покоя и амплитудой сгибания справа ($r = 0,369$; $p = 0,045$) отмечалась прямая корреляционная связь, тогда как с ИКС слева ($r = -0,388$; $p = 0,034$) – обратная взаимосвязь, а показатели ВО и ДИК демонстрировали умеренные корреляционные связи с амплитудами сгибания и отведения слева.

Показательно, что в состоянии оперативного покоя у девушек второй группы выявлены не только корреляционные связи в сегменте «плечо», но и в сегменте «предплечье»: между АЧП и ИКС слева имела обратная умеренная связь ($r = -0,362$; $p = 0,049$), а между ДИК и амплитудой сгибания слева – прямая корреляционная связь ($r = 0,419$; $p = 0,021$). Возможно, это связано с

генерализованной перестройкой функционального состояния всей верхней конечности после прекращения регулярных спортивных тренировок.

На фоне выполнения статической нагрузки были определены в основном обратные корреляционные связи между показателями активного движения в плечевом суставе и параметрами регионарного кровотока: обратные корреляции РИ, АЧП в сегменте «плечо» с амплитудой сгибания слева ($r = -0,397$; $p = 0,033$ и $r = -0,427$; $p = 0,021$ соответственно), а КВО – с амплитудами сгибания и отведения справа ($r = -0,421$; $p = 0,023$ и $r = -0,390$; $p = 0,037$ соответственно).

Схожая тенденция умеренного обратного корреляционного взаимодействия отмечается и с правой стороны на фоне нагрузочного воздействия: между КВО и амплитудой сгибания в сегменте «плечо» ($r = -0,380$; $p = 0,042$), а отдельные показатели ВО в сегменте «предплечье» обратно коррелировали с амплитудой отведения слева и ИКС справа.

Полученные результаты корреляционного анализа в группе девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, можно интерпретировать как снижение сопряженности между двигательным обеспечением и срочными реакциями сосудистой адаптацией при статической нагрузке, особенно в части переменных, характеризующих венозный возврат крови.

Оценивая корреляционные связи между коэффициентами сдвига на статическую нагрузку во второй группе девушек можно увидеть преобладание обратных связей с гониометрическими характеристиками, что отличает вторую группу девушек, завершивших спортивную карьеру, от девушек-гандболисток, являющихся действующими спортсменками.

Установлены следующие корреляционные связи: обратные связи между КСН по КВО слева в сегменте «плечо» с амплитудами сгибания и отведения справа ($r = -0,430$; $p = 0,020$ и $r = -0,401$; $p = 0,031$ соответственно), обратные связи между КСН по РИ справа и амплитудами сгибания и отведения справа в сегменте «плечо» ($r = -0,417$; $p = 0,024$ и $r = -0,412$; $p = 0,026$ соответственно), но прямая корреляционная связь – с амплитудой отведения слева ($r = 0,372$; $p = 0,047$). Кроме того, КСН по АЧП справа в сегменте «плечо» имел обратную корреляцию с

амплитудами сгибания и отведения справа ($r = -0,379$; $p = 0,043$ и $r = -0,399$; $p = 0,032$ соответственно), а КСН по ДИК слева в сегменте «плечо» обратно коррелировал с ИКС справа ($r = -0,389$; $p = 0,041$). Следовательно, срочные реакции сосудистой системы на фоне статической нагрузки у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, чаще ассоциировались не с поддержанием, а с ограничением моторно-силовых показателей движения в плечевом суставе.

ГЛАВА 5. СОЗДАНИЕ И ВАЛИДАЦИЯ ПРОГРАММЫ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ АКТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ПЛЕЧЕВОМ СУСТАВЕ (ПРОГРАММА «АРТРО-ПРО»)

5.1. Методологические подходы к созданию программы «Артро-Про»

Нарушения функции плечевого сустава относятся к числу значимых причин ограничения бытовой, профессиональной и спортивной активности, что определяет необходимость раннего выявления изменений биомеханики движения и функциональной недостаточности верхней конечности [18, 27, 93, 157, 162, 163, 206, 207, 212].

Традиционная классическая оценка активных движений плечевого сустава, основанная на визуальном наблюдении, ручной гониометрии и применении отдельных функциональных проб, не всегда позволяет объективно фиксировать ранние нарушения плече-лопаточного ритма и компенсаторные двигательные паттерны [32, 47, 50, 54, 87, 111, 199, 161, 226]. В связи с этим применение компьютерной регистрации и программной обработки видеопотока представляет собой перспективное направление объективизации функциональной диагностики активных движений в плечевом суставе [18, 27, 93, 136, 161, 173, 226].

Создание программы «Артро-Про» позволит проводить своевременную диагностику и скрининговую оценку активных движений в плечевом суставе на основе анализа видеозаписи стандартного двигательного теста. Техническим результатом разработки является повышение возможности раннего выявления ограничения подвижности плечевого сустава и нарушения его функции за счёт анализа угловых характеристик движения и графической интерпретации их изменений [106, 107, 130].

Предлагаемое техническое решение ориентировано не только на фиксацию конечного объёма движения, но и на оценку структуры самого двигательного

акта, включая особенности участия плечевого сустава, надплечья и лопаточного компонента в процессе отведения верхней конечности. Такой подход соответствует современным представлениям о практической ценности видеоанализа движений плечевого сустава [18, 27, 129, 130, 136, 161, 173, 226].

Программа «Артро-Про» представляет собой программный продукт, используемый совместно с персональным компьютером и видеокамерой для регистрации и анализа движений обследуемого во фронтальной и сагиттальной плоскостях [130].

Для реализации методики оценки амплитудных характеристик активных движений в плечевом суставе необходимо применение компьютера с установленной программой «Артро-Про» и видеокамеры, характеристики которой оказывают непосредственное влияние на точность диагностики.

Минимальные технические требования: пространственное разрешение не ниже 1280×720 пикселей при штатном режиме работы; частота кадров не менее 20 кадров в секунду при выбранном разрешении; стабильная экспозиция и возможность фиксации основных параметров (выдержка, усиление / ISO, баланс белого), исключая автоматические изменения яркости и цвета в ходе теста; оптическая система должна обеспечивать умеренный угол обзора (без выраженной дисторсии по типу «рыбий глаз»); полный захват в кадр исследуемого сегмента или всего тела обследуемого; минимальные геометрические искажения в рабочей зоне (центральная часть кадра, где выполняются измерения).

Эти требования согласуются с общими принципами 2D-видеоанализа движений, согласно которым точность измерения углов зависит от качества изображения, устойчивости параметров съёмки и правильного позиционирования обследуемого в плоскости исследования [161, 173]. Возможность использования стандартных цифровых устройств повышает доступность методики для практического здравоохранения и массовых скрининговых исследований [27, 47, 130, 136, 166, 226].

Структурно программа включает модуль исходных данных, а также базу данных изображений эталонного выполнения диагностических упражнений. Кроме того, в систему интегрирован атлас эталонных значений степеней свободы суставов и функциональных отклонений опорно-двигательного аппарата, что позволяет использовать программу не только как измерительный, но и как аналитический инструмент исследования.

Методологической основой работы программы «Артро-Про» служит анализ амплитуды отведения плеча, поскольку именно это движение позволяет оценить координацию плечевого сустава и плечевого пояса.

Нормальная биомеханика отведения в плечевом суставе осуществляется в три фазы по Капанджи (0-60, 60-120, 120-180 градусов) [62]:

1 фаза – движение от 0 до 60 градусов – осуществляется только в плече-лопаточном суставе, уровень надплечий не меняется;

2 фаза 60-120 градусов – движения в плече-лопаточном суставе завершаются и начинается движение лопатки вверх;

3 фаза – движения в плече-лопаточном суставе отсутствуют, и выполняется движение за счет надплечий и подъёма лопатки.

Нарушение указанной фазности, особенно ранний подъём надплечья в диапазоне до 60 градусов отведения, является одним из признаков нарушения функции плечевого сустава.

Диагностическая процедура с использованием программы «Артро-Про» основана на исследовании амплитуды углов сгибания, разгибания, отведения в плечевом суставе, а также проведении теста дуги Дауборна с видеофиксацией движения обследуемого.

Видеокамера размещается на расстоянии 1,5 метров от обследуемого и на высоте 1,5 метров от пола. Для проведения расчётов принимается, что анатомическая позиция плеча – свободно свисающая вдоль туловища рука, начальное положение при измерении, а головка плечевой кости – нулевой градус трёх основных осей пространства.

Исследование выполнялось дважды: без прижатия лопаток к стене и с прижатием спины обследуемого к стене, что создавало разные биомеханические условия выполнения движения [106].

При первом варианте теста обследуемый находился в исходном положении стоя с опущенными руками, первый палец кисти ориентирован в стороны, после чего выполнялось дугообразное отведение руки от 0 градусов до максимально возможного положения.

При втором варианте исследования обследуемый прижимался спиной к стене, руки опущены вниз, первый палец направлен вперёд, а отведение выполнялось во фронтальной плоскости. Кисти аналогично отводились по стене, обеспечивая равномерность съёма данных без искажения, что ограничивало подвижность лопатки, таким образом, создавались условия, позволяющие точнее оценить работу именно плечевого сустава. Без прижатия обследуемого лопатками к стене возможна компенсация нарушений и стандартные углы могут быть нормальными [18, 27, 47, 93].

После видеозаписи программа распознавала ключевые анатомические ориентиры, маркируя точки плечевых, локтевых и тазобедренных суставов, а также ряд параметров, введённых для программы «Артро-Про» (рис. 5.1.):

- ось пояса верхних конечностей – линия, соединяющая центры плечевых суставов (BD);
- ось плеча – линия, соединяющая точки локтевых и плечевых суставов (AB и DE);
- ось нижних конечностей – линия, соединяющая точки тазобедренных суставов (CF);
- вертикаль – линия, соединяющая мочку носа до пола;
- угол отведения плеча – угол, образованный между осью плеча и линией, соединяющей точки в плечевом и тазобедренном суставах.

Для повышения чувствительности методики был введён новый параметр угол подъёма плечевого сустава – угол, образованный между вертикалью и осью пояса верхней конечности для каждого плеча отдельно.

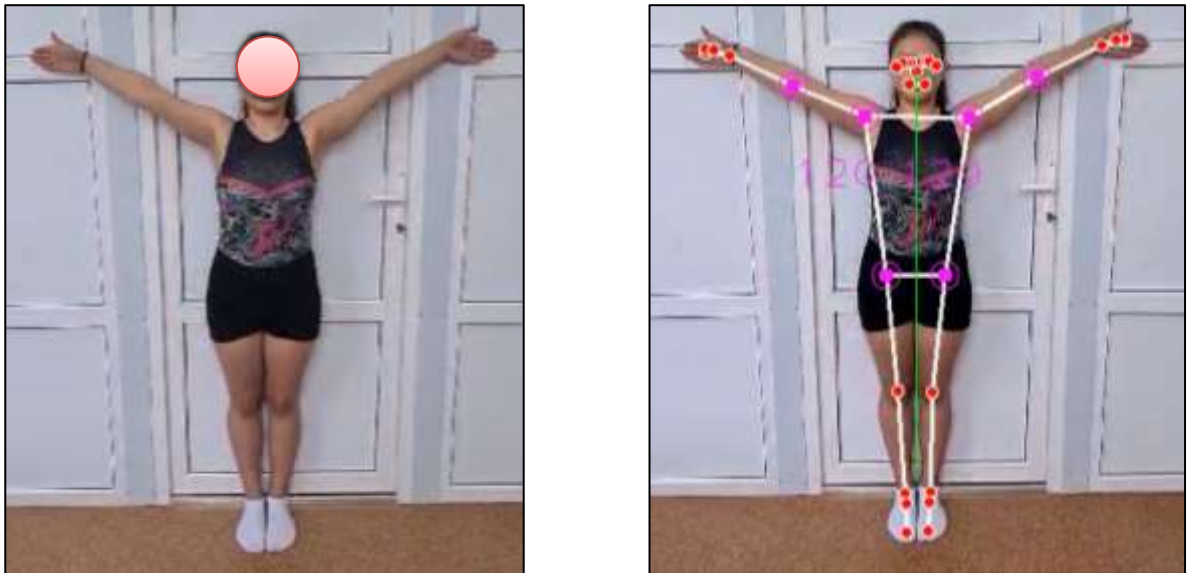


Рис. 5.1. – Схема расположения измеряемых углов

Программа «Артро-Про» измеряет угол между линией, соединяющей локтевой и плечевой суставы, и линией, соединяющей плечевой и тазобедренный суставы, что отражает угол отведения плеча для каждой стороны. Дополнительно рассчитывается угол между линией, соединяющей плечевые суставы, и вертикалью, характеризующий подъём плечевого пояса отдельно справа и слева.

Покадровая регистрация изменений этих параметров позволяет перевести числовые данные в форму графиков – гониометрограмм (рис. 5.2., рис. 5.3.), которые отражают динамику движения в процессе выполнения теста. Анализируется не только абсолютная величина углов, но и форма графической кривой, что существенно расширяет диагностические возможности методики.

Существенным отличием программы «Артро-Про» является использование нового параметра – угла подъёма плечевого сустава (или подъёма плечевого пояса), который повышает чувствительность выявления нарушения функции плечевого сустава. Такой паттерн отражает преждевременное включение компенсаторного движения лопатки и надплечья, что отсутствует при нормальной биомеханике отведения. Следовательно, программа позволяет выявлять не только ограничение амплитуды движения, но и скрытые компенсаторные механизмы, способные маскировать дисфункцию при обычной диагностической оценке.

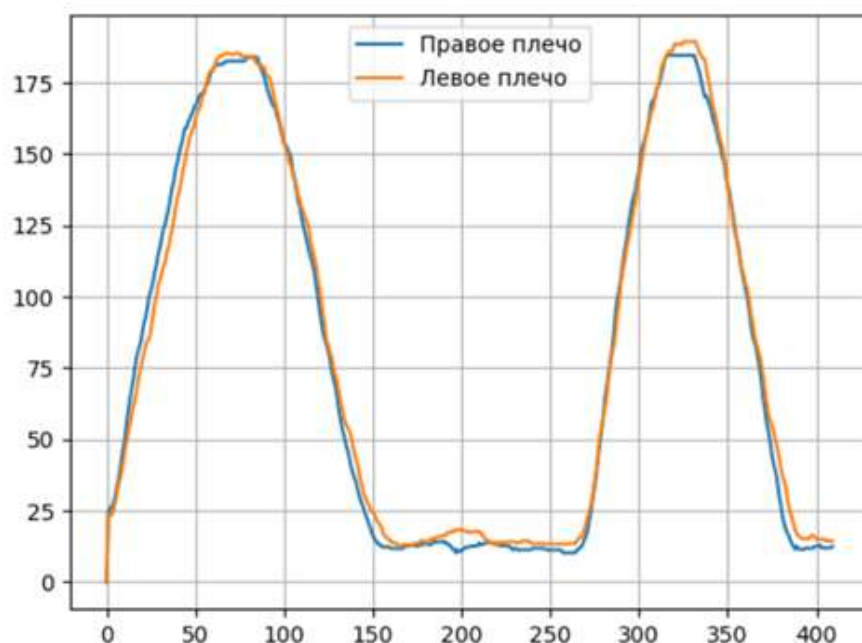


Рис. 5.2. – График изменения угла отведения правого и левого плеча (ADC и DEF; гониометрограмма)

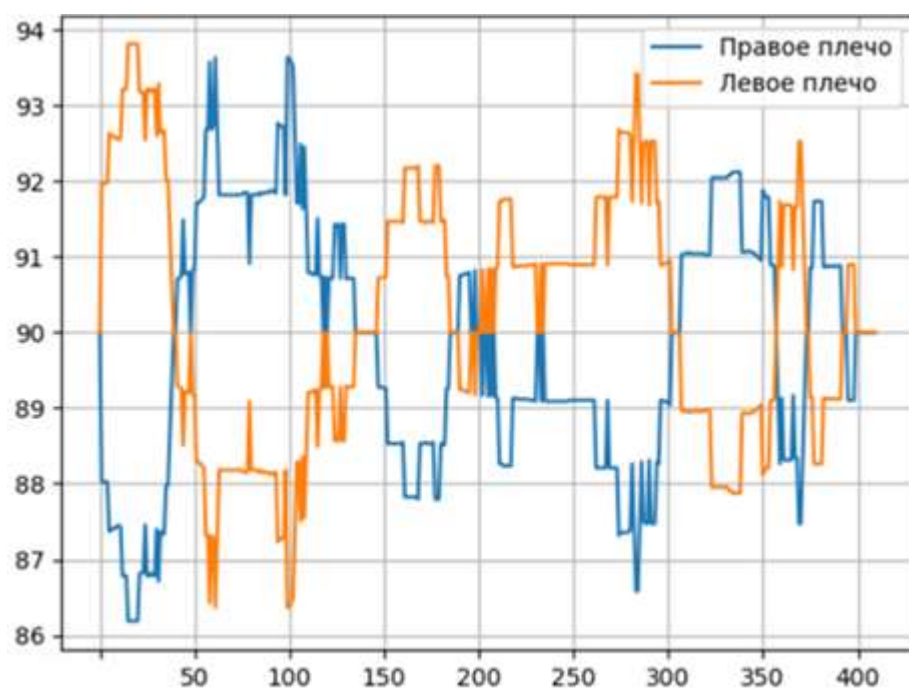


Рис. 5.3. – График изменения угла подъёма правого и левого надплечья (BGN и DGN; гониометрограмма)

Полученные данные в программе «Артро-Про» сопоставлялись с эталонной базой и сравнивались показатели, зарегистрированные в двух вариантах выполнения теста, после чего формировалось заключение о наличии функциональных и/или структурных нарушений движений в плечевом суставе.

Программа «Артро-Про» обладает рядом практически значимых преимуществ по сравнению с классической гониометрией. К числу этих преимуществ относятся объективизация измерений, повышение чувствительности к диагностике ранних нарушений функции плечевого сустава, доступность технической реализации и возможность графической визуализации двигательного паттерна [129, 130].

Использование программы целесообразно при первичном скрининге, в процессе углублённой функциональной диагностики спортсменов и лиц с нарушениями двигательной функции, а также для динамического наблюдения за обследуемыми в процессе функционального восстановления. Особенно важным представляется её применение в тех случаях, когда требуется количественная оценка изменений плече-лопаточного ритма и раннее выявление функциональных нарушений в плечевом суставе.

Таким образом:

1. Создание программы «Артро-Про» направлено на решение актуальной практической задачи раннего выявления ограничения подвижности плечевого сустава и нарушения его функции на основе компьютерной регистрации и анализа активных движений [128, 106, 107, 130].

2. Методологической основой программы является видеоанализ теста «Дуга Дауборна» с последующей оценкой биомеханики отведения плеча во фронтальной плоскости и построением гониометрограмм угловых параметров движения [129, 106, 107, 131].

3. Важным диагностическим преимуществом программы является возможность одновременной оценки угловой амплитуды отведения плеча и угловой амплитуды подъёма плечевого пояса, что позволяет выявлять ранние компенсаторные нарушения плече-лопаточного ритма [128, 106, 130, 131].

4. Использование двух вариантов выполнения теста – без фиксации лопаток и с фиксацией лопаток (прижатие тела обследуемого к стене) – повышает точность оценки функции собственно плечевого сустава и уменьшает вероятность

маскировки нарушений за счёт лопаточных компенсаций [128, 129, 106, 107, 130, 131].

5. Программа «Артро-Про» может быть рекомендована в качестве инструмента скрининговой и функциональной диагностики, а также для мониторинга динамики результатов консервативной терапии и восстановительной реабилитации не только спортсменов, но и лиц с нарушениями двигательного паттерна [106, 107, 130, 131].

5.2. Валидация авторской методики гониометрии двигательной функции плечевого сустава («Артро-Про»)

Исследование проводилось на базах кафедр медицинской реабилитации и спортивной медицины, нормальной физиологии федерального государственного медицинского университета «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. К исследованию допускались добровольцы обоего пола, соответствовавшие критериям включения ($n = 33$; табл. 5.1.), прошедшие медицинский осмотр (травматолог-ортопед, реабилитолог) и подписавшие информированное согласие на участие в исследовании, одобренном Локальным Этическим Комитетом ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России (протоколы № 2022/149 от 21.10.2022, № 2024/244 от 29.11.2024).

Для валидации авторской методики гониометрического исследования отведения в плечевом суставе («Артро-Про») сравнивались результаты связанных выборок, полученные при проведении ряда серий обследований:

1 серия включала обследование с помощью гониометрии («Классическая гониометрия», КГ);

2 серия – рентгенологическое изучение изменения положения костных структур плечевого сустава («Рентген-снимок», R);

3 серия – обследование с использованием авторской методики гониометрии («Артро-Про» – компьютерное зрение, КЗ) [18].

Таблица 5.1. – Критерии включения и невключения обследуемых в исследование

Критерии включения	Критерии невключения
- клинически здоровые лица мужского и женского пола нормостенического типа телосложения; - возраст от 18 до 60 лет; - нормальное функционирование плечевого сустава по данным клинического осмотра	- выявленные нарушения функционирования плечевых суставов; - повреждения внутренних и околосуставных структур плечевого сустава, выявленные с помощью специальных методов исследования (рентгенография, МРТ, УЗИ); - психомоторные, психоорганические, неврологические нарушения; - синдром дисплазии соединительной ткани; - системные заболевания соединительной ткани

Классическая гониометрия плечевого сустава осуществлялась с применением ручного гониометра. Обследуемый располагался в положении стоя, движение производилось во фронтальной плоскости. Гониометр прикладывали к суставу сзади в месте совпадения шарнира с головкой плечевой кости. Одна из браншей устанавливалась вертикально вдоль оси позвоночника, другая – вдоль оси плеча. Исходное положение признавалось нулевым [32]. Результатом обследования являлась максимальная амплитуда отведения в плечевом суставе после трёхкратного повторения. Отклонение от анатомической позиции описывали положительным числом амплитудного угла в градусах в диапазоне от 0 до 180. Измерения объёма движений проводили справа и слева.

Учитывая существенную вариабельность значений гониометрического исследования с помощью ручного гониометра [32], проведена регистрация отведения в плечевом суставе у обследуемых с помощью рентгенографии.

При анализе рентгенографического снимка оценивались следующие анатомические ориентиры (линии, стрелки) в исходном положении (рис. 5.4. А) и при максимальном отведении (рис. 5.4. В): 1 – вертикаль (шаблон); 2 – нижний полюс гленоида через который проведена вертикаль (шаблон); 3 – угол отведения;

4 – центр головки лучевой кости, 5 – линия, проведенная через нижний полюс гленоида и центр головки лучевой кости.

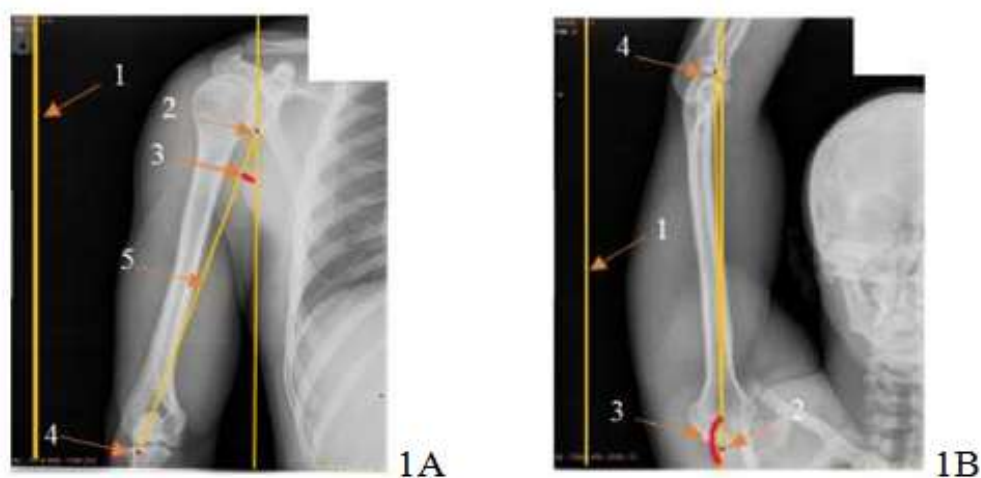


Рис. 5.4. – Рентгенологический снимок отведения в плечевом суставе: А – нулевое положение, В – максимальное отведение

Изначально измерение движений в плечевом суставе предполагает определение оси ротации, проходящей через центр головки плечевой кости и её наружный надмыщелок. Тем не менее, точное сопоставление указанных ориентиров в нулевом положении и при максимальном отведении верхней конечности провести невозможно ввиду двухплоскостного характера изображения рентгенограммы. В этой связи найдены анатомические точки, которые отчетливо прослеживаются как в нулевом положении, так и при максимальном отведении. Эти точки располагаются максимально близко к общепринятым: нижний полюс гленоида (2) и центр головки лучевой кости (4), через которые проведена линия (5). Для обеспечения унификации измерений за второй ориентир принята вертикаль (1), проведенная через нижний полюс гленоида между которыми измеряется угол отведения (3).

В третьей серии оценку амплитуды активного отведения в плечевом суставе проводили по авторской методике гониометрии с использованием аппаратно-программного комплекса «Артро-Про», включающего видеокамеру разрешения HD, штатив и компьютер с предустановленной программой. Обследуемый

располагался фронтально по отношению к видеокамере с прижатыми к вертикальной опоре лопатками. Видеокамеру размещали на расстоянии 1,5 метра от обследуемого на высоте 1,5 метра от пола. За нулевое положение принимали положение рук, опущенных вниз с направленным вперед первым пальцем кисти. Далее обследуемый дугообразно отводил руки вверх до максимального положения [18, 130, 131]. Распознавание движений человека производили с помощью предварительно обученной нейросети «MediaPipe», которая после обработки видеоизображений формировала проекционные точки в области плечевых, локтевых, лучезапястных, тазобедренных, коленных и голеностопных суставов, соединяя их линиями. Для унификации измерений авторами введена вертикаль через точку в плечевом суставе. В итоге формировался угол отведения (стрелка), величину которого и регистрировала программа (рис. 5.5. А, 5.5. В) [18, 88, 89].

Для подтверждения соответствия авторской методики её целевому использованию проведено статистическое исследование исходных данных. Средняя амплитуда отведения в серии измерений КЗ с использованием «Артро-Про» составила $178,90 \pm 0,63$ (доверительный интервал надежности $p = 0,95$), в серии КГ тот же параметр зарегистрирован на уровне $179,5 \pm 0,1$ (доверительный интервал надежности $p = 0,95$). Так как наблюдения являлись парными (Paired Samples – по два измерения для каждого обследуемого), то при изучении отличий между двумя выборками была проанализирована разность показателей. Среднее отличие амплитуды отведения КЗ и КГ в двух группах измерений незначительно, оно составило $-0,62 \pm 0,63$ (доверительный интервал надежности $p = 0,95$) от минимума -5,2 до максимума 10,0, причём единственное наблюдение с разницей показателей 5,2 является «резко выделяющимся» (рис. 5.6.) [18].

При сравнении показателей применялись два критерия – ранговый критерий знаков для проверки гипотезы, что медианы двух выборок равны, и критерий Стьюдента (для парных наблюдений) проверки гипотезы «средняя разница в измерениях углов отведения равна нулю». Оба критерия показали, что гипотезы верны на уровне значимости 0,05 (5%), т.е. разница в медианах и в различиях средних двух выборок незначительна.

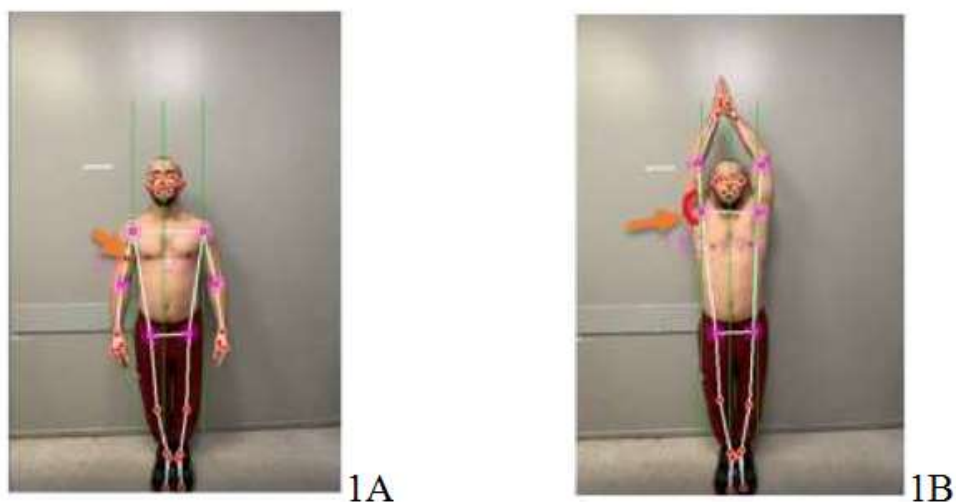


Рис. 5.5. – Измерение амплитуды отведения плеча с помощью авторской методики гониометрии: А – нулевое положение, В – максимальное отведение

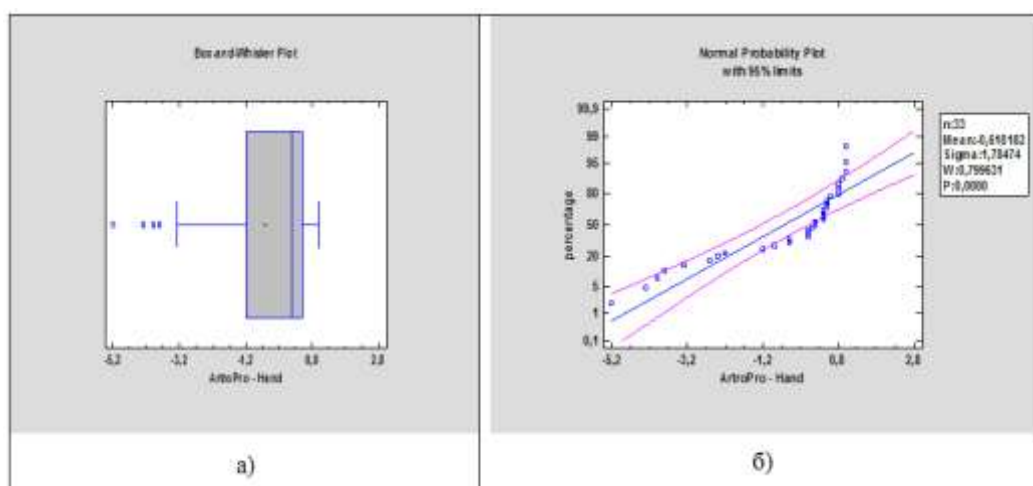


Рис. 5.6. – Графический анализ разницы амплитуды отведения в плечевом суставе гониометрической серии и серии с использованием «Артро-Про»: а – «ящик с усами» (Box-and-Whisker Plot), б – график на нормальной вероятностной бумаге

Среднее значение разницы – это предполагаемая систематическая ошибка. Тем самым показано, что измерения методом КЗ не содержат систематической ошибки. Исследование проводилось с использованием триальной версии статистического пакета прикладных программ Statgraphics, свободно распространяемой через интернет (www.statgraphics.com) [18].

Мощным графическим инструментом для сравнения двух методов измерения и оценки согласованности между двумя наборами данных являются графики Блэнда-Альтмана [165]. Другое их название – разностные графики. Они представляет собой визуальное отображение разницы между двумя измерениями

по оси Y и средним значением двух измерений по оси X. На рис. 5.7. представлен график Блэнда-Альтмана.

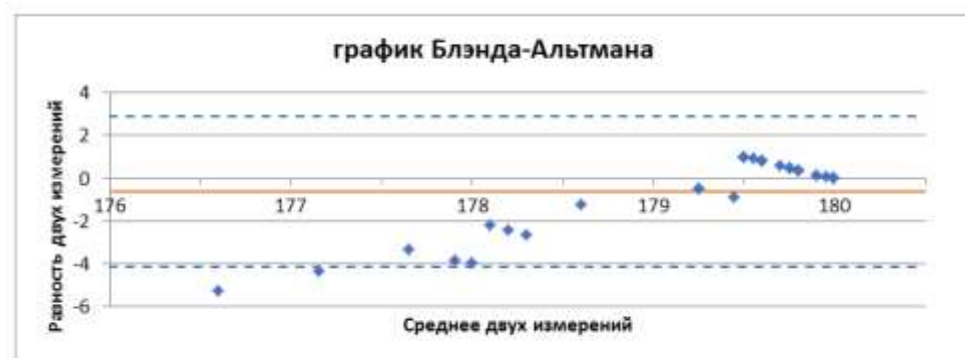


Рис. 5.7. – График Блэнда-Альтмана

По оси Y отложена разница измерений КЗ и КГ, по оси X – полусумма $0,5 \cdot (КЗ + КГ)$. Горизонтальная линия в середине $Y = -0,62$ незначительно смещена относительно нуля и показывает, что средняя разница показателей незначительна. Пунктирные линии обозначают 95%-е пределы согласия (limits of agreement) (средняя разница $\pm 1,96$ стандартных отклонений разницы) и показывают насколько сильно могут отличаться результаты измерений, полученные двумя методами, у большинства (95%) людей. В нашем случае стандартное отклонение $SD = 1,78$, и пределы согласия $-0,620 \pm 1,96 \cdot SD$ задают диапазон $(-4,110; 2,870)$. Разница в пределах, не превышающих 50, не имеет клинического значения, поэтому два метода КЗ и КГ можно использовать взаимозаменяемо.

Далее проводилось сравнение результатов измерений амплитуды отведения в плечевом суставе с использованием ручной (классической) гониометрии КГ и рентгенологического метода R. В результате статистического исследования выявлено их существенное различие. Разница в измеренных двумя методами углах отведения колебалась в диапазоне от -11,80 до 22,70, средняя разность составляет 60, доверительный интервал надежности $p = 0,95$ для нее $60 \pm 2,8$. Тем самым рентгенографический метод дает в среднем существенно заниженные показатели угла отведения. Кроме того, индивидуальные показатели оказались как занижены на 22,7, так и завышены на 11,8. В связи с этим сравнение показателей угла

отведения в плечевом суставе, измеренных с использованием компьютерного зрения и с помощью рентгенологического метода, не проводилось [18].

Оценка результатов рентгенологических измерений угловой амплитуды отведения плечевого сустава позволяет выявить больший межквартальный разброс средней разницы по отношению к данным, полученным с помощью методик «Артро-Про» и классической гониометрией. Во многом это обусловлено системой самих рентгенологических измерений.

Следует отметить ещё несколько причин, обуславливающих различия измеряемого параметра в сериях 1, 2 и 3. Одна из таких причин – меньшая амплитуда отведения при рентгенологическом формате исследования в сравнении с двумя другими сериями. Для рентгенографии требовалось зафиксировать руку, как в исходном, так и в отведённом положениях на небольшой промежуток времени, что, особенно во втором положении, могло вызывать некоторое опущение верхней конечности. При этом средняя разница угловых амплитуд отведения в сериях с использованием «Артро-Про» (компьютерное зрение) и классической гониометрии не выходило за пределы общепризнанных различий в 5°.

На основании проведённых исследований измерение амплитуды угла отведения плечевого сустава с использованием «Артро-Про» является объективным и валидным методом, который можно правомерно применять для гониометрических обследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная государственная политика в сфере физической культуры и спорта, в том числе детско-юношеского, ориентирована на переход к здоровьесберегающей парадигме, усиление медико-биологического сопровождения спортсменов и внедрение цифровых технологий мониторинга их функционального состояния [7, 18, 27, 30, 43, 79, 116, 117, 120, 121]. Показано, что адаптация организма девушек – спортсменок к физическим нагрузкам тренировочного процесса в игровых командных видах спорта отличается выраженным половым диморфизмом морфофункциональных характеристик опорно-двигательного аппарата и систем кровообращения [74, 94, 160, 178]. У девушек – спортсменок адаптационные перестройки реализуются преимущественно за счёт оптимизации нейромышечного контроля, энергообеспечения и хронотропных механизмов регулирования гемодинамики на фоне ограниченного прироста мышечной массы и сократительной способности миокарда [31, 45, 64, 78, 64, 82, 94, 132]. Существенную роль играет овариально-менструальный цикл, определяющий колебания работоспособности, вегетативной реактивности и риск дезадаптации при несоответствии тренировочной нагрузки фазам цикла, что необходимо учитывать при планировании тренировочного процесса гандболисток [14, 15, 25, 44, 63, 77, 110, 138, 147, 172, 174, 187, 196, 217].

Особое значение в гандболе имеет функциональное состояние плечевого сустава как ключевого звена реализации бросковых движений и силового противоборства [154]. У девушек-гандболисток формируются специфические варианты биомеханической адаптации плечевого комплекса, обусловленные исходной гипермобильностью, относительной слабостью мышц-стабилизаторов головки плечевой кости, выраженной асимметрией мышечной силы между доминирующей и недоминирующей верхними конечностями и

высокоскоростными режимами работы в бросковых действиях [39, 48, 65, 137, 146, 154, 198]. Сочетание этих факторов создаёт предпосылки к развитию функциональных нарушений в плечевом суставе у девушек-гандболисток [182, 200].

Важным аспектом, определяющим функциональное состояние плечевого сустава, является регионарная гемодинамика верхних конечностей [183, 192]. Отмечено, что взаимосвязь между амплитудой движений в плечевом суставе и показателями периферического кровообращения в сегменте «плечо – предплечье» носит двунаправленный характер [183, 192]. С одной стороны, ограничение подвижности снижает эффективность работы мышц, ухудшает венозный отток и микроциркуляцию в регионе способствуя прогрессированию функциональных нарушений [183, 192]. С другой стороны, исходные гемодинамические нарушения (снижение артериального притока, повышение сосудистого тонуса, затруднение венозного оттока) ведут к гипоксии, отёку, болевому синдрому и ремоделированию соединительной ткани, формируя устойчивый дефицит амплитуды движений и приводя к функциональным нарушениям плечевого сустава [211].

Реовазография в регионе «плечо – предплечье» в сочетании с гониометрической оценкой амплитуды отведения и других движений в плечевом суставе является перспективным инструментом комплексной оценки функционального состояния верхней конечности у девушек-гандболисток [89, 181]. Современные исследования демонстрируют информативность реографического индекса, показателей сосудистого тонуса и венозного оттока при различных функциональных состояниях, тогда как применение стандартизированных, в том числе цифровых и видеоассистированных, методов гониометрии повышает точность регистрации угловых характеристик движений и позволяет объективизировать функциональную характеристику плечевого сустава в условиях тренировочного процесса [18, 27, 87, 89, 181].

В ходе исследования, выполненного на кафедре нормальной физиологии ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, проведено несколько

последовательных этапов с чётко определёнными критериями включения и невключения респондентов, сформирован однородный контингент обследуемых девушек-гандболисток в возрасте $18,5 \pm 2,5$ лет, различающихся по уровню спортивной деятельности, что позволило сопоставлять полученные данные в рамках единой методологической модели. Разделение на действующих спортсменок и девушек, завершивших спортивную карьеру, в сочетании со стандартизированными условиями обследования обеспечило объективный анализ морфофункционального профиля, показателей регионарного кровообращения плечевого сустава в условиях оперативного покоя и на фоне функциональных проб.

Комплекс применённых методов включал антропометрию, биоимпедансометрию, кистевую динамометрию, оценку системной гемодинамики, реографическое исследование периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье», функциональные пробы (активная ортостатическая проба и статическая нагрузка), а также разработанную и валидированную методику объективной количественной диагностики амплитудных характеристик активных движений плечевого сустава с использованием искусственных нейронных сетей для видеоанализа движений [18, 106, 107, 130].

По данным нашего исследования у девушек-гандболисток, действующих спортсменок, по сравнению с девушками, завершившими спортивную карьеру, сохранялись более благоприятные показатели физического развития и морфофункционального статуса. У действующих спортсменок индекс кистевой силы оказался значимо выше, чем у завершивших карьеру, и превышал нормативные значения, в то время как во второй группе показатель находился в пределах физиологической нормы. Превышение нормативных значений, особенно, со стороны ведущей спортивной руки у девушек – спортсменок свидетельствует о поддержании на должном уровне скоростно-силового потенциала мышц предплечья и кисти за счёт регулярных специфических бросков

и хватательных движений тренировочного процесса [13, 39, 45, 48, 49, 64, 65, 86, 101, 137, 154, 156].

По данным биоимпедансометрии, у бывших спортсменок выявлены: достоверное увеличение содержания жира ($p=0,005$) и индекса жировой массы ($p=0,001$), снижение мышечной, безжировой и костной массы ($p<0,01$), уменьшение содержания воды, а также снижение индексов безжировой и мышечной массы и соотношения мышцы/жир ($p=0,001$). Эти изменения указывают на гипотрофию скелетной мускулатуры и снижение липолитической активности после завершения спортивных тренировок [41, 92, 143, 189, 197, 227].

У действующих спортсменок достоверное снижение амплитуд сгибания и отведения в правом плечевом суставе по сравнению с девушками, завершившими спортивную карьеру можно объяснить адаптивными изменениями вращательной манжеты, возникающими при регулярных эксцентрических нагрузках, особенно в фазе торможения броска, что приводит к функциональным нарушениям в плечевом суставе [13, 207]. Выявленные минимальные различия в 2-4 градуса между группами сравнения актуализируют проблему объективности классической ручной гониометрии. Использование классического ручного гониометра сопряжено с высокой интерэкспертной погрешностью и позволяет только оценивать сустав исключительно в статических положениях, что недостаточно для overhead-спортсменов, у которых функциональные нарушения плечевого сустава чаще всего проявляются в сложных фронтально-сагитально-вертикально плоскостных динамических паттернах [13, 32, 83, 111, 207]. Для решения этой проблемы необходимо внедрение в скрининг спортсменов программ на основе искусственных нейронных сетей на базе компьютерного зрения, позволяющих повысить точность проводимых измерений.

При оценке показателей системной гемодинамики учитывалась функциональная латеральность. Так, в исследовании установлено, что у действующих спортсменок диастолическое и среднее гемодинамическое артериальные давления достоверно выше, чем у завершивших карьеру. Снижение среднего гемодинамического давления во второй группе может указывать на

перестройку механизмов кровообращения после прекращения спортивных тренировок.

В сравниваемых группах расчётные индексы (вегетативный индекс Кердо, двойное произведение, коэффициент выносливости, индекс Хильдебранта и индекс функционального состояния) достоверно не различались, свидетельствуя о сохранении относительной стабильности механизмов регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы даже после завершения спортивной карьеры. Сопряжённое распределение интегральных индексов показало, что по вегетативному индексу Кердо у действующих спортсменок статистически значимо чаще регистрируется преобладание парасимпатического тонуса, указывающего на оптимальную физиологическую «цену» адаптации и экономизацию работы сердечно-сосудистой системы [1, 16, 225].

У завершивших карьеру распределение индекса Кердо более вариабельно с тенденцией к симпатикотонии, что может отражать напряжение регуляторных механизмов [1, 14, 63]. При этом функциональная перестройка затрагивает, прежде всего, сосудистый компонент адаптации [6, 16, 20, 169, 225].

По данным проведенного реографического исследования показатели периферического кровообращения в покое в регионе «плечо – предплечье» в обеих группах характеризовались повышенным кровенаполнением магистральных артерий (превышение реографического индекса относительно возрастной нормы), что обусловлено умеренной гипертрофией миокарда спортсменок.

У действующих спортсменок в сегменте «плечо» «ведущей руки» выявлены повышение тонуса крупных артерий и снижение тонуса прекапиллярной сети, указывающих на возможное развитие метаболической дистонии. Следует отметить, что на уровне посткапиллярной сети показатели, характеризующие процесс оттока крови из региона и тонус венозных сосудов, находились в пределах возрастной нормы.

Для оценки резервных возможностей сосудистой регуляции и характера компенсаторных реакций в условиях гемодинамической нагрузки следующим

этапом исследования была проведена активная ортостатическая проба, позволяющая оценить не только исходное состояние регионарного кровообращения верхних конечностей, но и динамику механизмов, обеспечивающих поддержание адекватной перфузии при перераспределении объёма циркулирующей крови под воздействием гравитационного фактора [86].

На фоне выполнения активной ортостатической пробы независимо от латеральности и исследуемого сегмента у девушек-гандболисток, действующих спортсменок, наблюдалась универсальная реакция, обусловленная уменьшением интенсивности артериального кровотока с умеренным увеличением периферического сопротивления. С одной стороны, широкий межквартильный диапазон свидетельствует о разнонаправленности реакций на фоне выполнения ортостатической пробы, с другой – снижение базового параметра (реографического индекса), характеризующего величину пульсового кровенаполнения в исследуемом регионе имело системный и симметричный характер свидетельствуя о проявлении вероятностной сосудистой реакции и не рассматривался нами как признак локальной дисрегуляции. При этом, обращает на себя внимание, факт резкого изменения амплитудно-частотного показателя в сегменте «плечо» справа по сравнению с аналогичным показателем слева. На фоне вертикализации у действующих спортсменок формируется ограничение избыточного периферического притока в дистальные отделы верхней конечности, что возможно является одним из экономически выгодных механизмов гемодинамики, рационального перераспределения кровотока между системными и периферическими звеньями циркуляции крови в организме, поддерживая достаточное поступление кислорода и питательных веществ в систему обменных сосудов без избыточного напряжения сосудистой системы в целом [89, 66, 70, 97].

Следует отметить, что параметр, отражающий интегральный тонус артериального русла – модуль упругости – имел разную направленность изменений. Так, справа этот показатель незначительно уменьшился ($KCHMU = -0,02$ у.е.), тогда как слева – увеличился ($KCHMU = +0,17$). Данный факт отражает различную способность крупных артерий к растяжению при одинаковой частоте

сердечных сокращений. При этом отмечалось содружественное изменение периферического сосудистого сопротивления и сосудистого тонуса на уровне прекапилляров в сегменте «предплечье» (КСНДИК слева = -0,21; КСНДИК справа = +0,02).

Выявленные реакции периферического кровотока в группе девушек-гандболисток, действующих спортсменок, указывают на согласованное сочетание снижения кровенаполнения в исследуемом регионе с усилением тонического компонента сосудистой реакции на фоне выполнения ортостатической пробы, что является благоприятным признаком адаптационной перестройки соотношения прямой и отражённой пульсовой волны.

Наиболее выраженная реакция со стороны сосудистого русла отмечалась по показателю, характеризующему венозный отток во всем исследуемом регионе «плечо – предплечье» со стороны «ведущей» спортивной руки возможно отражая физиологическую адаптивную способность сосудистой системы должным образом реагировать на изменение положения верхней правой конечности в процессе спортивной (игровой) деятельности (КСНВО плечо = +0,56; КСНВО предплечье = +0,48).

При схожести ортостатических реакций у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, по сравнению с действующими спортсменками, следует отметить сочетание более выраженных срочных реакций с наименьшей согласованностью сосудистых адаптивных механизмов. Так, при регистрации повышено исходных значений реографического индекса независимо от латеральности у девушек 2 группы изменения этого показателя на фоне нагрузочного воздействия оказались более выражены, что можно расценить как снижение устойчивости периферического сосудистого русла к гравитационному воздействию.

В отличие от действующих спортсменок у девушек второй группы отмечалась разнонаправленность сдвигов по амплитудно-частотному показателю. В сегменте «плечо» регистрируется повышение амплитудно-частотного показателя, тогда как в сегменте «предплечье» снижение, т.е. компенсаторное

перераспределение кровотока в большей степени затрагивает проксимальные отделы сосудистого русла, и оно менее согласовано в дистальных отделах.

Показатель, характеризующий способность крупных артерий к растяжению, оказался исходно повышен до 16,83% у девушек второй группы в 18,2% случаев от общего числа обследуемых. При этом отмечался его дальнейший прирост на фоне ортостатической пробы, особенно, в сегменте «плечо» слева, что может свидетельствовать о менее экономичном механизме стабилизации периферической гемодинамики в ответ на вертикализацию.

По данным нашего исследования сопоставление умеренно выраженных показателей венозного оттока слева в сегменте «плечо» (фон 8,5% [2-15]; нагрузка 11,0% [4-22]) с коэффициентом венозного оттока позволяет констатировать напряжённость венозного дренажа, особенно в проксимальных отделах. Применённая функциональная проба позволила выявить постепенную утрату стабильности сформированного ранее (во время спортивной деятельности) адаптивного стереотипа сосудистых реакций [89].

Для изучения реактивности периферического кровообращения в условиях стандартизированной статической мышечной нагрузки в ходе реографического исследования в диссертационном исследовании применяли функциональную пробу с изометрическим напряжением мышц кисти. Нагрузочный тест предусматривал удержание кистевого динамометра с усилием, соответствующим 30% максимального произвольного усилия, в течение 3 минут. Выбор данного протокола обследования обусловлен его широким применением в исследованиях спортсменов высокой квалификации в качестве стандартной модели изометрического handgrip-стресса, позволяющей оценить особенности гемодинамической реакции на статическое мышечное напряжение [170].

В результате проведенного исследования у девушек-гандболисток, действующих спортсменок, на фоне выполнения статической нагрузки выявлены латерально симметричные реакции периферической гемодинамики, физиологически уменьшающие приток крови в исследуемый регион «плечо – предплечье» в условиях длительно удерживающего статического мышечного

напряжения. Наиболее информативным оказался реографический индекс, снижающийся независимо от латеральности, как в сегменте «плечо», так и в сегменте «предплечье».

Направленность выявленных реакций срочной адаптации указывает не на локальный, а на системно реализуемый механизм сосудистого ответа на фоне выполнения статической нагрузки. Это можно объяснить тем, что при выполнении статической нагрузки происходит механическое сдавление вовлеченных в работу мышцами внутриорганных сосудов, что обуславливает повышение периферического сопротивления и относительное ограничение артериального притока в регион плечо-предплечье, что и определило снижение объема кровенаполнения магистральных артерий. При этом выраженность снижения справа, особенно в сегменте «предплечье» значимо выше, чем слева, что в целом не нарушило общей симметрии адаптационного ответа [89, 170, 205].

Значимое снижение амплитудно-частотного показателя справа относительно такового показателя слева, который практически не изменился под влиянием статического нагрузочного воздействия может указывать на активацию сердечного механизма в определенной мере компенсирующего тренированность сосудистого русла [57, 70, 102].

Следует обратить внимание на вариабельность диастического и диастолического индексов, которые отражают адаптивные сосудистые реакции на пре – и посткапиллярном уровнях. Симметричный ответ и схожесть направленности изменений (прирост ДИК и ДИА, особенно в сегменте «предплечье») указывают на возрастание сосудистого тонуса и уменьшение эластической податливости сосудистой стенки микроциркуляторного русла в ответ на мышечное напряжение, обусловленное статической работой [57, 70, 205].

Визуальный разбор реограмм и анализ динамики показателей венозного оттока позволил установить, что при нормальном тонусе вен изменения венозного компонента периферической гемодинамики имеют латерально однотипные реакции. Показатель венозного оттока возрастает в регионе «плечо – предплечье» при сохранении относительной стабильности коэффициента венозного оттока в

сегменте «плечо», тогда как в сегменте «предплечье» аналогичный показатель снижается справа, подтверждая то, что длительное статическое мышечное напряжение сопровождается затруднением венозного оттока, особенно в дистальных отделах верхней конечности, мышцы которой непосредственно организуют изометрическое сокращение [57, 66, 70, 139, 205].

Сравнительный анализ динамики реографических показателей во второй группе позволил выявить схожесть «картины» сосудистого ответа по сравнению с первой группой. Однако степень проявления срочных реакций адаптации на фоне выполнения статической нагрузки у девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру оказалась несколько ниже и отражала физиологический вазомоторный ответ на изометрическое сокращение. При этом справа выявленные значимые различия фоновых показателей относительно данных, полученных после выполнения нагрузочной пробы, могут быть обусловлены как доминированием правой руки, так и остаточным долговременным следом спортивной специализации [15, 66, 70, 139, 189, 205].

Показатель венозного оттока у девушек второй группы значимо увеличивается на фоне нагрузочного воздействия слева и справа в сегменте «предплечье», а коэффициент венозного оттока – уменьшается. С одной стороны, характер изменений ответных сосудистых реакций, как и в группе действующих спортсменок, указывает на ухудшение условий венозного оттока при статическом напряжении, с другой, в контексте завершения спортивной деятельности девушками второй группы – на меньшую компенсаторную реакцию при сосудистой функциональной перестройке [57, 66, 70, 139, 144].

При проведении корреляционного анализа между показателями периферического кровообращения в регионе «плечо – предплечье» и амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава на фоне выполнения функциональных проб выявлены различия между группами сравнения:

1. По силе и направленности корреляционных связей. У действующих спортсменок коэффициенты сдвига на нагрузку, рассчитанные по

реографическим параметрам положительно коррелировали с показателями гониометрии, прежде всего с амплитудами отведения как справа, так и слева, что можно интерпретировать как более сохранную сосудисто-двигательную адаптацию к физическим нагрузкам тренировочного процесса. У девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, чаще выявлялись обратные корреляции КСН с амплитудами сгибания и отведения, что соответствует менее благоприятной срочной реакции функциональной адаптации.

2. По роли силовых характеристик двигательного паттерна. Для действующих спортсменок характерны неоднозначные и асимметричные корреляционные связи индекса кистевой силы с угловыми амплитудами, тогда как у девушек второй группы, завершивших спортивную карьеру ИКС имел обратные связи с амплитудными гониометрическими характеристика плечевого сустава, предопределяя снижение мобильности плечевого сустава, сопровождающееся ухудшением силовых характеристик, что характерно для процесса детренированности.

3. По локализации и симметричности корреляционных взаимосвязей. В группе девушек-гандболисток, завершивших спортивную карьеру, корреляционные связи в большей степени определялись между предплечевыми показателями и параметрами венозного оттока возможно свидетельствуя о функциональной перестройке всей верхней конечности, а не только плечевого сегмента, имеющего ведущее значение для действующих спортсменок.

Выявленные корреляционные связи между амплитудными характеристиками активных движений в плечевом суставе и реографическими показателями в покое и на фоне выполнения функциональных проб позволяют обосновать необходимость разработки метода компьютерной гониометрии, который потенциально обеспечит более точную воспроизводимость гониометрических измерений, регистрацию минимальных латеральных различий, цифровое хранение динамики гониометрических данных и возможность сопоставления угловых (амплитудных) величин с реографическими и силовыми переменными в единой аналитической системе.

Всё вышеизложенное физиологически обосновывает предположение о том, что внедрение компьютерной гониометрии позволит своевременно диагностировать функциональные нарушения активных движений в плечевом суставе, определять латеральную асимметричность, проводить объективный мониторинг функционального состояния плечевого сустава с выявлением доклинических нарушений функций плечевого сустава наряду с классической ручной гониометрией [18, 27, 87, 88, 136, 193].

Валидация и методологическое обоснование программы «Артро-Про» показали, что использование видеоанализа на основе теста «дуга Дауборна» позволяет объективизировать оценку активных движений в плечевом суставе, выйти за рамки традиционной ручной гониометрии и визуальной экспертной оценки, а также повысить чувствительность к ранним функциональным нарушениям плече-лопаточного ритма и компенсаторным двигательным паттернам. Предлагаемое техническое решение ориентировано не только на регистрацию конечной амплитуды отведения, но и на анализ структуры двигательного акта, включая участие плечевого сустава, плечевого пояса и лопаточного компонента [18, 27, 43, 62, 106, 130].

Созданная программа реализует стандартизированную процедуру видеорегистрации движений во фронтальной и сагиттальной плоскостях и позволяет рассчитать, как угол отведения плеча, так и новый параметр – угол подъёма плечевого пояса, повышающий диагностическую информативность оценки функции плечевого сустава [106, 130]. Валидация авторской методики, включавшая сравнение результатов классической гониометрии, рентгенологической оценки и измерений, полученных с помощью «Артро-Про», подтвердила её достаточную точность и воспроизводимость, что даёт основания рекомендовать программу для скрининговой и углублённой диагностики функциональных нарушений плечевого сустава, мониторинга эффективности восстановления спортсменов бросковых видов спорта и лиц с функциональными нарушениями плечевого сустава [18, 27, 87, 88, 106, 107, 128, 129].

ВЫВОДЫ

1. У девушек-гандболисток (спортсменок) по сравнению с девушками, завершившими спортивную карьеру, выявлены статистически значимые различия в компонентном составе тела: содержание жира ниже (19,2% относительно 26,4%; $p=0,005$), мышечная масса выше (50,2% относительно 45,55%; $p=0,001$), безжировая масса больше (52,8 кг относительно 46,7 кг; $p=0,001$), а соотношение мышцы/жир выше (2,67 у.е. относительно 1,95 у.е.; $p=0,001$). Индексы кистевой силы у действующих спортсменок превышают нормативные значения и значимо выше, чем у завершивших карьеру (справа: 63,4% относительно 57,7%, $p=0,001$; слева: 56,1% относительно 50,1%, $p=0,001$). При этом у действующих спортсменок выявлено ограничение амплитуды активных движений в правом (ведущем бросковом) плечевом суставе (угол сгибания – 174° против 176° во 2-й группе; угол отведения – 172° против 174° соответственно) при сохранении нормальных показателей с левой стороны (180°), что отражает специфическую адаптацию к тренировочным нагрузкам, в то время как у завершивших карьеру данные показатели демонстрируют обратную динамику, свидетельствуя о процессах детренированности.

2. У девушек-гандболисток системная гемодинамика характеризуется относительной стабильностью как на этапе активной спортивной деятельности, так и после её завершения, с преобладанием у действующих спортсменок парасимпатической регуляции в 65,2 % случаев и экономизацией работы сердца (высокий коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы в 52,2 % случаев). Выявленное у девушек-гандболисток (спортсменок) значимое повышение диастолического давления на правой руке (77,0 мм рт. ст. [72,0; 91,0] относительно слева 70,5 мм рт. ст. [66,0; 80,0], $p=0,05$) и среднего гемодинамического давления (91,0 мм рт. ст. [86,3; 102,3] относительно слева 86,3 мм рт. ст. [80,3; 94,3], $p=0,05$) отражает локальную сосудистую адаптацию к бросковым нагрузкам.

3. Установлена выраженная локальная специфика периферического кровообращения верхних конечностей в состоянии оперативного покоя у девушек

– спортсменок на стороне ведущей руки: повышение тонуса крупных артерий (модуль упругости – 13,1% [11,8; 15,9] относительно 11,4% [8,72; 14,03] у завершивших спортивную карьеру, $p=0,028$), снижение тонуса прекапиллярного русла (дикротический индекс в сегменте «предплечье» – 30,0% [25,47; 44,5] при норме 35-45%) и признаки функционального венозного застоя (венозный отток в сегменте «плечо» справа – 6,0% [2,0; 19,0]), что отражает гетерогенность сосудистых адаптаций. В группе девушек-гандболисток, завершивших карьеру, локальные изменения регрессируют, проявляясь в снижении кровотока (реографический индекс слева в сегменте «предплечье» – 2,10 у.е. [1,56; 2,76] относительно 1,80 у.е. [1,23; 2,46] у действующих спортсменок; справа 2,06 у.е. [1,49; 2,65] относительно 1,28 у.е. [0,87; 1,81] у действующих спортсменок) и обуславливая процессы детренированности. Таким образом, центральные регуляторные механизмы кровообращения остаются устойчивыми в постспортивном периоде, тогда как периферические сосудистые перестройки, связанные с доминирующей рукой, являются наиболее лабильными и первыми утрачиваются при прекращении систематических спортивных нагрузок.

4. Установлена латеральная типология срочных адаптивных реакций периферического кровообращения в регионе «плечо-предплечье». У действующих спортсменок на фоне ортостатической пробы формируется совершенный тип сосудистой регуляции с согласованным снижением пульсового кровенаполнения (коэффициент сдвига на нагрузку по реографическому индексу: от -0,72 до -0,26 у.е. справа и от -0,42 до -0,15 у.е. слева) и отрицательной направленностью сдвига по дикротическому индексу ($KCH = -0,21$; [-0,63; -0,22]), отражающей уменьшение выраженности отражённой волны, что свидетельствует о благоприятной сосудистой реакции. У завершивших спортивную карьеру выявлен дезадаптивный тип с сегментарно неоднородной реактивностью (положительная направленность сдвига по дикротическому индексу – $KCH = 0,14$; [-0,09; 0,32], избыточный рост модуля упругости до 16,83% в 18,2% случаев, снижение коэффициента венозного оттока с 89,3% до 86,15% в сегменте «плечо» слева), что указывает на напряжённость регуляторных механизмов, менее экономичную

стабилизацию периферической гемодинамики и повышение физиологической «цены» регуляторных механизмов.

5. Выявлена межсистемная сопряженность между показателями периферического кровообращения и амплитудными характеристиками активных движений плечевого сустава. У действующих спортсменов преобладают положительные корреляционные связи коэффициентов сдвига на статическую нагрузку с амплитудой отведения (КСН по РИ: $r=0,449$; $p=0,032$; КСН по АЧП: $r=0,433$; $p=0,039$; КСН по ДИК: $r=0,518$; $p=0,016$ в сегменте «плечо» слева), что отражает сохранную сосудисто-двигательную адаптацию. У завершивших спортивную карьеру доминируют обратные корреляционные связи (КСН по КВО с амплитудой сгибания справа: $r=-0,430$; $p=0,020$; КСН по РИ справа с амплитудой отведения справа: $r=-0,412$; $p=0,026$), свидетельствующие о снижении сопряженности между двигательным и сосудистым компонентами, особенно в части переменных, характеризующих венозный возврат крови, что подтверждает развитие дезадаптивных изменений на фоне прекращения регулярных спортивных тренировок.

6. Созданная программа компьютерной гониометрии «Артро-Про» на основе искусственных нейронных сетей, обуславливает объективную диагностику активных движений в плечевом суставе. Сравнительный анализ с классической ручной гониометрией показал отсутствие систематической ошибки (средняя разница $-0,62 \pm 0,63^\circ$, 95% пределы согласия от $-4,11$ до $2,87$), что подтверждает возможность взаимозаменяемого использования методов и высокую воспроизводимость результатов. Использование «Артро-Про» в двух тестовых вариантах (без фиксации лопаток и с фиксацией) повышает точность оценки функции собственно плечевого сустава, уменьшает вероятность маскировки функциональных нарушений за счет лопаточных компенсаций и может быть рекомендовано для скрининговой диагностики и мониторинга функционального состояния плечевого сустава у спортсменов и лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, обеспечивая регистрацию минимальных латеральных различий и цифровое хранение динамики гониометрических данных.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Выявленная взаимосвязь между амплитудными характеристиками активных движений в плечевом суставе и показателями периферической гемодинамики в регионе «плечо – предплечье» в покое и на фоне функциональных проб позволяет рекомендовать включение реовазографии в сочетании с объективной гониометрией компьютерной программой «Артро-Про» в систему контроля функционального состояния организма спортсменов для своевременного выявления функциональных нарушений, оценки адаптационных резервов и индивидуализации тренировочных нагрузок.

2. Созданная программа компьютерной гониометрии «Артро-Про» на основе искусственных нейронных сетей повышает чувствительность диагностики к ранним донозологическим нарушениям плечевого сустава по сравнению с классической ручной гониометрией и может быть рекомендована врачам по спортивной медицине, врачам ЛФК и тренерам в качестве неинвазивного скринингового средства объективной количественной оценки активных движений в плечевом суставе, позволяющего регистрировать минимальные латеральные различия, анализировать плече-лопаточный ритм и отслеживать индивидуальную динамику двигательных паттернов в процессе тренировочного цикла и восстановительных мероприятий.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая разработка темы предполагает углублённое изучение физиологических механизмов восстановления регионарного кровообращения, нейромышечной функции и амплитудных характеристик движений плечевого сустава у спортсменов бросковых видов спорта на разных этапах тренировочного цикла, после травм и при завершении карьеры с целью создания персонализированных программ сопровождения в спортивной практике. Приоритетным направлением остаётся расширенная клинико-физиологическая валидация и внедрение программы компьютерной гониометрии «Артро-Про» в диагностику дисфункциональных двигательных паттернов, а также интеграция её данных с показателями реовазографии, биоимпедансометрии и системной гемодинамики для разработки цифровых скрининговых систем объективного контроля различных функциональных нарушений у спортсменов и лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АДД – диастолическое артериальное давление
АДП – пульсовое артериальное давление
АДср – среднее гемодинамическое артериальное давление
АДС – систолическое артериальное давление
«Артро-Про» – программа объективной оценки активных движений в плечевом суставе на основе технологии искусственных нейронных сетей
АЧП – амплитудно-частотный показатель
ВИК – вегетативный индекс Кердо
ВО – венозный отток
ДИА – диастолический индекс
ДИК – дикротический индекс
ДМТ – должная масса тела
ДП – двойное произведение
ДТ – длина тела
ИКС – индекс кистевой силы
ИМТ – индекс массы тела
ИФС – индекс функционального состояния
КВО – коэффициент венозного оттока
КВ_{ССС} – коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы
КСН – коэффициент сдвига на нагрузку
КГ – классическая гониометрия
МПУ – максимальное произвольное усилие
МТ – масса тела
МУ – модуль упругости
РИ – реографический индекс
УФС – уровень физического состояния
ЧД – частота дыхания
ЧСС – частота сердечных сокращений
ВИА – биоэлектрический импедансный анализ
FFMI – индекс безжировой массы тела
FMI – индекс жировой массы
MMI – индекс мышечной массы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амансахедов, А. Методология комплексной подготовки в гандболе: системный анализ биомеханических параметров бросковых действий и энергетических затрат в условиях контактного противодействия / А. Амансахедов // Наука и мировоззрение. – 2026. – Т. 1. – № 71. – С. 109-115.
2. Анализ проявления выносливости у женщин / В. Д. Девяткин, Г. В. Пономарева, П. Н. Самоаев [и др.] // Всемирные студенческие игры: история, современность и тенденции развития: Материалы I Международной научно-практической конференции по физической культуре, спорту и туризму. В 2-х частях, Красноярск, 16–17 сентября 2022 года / Отв. редактор М.А. Ермакова. Том Часть 2. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. – С. 67-71.
3. Анализатор жировой массы Tanita BC601: руководство по эксплуатации. – Tokyo : Tanita Corporation, 2010. – 20 с.
4. Апанасенко Г. Л. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека / Г. Л. Апанасенко – СПб.: Петрополис, 1992. – 123 с.
5. Баевский, Р. Анализ вариабельности сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения / Р. Баевский, А. Черникова //Cardiometry. – 2017. – Т. 10, № 66. – С. 76.
6. Баевский, Р. М. Оценка эффективности профилактических мероприятий на основе измерения адаптационного потенциала системы кровообращения / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, В. К. Вакулин //Здравоохранение Российской Федерации. – 1987. – № 8. – С 6-10.
7. Батанов, И. В. Государственная политика в сфере физической культуры и спорта: вызовы и перспективы / И. В. Батанов // Вестник спортивной науки. – 2024. – № 2. – С. 15-22.
8. Безуглов, Э. Н. Синдром относительного дефицита энергии в спорте : руководство для врачей / Э. Н. Безуглов, Е. М. Барскова, М. С. Шошорина. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2023. – 160 с. – ISBN 978-5-9704-7639-0.

9. Бикмухаметова, Р. С. Коррекция функциональных нарушений периферической гемодинамики и опорно-двигательного аппарата юных легкоатлетов с церебральным параличом / Р. С. Бикмухаметова, Е. С. Стоцкая // Адаптивная физическая культура. – 2022. – Т. 92, № 4. – С. 46-50.
10. Биоимпедансное исследование состава тела населения России / С. Г. Руднев, Н. П. Соболева, С. А. Стерликов [и др.]. – Москва : Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения, 2014. – 493 с. – ISBN 5-94116-018-6.
11. Биоимпедансный анализ в клинической практике / Н. К. Перевощикова, И. А. Селиверстов, С. А. Дракина [и др.] // Мать и дитя в Кузбассе. – 2021. – № 3 (86). – С. 11-20.
12. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д. В. Николаев, А. В. Смирнов, И. Г. Бобринская [и др.]. – Москва : Наука, 2009. – 392 с. – ISBN 978-5-02-036696-1.
13. Блашкевич, А.В. Кинематический анализ движения верхних конечностей в волейболе / А.В. Блашкевич, В.В. Царун, А.Г. Щученко // Актуальные проблемы, современные тенденции развития физической культуры и спорта с учетом реализации национальных проектов: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 12-13 апреля 2022 года. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2022. – С. 591-595.
14. Борисова, О. И. Вегетативная регуляция ритма сердца у спортсменок в макроцикле подготовки / О. И. Борисова // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25, № 1. – С. 40-48.
15. Борисова, О. И. Спорт и репродуктивная система женщин: механизмы долговременной адаптации / О. И. Борисова // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2022. – Т. 108, № 3. – С. 312-320.
16. Быстрая оценка показателей сердечно-сосудистой системы с помощью кардиореспираторных индексов / Е. Н. Мокашева, И. В. Гребенникова, В. А. Земскова [и др.] // Успехи современной биологии. – 2023. – Т. 143, № 2. – С. 144-150.

17. Валеева, Л. В. Оценка финансирования сферы физической культуры и спорта в регионе / Л. В. Валеева // Экономика и социум. – 2025. – № 11-1 (138). – С. 804-808.
18. Валидация видеоассистированного на основе компьютерного зрения гониометрического исследования двигательной функции отведения плечевого сустава / С. А. Демкин, А. А. Малякина, С. А. Ахрамович [и др.] // Гений ортопедии. – 2025. – Т. 31, № 4. – С. 424-432.
19. Вариабельность ритма сердца спортсменов игровых видов спорта, получающих высшее образование, в начале тренировочного сезона / П. Н. Чайников, В. Г. Черкасова, С. В. Муравьев [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2020. – Т. 10, № 2. – С. 81-90.
20. Вариабельность сердечного ритма в ортостатической пробе у лыжников-гонщиков с выраженной исходной ваготонией / А. С. Бахарева, Д. З. Шибкова, П. А. Байгужин [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 4. – С. 30-39.
21. Васенков, Н. В. Динамика состояния физического здоровья и физической подготовленности студентов / Н. В. Васенков // Теория и практика физической культуры. – 2008. – № 5. – С. 91-92.
22. Васин С. Г. Особенности тренировочного процесса женщин с учетом протекания овариально-менструального цикла / С. Г. Васин // Инновационная наука. – 2016. – № 8-3. – С. 114-116.
23. Влияние динамических и статических физических нагрузок на показатели внутрисердечной гемодинамики и физической работоспособности у квалифицированных спортсменов / Н. П. Гарганеева, И. Ф. Таминова, Л. И. Тюкалова [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2015. – Т. 14. – № 5. – С. 60-66.
24. Влияние магистрального лимфодренажа на микролимфоциркуляцию и микрогемоциркуляцию в симметричных областях тела спортсменов / Ф. Б. Литвин, Т. М. Брук, О. П. Примнева [и др.] // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 30-37.

25. Влияние спортивных нагрузок на репродуктивную функцию девушек / Т. Г. Денисова, О. Н. Иванов, А. А. Бадем [и др.] // Наука и спорт: современные тенденции. – 2026. – Т. 14, № 1. – С. 204-212.
26. Водно-электролитный баланс у юных спортсменов / А. С. Самойлов, Н. В. Рылова, А. В. Жолинский [и др.] // Практическая медицина. – 2021. – Т. 19, № 5. – С. 49-53.
27. Возможности компьютерного зрения в скрининге функционального состояния плечевого сустава спортивных гимнастов / С. А. Демкин, А. А. Малякина, С. А. Ахрамович [и др.] // XII Всероссийский конгресс общества кистевых хирургов: Сборник тезисов, Волгоград, 22–24 мая 2025 года. – Нижний Новгород: ООО «Терра Инкогнита НН», 2025. – С. 72-73.
28. Всемирная организация здравоохранения. Ожирение и избыточный вес – Текст : электронный // Информационный бюллетень ВОЗ. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
29. Выборная, К. В. Особенности соматотипологического профиля спортсменок, специализирующихся в хоккее на траве / К. В. Выборная, Д. Б. Никитюк // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 4. – С. 237-244.
30. Гаврилов, А. Е. Развитие детско-юношеского спорта в России. Анализ возможностей государственно-частного партнёрства / А. Е. Гаврилов, И. Б. Чумак, Д. А. Антоненко // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука и социум». – Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Сибирский институт практической психологии, педагогики и социальной работы», 2022. – № XIX. – С. 161-168.
31. Гаврилова, Е. А. Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия: монография / Е. А. Гаврилова. – Москва: Советский спорт, 2007. – 200 с.
32. Гамбурцев, В.А. Гониометрия человеческого тела / В. А. Гамбурцев – М. : Медицина, 1973. – 200 с.
33. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М. : практика, 1999. – 459 с. – ISBN 5-89816-009-4.

34. Голубева, Е. К. Влияние возбудимости симпатических кардиальных центров на вариабельность ритма сердца при ортостазе и антиортостазе у женщин / Е. К. Голубева, Д. А. Скорлупкин, Т. М. Николаева // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 4(30). – С. 61-67.
35. Голубева, Е. К. Периферическая гемодинамика и вариабельность сердечного ритма при постуральных изменениях у студенток / Е. К. Голубева, Д. А. Скорлупкин, А. А. Булынина // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 2(28). – С. 51-58.
36. Гониометрическая оценка состояния опорно-двигательного аппарата студентов / Ю. П. Потехина, Д. Р. Даутов, Д. А. Горячева [и др.] // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2018. – Т. 7. – № 3. – С. 46-50.
37. Динамика состава тела и двигательная активность студенток в процессе прохождения элективных дисциплин по физической культуре и спорту / Э. Г. Лактионова, Л. К. Федякина, Ю. А. Тумасян [и др.] // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 3(157). – С. 191-194.
38. Динамометры кистевые четырех типоразмеров: ДК25, ДК50, ДК100, ДК140 по ТУ 641384284. Паспорт ДК.00.00ПС. – Нижний Тагил: Закрытое акционерное общество «Нижнетагильский медико-инструментальный завод» (ЗАО «НТМИЗ»), 2017. – 17 с.
39. Дискинезия лопатки / Ж. Ю. Пилипсон, Д. О. Ильин, А. Н. Логвинов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2021. – Т. 27, № 4. – С. 145-154.
40. Егорова, М.А. Функциональные пробы. Учебное пособие по курсу «Основам врачебного контроля»/ М. А. Егорова. – Брянск, ФГБОУ СПО «БГУОР», 2013. – 48 с.
41. Еликов, А. В. Зависимость состояния обмена веществ от времени прекращения занятий спортом бывших спортсменов / А. В. Еликов, М. М. Коростелева, Р. А. Ханферьян // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 4. – С. 52-54.

42. Ермолаев, О. Ю. Математическая статистика для психологов : учебник / О. Ю. Ермолаев ; О. Ю. Ермолаев. – 5-е изд. – Москва : Флинта, 2011. – 335 с. – ISBN 978-5-89502-310-5.
43. Ершов, А. Г. Этические проблемы использования нейронной сети в медицинской практике / А. Г. Ершов, А. А. Малякина // Гуманитарные проблемы медицины и здравоохранения. – 2023. – Т. 1, № 2. – С. 24-32.
44. Жердева, Д. А. Влияние физической нагрузки на женский организм / Д. А. Жердева // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук : Национальная конференция с международным участием, Белгород, 18-20 мая 2022 года. Том Часть 18. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 319-324.
45. Загrevский В.И. Биомеханика физических упражнений : учебное пособие / В.И. Загrevский, О.И. Загrevский. – Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2018. – 262 с. – ISBN 978-5-94621-685-2.
46. Закон Волгоградской области от 10 июля 2007 года № 1495-ОД «О физической культуре и спорте в Волгоградской области» (с изменениями и дополнениями). – Текст : электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/819008614>
47. Застарелое повреждение мышц надплечья и вращательной манжеты плеча: клинический кейс миофасциальной транспозиции / О. А. Каплунов, С. А. Демкин, К. Ф. Абдуллаев [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 6. – С. 808-812.
48. Зациорский, В. М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В. М. Зациорский, А. С. Аруин, В. Н. Селуянов // М.: Физкультура и спорт. – 1981. – Т. 143. – С. 96.
49. Зубарева, Е. В. Антропометрический профиль гандболисток высокой квалификации / Е. В. Зубарева, Т. А. Ализар // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2021. – № 3(37). – С. 77-85.

50. Иванова, Г. Е. Методика объективной регистрации движений в плечевом суставе / Г. Е. Иванова, Д. В. Скворцов, С. Н. Кауркин // Вестник восстановительной медицины. – 2014. – № 3(61). – С. 8-13.
51. Ивантер, Э. В. Основы биометрии: введение в статистический анализ биологических явлений и процессов / Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. – Петрозаводск, 1992. – 163 с.
52. Игнатъев, А. А. Педагогические аспекты профилактики травматизма гандболисток на этапах спортивного совершенствования : дис. ... канд. пед.наук / Игнатъев Александр Александрович. – Москва, 2004. – 148 с.
53. Игнатъева, В. Я. Структура подготовленности гандболисток высокой квалификации в соревновательном периоде / В. Я. Игнатъева, И. Г. Гибадуллин, Р. Р. Минабутдинов // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 7. – С. 66-68.
54. Имаметдинова, Г. Р. Алгоритм клинического исследования суставов верхних конечностей (плечевой сустав) / Г. Р. Имаметдинова // РМЖ. – 2016. – Т. 24, № 2. – С. 59-64.
55. Интегральные критерии системообразующих факторов функциональной системы организма спортсменов высокой спортивной квалификации разных видов спорта / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, А.В. Шевцов [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 7-18.
56. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике : Методические рекомендации / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк, С. В. Клочкова [и др.]. – Москва : Спорт, 2018. – 64 с.
57. История развития метода реографии в XX–XXI веках / А. А. Гаранин, А. Е. Рябов, В. А. Дьячков [и др.] // Уральский медицинский журнал. – 2016. – № 6. – С. 16-27.
58. Каленчиц, Т. И. Функциональные нагрузочные пробы: учебно-методическое пособие / Т. И. Каленчиц, Е. В. Рысеев, Ж. В. Антонович. – Минск : БГМУ, 2018. – 36 с.

59. Кальсина, В. В. Особенности периферического кровообращения стрелков с поражением опорно-двигательного аппарата в соревновательном периоде годичного цикла спортивной подготовки / В. В. Кальсина, П. Г. Зайцев // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 1. – С. 67-70.

60. Кальсина, В. В. Оценка функционального состояния биатлонисток высокой квалификации по показателям вариабельности ритма сердца / В. В. Кальсина, О. Н. Кудря, Е. А. Реуцкая // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2021. – № 8(198). – С. 111-118.

61. Кальсина, В. В. Состояние гемодинамики спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата при физических нагрузках разной направленности / В. В. Кальсина, О. Н. Кудря // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 502-511.

62. Капанджи, А. И. Верхняя конечность. Физиология суставов: схемы биомеханики человека с комментариями: [перевод с английского] / А. И. Капанджи – Москва: Эксмо, 2020. – 376 с. – ISBN 978-5-04-113738-0

63. Каримов, Р. И. Влияние физической активности на адаптивные механизмы женского организма / Р. И. Каримов, А. У. Байгиреев // Актуальные исследования. – 2025. – № 48 (283). – С. 71-74.

64. Кастанов, И. С. Влияние физических нагрузок на опорно-двигательный аппарат и функциональное состояние спортсмена / И. С. Кастанов // Развитие и актуальные вопросы современной науки. – 2019. – № 2(21). – С. 46-51.

65. Кашкарова, Д. Р. Влияние физических упражнений на состояние опорно-двигательного аппарата / Д. Р. Кашкарова, И. Ю. Стращенко // Вестник науки. – 2024. – Т. 1, № 5 (74). – С. 674-678.

66. Колчина, Е.Ю. Патогенетические механизмы дезадаптации центральной и периферической гемодинамики при физической нагрузке и методы их коррекции у лиц молодого возраста: дис. ... д-ра биол. наук / Колчина Елена Юрьевна. – Луганск, 2021. – 308 с.

67. Комплекс реографический «РЕО-СПЕКТР». Методические указания МУ011.01.004.000 (26.01.2010). – Иваново: ООО «Нейрософт», 2010. – 64 с.
68. Комплексная подготовленность спортсменов игровых видов спорта: (педагогический и физиологический аспекты): монография / Е. В. Быков, О. В. Балберова, С. С. Жавронков [и др]. – Челябинск : УралГУФК, 2023. – 176 с.
69. Красноперова, Т. В. Функциональные особенности нервно-мышечного аппарата у спортсменов-легкоатлетов с нарушением зрения и интеллектуальными нарушениями / Т. В. Красноперова, И. Г. Иванова, А. С. Гальдикас // Адаптивная физическая культура. – 2021. – Т. 86, № 2. – С. 51-52.
70. Кубарко, А. И. Пульсовые волны. Роль в осуществлении и регуляции гемодинамики. Часть 1. Виды пульсовых волн, происхождение, распространение, регистрация и анализ; связь параметров с работой сердца и гемодинамикой / А. И. Кубарко, И. М. Гуринович // Медицинский журнал. – 2025. – № 1. – С. 32-56.
71. Кудря, О. Н. Оценка функциональной готовности гандболисток ближайшего резерва к соревновательной деятельности по показателям вариабельности ритма сердца / О. Н. Кудря, А. Ю. Асеева // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 15-22.
72. Кудря, О. Н. Состояние регионарного кровообращения у женщин зрелого возраста с разным типом вегетативной регуляции / О. Н. Кудря, Т. А. Панченкова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2024. – Т. 257, № 1. – С. 131-135.
73. Кудря, О. Н. Физиологические механизмы повышения физической работоспособности спортсменов при использовании транскраниальной электростимуляции / О. Н. Кудря, Е. А. Руль // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № S2. – С. 54-60.
74. Кузьмина, К. В. Влияние фаз менструального цикла на физическую работоспособность у девушек Тюменского ГМУ с различным уровнем привычной двигательной активности / К. В. Кузьмина, К. А. Буракова // Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной, клинической медицины и фармации :

Материалы 53-й ежегодной Всероссийской конференции студентов и молодых ученых, посвященной 90-летию Бышевского Анатолия Шулимовича, Тюмень, 27-28 марта 2019 года. – Тюмень: РИЦ «Айвекс», 2019. – С. 348.

75. Кулакова, Т. Б. Изменение региональной вегетативной реактивности у лиц с асимметрией артериального давления / Т. Б. Кулакова, В. С. Никольский // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2012. – № 1. – С. 82-83.

76. Кулакова, Т. Б. Латерализация артериального давления у лиц молодого возраста при проведении функциональных нагрузочных проб / Т. Б. Кулакова, В. С. Никольский // Кубанский научный медицинский вестник. – 2011. – № 6(129). – С. 83-87.

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

78. Кумаритов, А. В. Адаптация организма спортсмена к высоким физическим нагрузкам / А. В. Кумаритов // Вестник науки. – 2023. – Т. 3. – № 12 (69). – С. 1215-1222.

79. Купцов, Е. И. К вопросу о гармонизации законодательства в сфере физической культуры и спорта и в сфере образования / Е. И. Купцов, И. Н. Букаева // Спорт - дорога к миру между народами : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Москва, 26–28 октября 2022 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», 2022. – С. 126-129.

80. Ленькова, С. А. Стандартизация методики измерения латентного времени вызванного сокращения мышц верхних и нижних конечностей у спортсменов / С. А. Ленькова, Ю. П. Салова, А. Е. Аксельрод // Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т. 12, № 3(46). – С. 23-31.

81. Лубышева, Л. И. Гармонизация законодательства о спортивной подготовке и сферы образования: особенности переходного периода / Л. И. Лубышева // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 2. – С. 107-107.

82. Лысенко, Е. А. Механизмы увеличения мышечной массы и силы при регулярных силовых тренировках / Е. А. Лысенко, О. Л. Виноградова, Д. В. Попов // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2021. – Т. 107, № 6-7. – С. 755-772.

83. Маджаров, А. П. Оценка кинематических параметров движения в гандболе / А. П. Маджаров, К. К. Бондаренко // Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики : сборник научных статей 2-ой Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти ректора ВГИФК Владимира Ивановича Сысоева, Воронеж, 23–24 октября 2019 года. – Воронеж: ООО «Ритм», 2019. – С. 325-328.

84. Спортивная медицина: национальное руководство /под ред. Б. А. Поляева, Г. А. Макаровой, С. А. Парастаева. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 880 с. : ил. – (Серия «Национальные руководства»). – DOI: 10.33029/9704-6657-5-SPM-2022-1-880. - ISBN 978-5-9704-6657-5

85. Мальцев, В. П. Особенности межсистемных взаимодействий показателей физиологических систем организма студентов с разным типом вегетативной регуляции / В. П. Мальцев, А. А. Говорухина, О. А. Мальков // Acta biomedica scientifica. – 2023. – Т. 8, № 4. – С. 207-219.

86. Малякина, А. А. Особенности регионарной гемодинамики у девушек-гандболисток на фоне выполнения ортостатической пробы / А. А. Малякина, Г. А. Севрюкова // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2026. – Т.23, №1. – С.166-173.

87. Малякина, А. А. Совершенствование методов гониометрии плечевого сустава в спортивной травматологии с применением программы «Артро-про» на основе технологии искусственных нейронных сетей / А. А. Малякина, С. А. Демкин, С. А. Ахрамович // СпортМед-2023 : Сборник тезисов работ участников: XVIII Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений , Десятой научно-практической конференции (ФМБА России), XVI Международной научной конференции молодых ученых, Москва, 07-08 декабря 2023 года. – Москва:

Российская ассоциация по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов, 2023. – С. 130-131.

88. Малякина, А. А. Совершенствование скрининговой оценки функционального состояния плечевого сустава спортсменов с использованием программы «Артро-про» / А. А. Малякина // Аспирантские чтения : Сборник статей Научно-практической конференции для аспирантов и соискателей, Волгоград, 23 апреля 2024 года. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2024. – С. 45-48.

89. Малякина, А. А. Характеристика периферического кровообращения верхних конечностей у девушек-гандболисток / А. А. Малякина, Г. А. Севрюкова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9, № S1(35).

90. Мартинчик, А. Н. Питание человека: (Основы нутрициологии) / А. Н. Мартинчик, И. В. Маев, А. Б. Петухов. – Москва : Всероссийский учебно-научно-методический центр по непрерывному медицинскому и фармацевтическому образованию, 2002. – 576 с.

91. Мартиросов, Э. Г. Технологии и методы определения состава тела человека / Э. Г. Мартиросов, Д. В. Николаев, С. Г. Руднев. – Москва : Федеральное государственное унитарное предприятие "Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука», 2006. – 248 с. – ISBN 5-02-035624-7.

92. Масленникова, О. М. Особенности липидного спектра и гормонального профиля у спортсменов / О. М. Масленникова, С. Д. Мегерян, Т. А. Резниченко // CardioСоматика. – 2013. – № S1. – С. 66-66.

93. Междисциплинарный подход в восстановлении профессиональных спортсменов с хронической нестабильностью плечевого сустава / С. А. Демкин, А. А. Малякина, О. В. Акифьев [и др.] // XII Всероссийский съезд травматологов-ортопедов : Сборник тезисов, Москва, 01-03 декабря 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2022. – С. 262-263.

94. Молчанова, Е. С. Влияние физических упражнений на мышцы и скелет / Е. С. Молчанова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В. Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16-17 мая 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2023. – С. 365-369.

95. Наследов, А. Д. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных / А. Д. Наследов. – Санкт-Петербург : Питер, 2013. – 416 с. – ISBN 978-5-496-00107-6.

96. Николаева, Т. М. Влияние физической нагрузки на вариабельность сердечного ритма при умственной деятельности в зависимости от реактивности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы / Т. М. Николаева, Е. К. Голубева // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7, № 2(23). – С. 159-166.

97. Николаева, Т. М. Особенности периферической гемодинамики и когнитивных способностей человека при динамической физической нагрузке нарастающей мощности / Т. М. Николаева, Е. К. Голубева // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 6. – С. 147-147.

98. Орельская, С.А. Оценка биомеханических параметров движения в волейболе / С.А. Орельская, К.К. Бондаренко // Физическое воспитание молодежи и студенческий спорт в современном обществе: проблемы и перспективы развития, подготовка спортивного резерва : Сборник статей по материалам Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Йошкар-Ола, 17 ноября 2023 года. – Йошкар-Ола: АНО ВО «Межрегиональный открытый социальный институт», 2023. – С. 115-119.

99. Особенности вариабельности ритма сердца и вегетативной реактивности на функциональные пробы у высококвалифицированных спортсменов / О. В. Калабин, Ф. Б. Литвин, Л. В. Масальцева [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25, № S2. – С. 13-22.

100. Особенности variability ритма сердца и вегетативной реакции на ортопробу у волейболисток высокой квалификации / О. В. Калабин, Ф. Б. Литвин, С. А. Молчанов [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 2(28). – С. 90-92.

101. Особенности функционирования микроциркуляторного русла в симметричных областях верхних конечностей у шорт трековиков разного уровня мастерства / Ф. Б. Литвин, Д. Б. Никитюк, Ю. И. Локтионова [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 22–33.

102. Оценка переходных процессов гемодинамики спортсменов при ортопробе на основании анализа спектральных характеристик / А. А. Плетнев, Е. В. Быков, Н. Г. Зинунова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.

103. Оценка состава тела баскетболистов методами антропометрии и биоимпедансометрии – сравнение результатов расчетной и двух аппаратных методик / К. В. Выборная, М. М. Семенов, Р. М. Раджабкадиев [и др.] // Медицинский алфавит. – 2023. – № 29. – С. 33-40.

104. Павлова, А. Н. Проблемы системы детско-юношеского спорта в России и за рубежом / А. Н. Павлова // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2021. – № 4(38). – С. 56-63.

105. Панченкова, Т. А. Функциональное состояние кардиореспираторной системы женщин зрелого возраста с разным типом вегетативной регуляции / Т. А. Панченкова, О. Н. Кудря // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 1(26). – С. 151-159.

106. Патент № 2836777 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/103, G16Н 30/40, G06Т 3/00. Способ оценки функционального состояния плечевого сустава : заявл. 05.03.2024 : опубл. 21.03.2025 / С. А. Демкин, С. А. Ахрамович, А. А. Малякина.

107. Патент № 2845516 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/11, А61В 6/02. Способ измерения отведения в плечевом суставе с помощью рентгенографии :

заявл. 02.12.2024 : опубл. 21.08.2025 / С. А. Демкин, С. А. Ахрамович, А. А. Малякина [и др.].

108. Пирогова, Е. А. Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека / Е. А. Пирогова, Л. Я. Иващенко, Н. П. Стратко // Киев: Здоровье. – 1986. – Т. 986. – С. 152.

109. Письмо Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 05.05.2012 № 14-3/10/1-2819 «Об утверждении методических рекомендаций «Оказание медицинской помощи взрослому населению в Центрах здоровья» : приложение «Регламент работы и вопросы организации деятельности центров здоровья» : разд. 1.7 «Динамометрия. Силовой индекс» – Текст : электронный // Информационно-правовой портал «Гарант.ру». – URL: <https://base.garant.ru/70174598/>

110. Погодина, С. В. Систематизация хронобиологических критериев адаптации профессиональных спортсменов разного возраста / С. В. Погодина, В. Е. Саядян // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. – 2025. – Т. 11 (77) № 4. – С. 144-155.

111. Полещук, Н. К. Основы гониометрической практики : учеб. пособие для студентов фак. физ. культуры вузов / Н. К. Полещук ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Карел. гос. пед. ун-т». – Петрозаводск : ГОУВПО «КГПУ», 2004. – 191 с. – ISBN 5-900225-96-8.

112. Портнова, Е. А. Реовазография с точки зрения биофизики / Е. А. Портнова // Физика и медицина: создавая будущее : сборник материалов, Самара, 15 декабря 2017 года. – Самара: НИЦ L Journal, 2017. – С. 44-46.

113. Постановление Администрации Волгоградской области от 23.01.2025 № 15-п «О внесении изменений в государственную программу Волгоградской области «Развитие физической культуры и спорта в Волгоградской области»». – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3400202501270005?index=1>

114. Постановление Администрации Волгоградской области от 28.01.2026 № 33-п «О внесении изменений в постановление Администрации Волгоградской области от 25.04.2018 № 189-п «Об утверждении государственной программы Волгоградской области «Развитие физической культуры и спорта в Волгоградской области». – Текст: электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3400202601290004?index=1>

115. Приказ комитета физической культуры и спорта Волгоградской области, комитета образования, науки и молодежной политики Волгоградской области, комитета здравоохранения Волгоградской области, комитета строительства Волгоградской области от 13.04.2022 № 412/36/40н/1321ОД «Об утверждении Программы развития детскоюношеского спорта Волгоградской области до 2030 года». – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов – URL: <https://docs.cntd.ru/document/406007311/titles/2EE06HK>

116. Приказ Минздрава России от 23.10.2020 № 1144н (ред. от 26.09.2023) «Об утверждении порядка организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра...». – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370001/

117. Приказ ФМБА России от 08.09.2023 № 178 «Об утверждении порядка медико-биологического обеспечения спортсменов». – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310030004>

118. Пустошило, П. В. Стратегические ориентиры развития системы воспроизводства кадров спортивной отрасли / П. В. Пустошило, Е. В. Быстрицкая, Л. С. Golотова // Известия Российской академии образования. – 2025. – № 3 (71). – С. 62-78.

119. Распоряжение Правительства РФ от 24 ноября 2020 г. № 3081р «Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской

Федерации на период до 2030 года» (в ред. от 17.12.2024). – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_369118/

120. Распоряжение Правительства РФ от 28 декабря 2021 г. № 3894-р «Об утверждении Концепции развития детско-юношеского спорта в Российской Федерации до 2030 года и плана мероприятий по ее реализации» (в ред. от 15.02.2025). – Текст : электронный // КонсультантПлюс – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_407364

121. Реброва, Н. П. Социально-экономическое развитие региона: вовлечение молодежи в занятия физической культурой и спортом / Н.П. Реброва, Т. В. Ивашкевич, Е. А. Лунева // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 7. – С. 3549-3564.

122. Реуцкая, Е. А. Критерии оценки вегетативного обеспечения специфической физической нагрузки у лыжников-гонщиков / Е. А. Реуцкая, И. А. Кузнецова, О. Н. Кудря // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2022. – № 10(212). – С. 368-372.

123. Ростомеры медицинские РМ : руководство по эксплуатации. – Тула: Тулиновский приборостроительный завод «ТВЕС», 2022. – 25 с.

124. Савинков, Е. О. Нормативные основы физического развития и физической подготовленности гандболисток различного игрового амплуа на возрастных этапах : дисс. ... канд. пед. наук / Савинков Евгений Олегович. – Москва, 2003. – 176 с.

125. Салова, Ю. П. Функциональное состояние периферической части нервно-мышечного аппарата квалифицированных лыжников-гонщиков / Ю. П. Салова, С. А. Ленкова, О. М. Куликова // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7, № 4(25). – С. 154-161.

126. Самсонов, И. И. Спортивная подготовка в условиях гармонизации законодательства: отрасль физической культуры и спорта или образования / И. И. Самсонов // Спорт: экономика, право, управление. – 2023. – № 3. – С. 33-37.

127. Светличкина, А. А. Морфофункциональные изменения сердечно-сосудистой системы у спортсменов, занимающихся греблей на байдарках и каноэ

/ А. А. Светличкина, А.В. Доронцев //Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2016. – № 11 (141). – С. 168-172.

128. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024625674 Российская Федерация. База данных анализа амплитуды отведения плечевого сустава: № 2024625477 : заявл. 19.11.2024 : опубл. 03.12.2024 / С. А. Демкин, С. А. Ахрамович, А. А. Малякина [и др.].

129. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2026620070 Российская Федерация. Анализ функционального состояния плечевого сустава под нагрузкой у спортсменов гандболистов : заявл. 05.11.2025 : опубл. 13.01.2026 / С. А. Демкин, А. А. Малякина, А. В. Сидоричев. – EDN IFVEEW.

130. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667718 Российская Федерация. Артро-Про : № 2023666995 : заявл. 07.08.2023 : опубл. 17.08.2023 / А. А. Малякина, С. А. Демкин, С. А. Ахрамович.

131. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025696161 Российская Федерация. Joint Mobility Scanner v.1.0 : заявл. 07.11.2025 : опубл. 16.12.2025 / С. А. Демкин, А. А. Малякина.

132. Сейсебаев, В. К. Особенности женского организма при построении тренировочного процесса / В.К. Сейсебаев, К. Ю. Зимина, М. С. Демкин // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2024. – № 2 (228). – С. 166-169.

133. Сидоренко, Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко ; Е. В. Сидоренко. – Санкт-Петербург : Речь, 2007. – 349 с. – ISBN 5-9268-0010-2.

134. Скорлупкин, Д. А. Гендерные особенности периферической гемодинамики у студентов / Д. А. Скорлупкин, Е. К. Голубева // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 475-483.

135. Скорлупкин, Д. А. Гендерные различия регуляции сердечного ритма при поструральных изменениях у лиц молодого возраста / Д. А. Скорлупкин, Е. К. Голубева, Т. М. Николаева // Образовательный вестник «Сознание». – 2025. – Т. 27, № 5. – С. 4-11.

136. Совершенствование методов гониометрии плечевого сустава с применением программы «Артро-Про» на основе технологии искусственных нейронных сетей / С. А. Демкин, А. А. Малякина, Е. Г. Вершинин [и др.] // Приоровские чтения 2023 : Сборник работ X Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию академика Волкова М.В., и Конференции молодых учёных, Москва, 15-16 декабря 2023 года. – Москва: ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова» Минздрава России, издательство ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, 2023. – С. 57-61.

137. Современные представления о физиологических и морфологических особенностях адаптации организма спортсменов к занятиям тяжелоатлетическими упражнениями / Ю. В. Корягина, С. В. Нопин, С.М. Абуталимова [и др.]. – Текст: электронный // Спортивная медицина: наука и практика. – 2021. – Т. 5. – № 1 (14). – С. 109-126. – URL: <https://svbskfmba.ru/arkhiv-nomerov/2021-1/koryagina12021>

138. Солодков, А. С. Физиология спорта: функциональные состояния спортсменов и способы их восстановления / А. С. Солодков; Министерство спорта Российской Федерации, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2015. – 94 с. – EDN VCXKMY.

139. Состояние регионального кровообращения у спортсменов высокой квалификации / Е. Ю. Дратцев, А. Д. Викулов, А. А. Мельников [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2008. – № 3. – С. 32-35.

140. Сравнительная характеристика влияния упражнений различных видов спорта на центральную нервную систему студентов / М. А. Овсянникова, Е. Е. Биндусов, Е. А. Янкина [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 42-48.

141. Сравнительный анализ микроциркуляторных реакций на физическую нагрузку у баскетболистов / Ф. Б. Литвин, К. А. Кротова, В. Я. Жигало [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 1(26).

142. Стародубцев, М. П. Медико-биологическое обеспечение как фактор повышения эффективности спортивной подготовки / М. П. Стародубцев // Ученые записки университета имени ПФ Лесгафта. – 2026. – № 3. – С. 181-188.

143. Табаков, А. И. Показатели скоростной и скоростно-силовой подготовленности гандболисток разного возраста в соревновательном периоде / А. И. Табаков, В. Н. Коновалов, Е. А. Реуцкая // Наука и спорт: современные тенденции. – 2025. – Т. 13, № 2(50). – С. 155-160.

144. Тишутин, Н. А. Анализ состояния и реактивности гемодинамических показателей у спортсменов в ответ на дозированную физическую нагрузку / Н. А. Тишутин, О. Н. Малах, Т. Ю. Крестьянинова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Е. Педагогические науки. – 2020. – № 7. – С. 141-145.

145. Тутельян, В. А. Здоровое питание – основа здорового образа жизни и профилактики хронических неинфекционных заболеваний / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк, Х. Х. Шарафетдинов // Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы. Том 3. – Москва : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2019. – С. 203-227.

146. Хорькова, А. С. Морфофункциональные особенности адаптации женского организма к физическим нагрузкам / А. С. Хорькова // Вестник Югорского государственного университета. – 2016. – № 1 (40). – С. 204-208.

147. Черкасова, А. В. Адаптация женского организма к физическим нагрузкам различной интенсивности / А. В. Черкасова // Физическая культура и спорт в современных условиях : материалы конференции. – Минск : БГУ, 2021. – С. 188-191.

148. Шамилевна, А. А. Ретестовая надежность кистевой динамометрии для измерения максимальной произвольной силы / А. А. Шамилевна, Ф. А. Мавлиев, А. С. Назаренко // Журнал медико-биологических исследований. – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 278-284.

149. Шафикова, Л. Р. Физиологические особенности долговременной адаптации организма акробатов к скоростно-силовым спортивным нагрузкам : дис. ... канд. биол. наук / Шафикова Лиля Рафаиловна. – Челябинск, 2006. – 123 с.
150. Шаханова, А. В. Здоровьесберегающий потенциал образования / А. В. Шаханова, Т. В. Челышкова, Н. Н. Хасанова. – Майкоп : «Аякс», 2008. – 150 с. – ISBN 978-5-91427-005-3.
151. Шаханова, А. В. Образование и здоровье: физиологические аспекты / А. В. Шаханова, Т. В. Глазун. – Майкоп : Адыгейский государственный университет, 2008. – 206 с.
152. Шахлина Л. Медико-биологические основы спортивной подготовки женщин в современном спорте высших достижений / Л. Шахлина // Теория и методика физического воспитания в спорте. – 2020. – № 2. – С. 95-104.
153. Шевко, Н. Б. Анализ динамики основных биоимпедансных показателей состава тела спортсменов / Н. Б. Шевко // Проблемы здоровья и экологии. – 2007. – № 2. – С. 101-105.
154. Щученко, А.Г. Биомеханика движений верхних конечностей при выполнении волейбольной подачи в прыжке / А.Г. Щученко, К.К. Бондаренко // Современные векторы прикладных исследований в сфере физической культуры и спорта : сборник статей III Международной научно-практической конференции для молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов. – Воронеж: Издательство «РИТМ», 2022. – С. 431-437.
155. Эсенов, О. А. Сравнительный анализ морфофункциональных качеств баскетболистов и гандболистов / О.А. Эсенов, Ч.А. Сылапов // Проблемы науки. – 2024. – № 2(83). – С. 25-30.
156. Этапный контроль физической подготовленности гандболисток ближайшего резерва в соревновательном периоде / А. И. Табаков, В. Н. Коновалов, М. В. Романенко [и др.]// Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т. 12, № S2(47). – С. 163-169.

157. A systematic review of the biomechanical studies on shoulder kinematics in overhead sporting motions: types of analysis and approaches / Y. Ramasamy, J. Usman, R. Razman [et al.] // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13, № 16. – P. 9463.
158. Acute effects of a static vs. a dynamic stretching warm-up on repeated-sprint performance in female handball players / P. Zmijewski, P. Lipinska, A. Czajkowska [et al.] // *Journal of human kinetics*. – 2020. – Vol. 72. – P. 161.
159. An examination of training load, match activities, and health problems in Norwegian youth elite handball players over one competitive season / C. T. Bjørndal, L. K. Bache-Mathiesen, S. Gjesdal [et al.] // *Frontiers in Sports and Active Living*. – 2021. – Vol. 3. – P. 635103.
160. Arslan, E. The effect of menstrual cycle phase changes on error scores in sportive movements in female athletes / E. Arslan, S. Ercan // *The Physician and Sportsmedicine*. – 2025. – Vol. 53, № 5. – P. 376-382.
161. Artificial intelligence in sports biomechanics: A scoping review on wearable technology, motion analysis, and injury prevention / M. Souaifi, W. Dhahbi, N. Jebabli [et al.] // *Bioengineering*. – 2025. – Vol. 12, № 8. – P. 887.
162. Asker, M. Risk factors for, and prevention of, shoulder injuries in overhead sports: a systematic review with best-evidence synthesis / M. Asker, H. L. Brooke, M. Waldén [et al.] // *British journal of sports medicine*. – 2018. – Vol. 52, № 20. – P. 1312-1319.
163. Bakshi, N. The overhead athletes shoulder / N. Bakshi, M. T. Freehill // *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. – 2018. – Vol. 26. – № 3. – P. 88-94.
164. Bishop, C. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review / C. Bishop, A. Turner, P. Read // *Journal of sports sciences*. – 2018. – Vol. 36, № 10. – P. 1135-1144.
165. Bland, J. M. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement / J. M. Bland, D. G. Altman // *Lancet*. – 1986. – Vol. 1, №. 8476. – P. 307-310.

166. Camera-based mobile applications for movement screening in healthy adults: a systematic review / I. El-Rajab, T. J. Klotzbier, H. Korbus [et al.] // *Frontiers in Sports and Active Living*. – 2025. – Vol. 7. – P. 1531050.
167. Cardiopulmonary Index of Organism Adaptation to Low Physical Exercises of Increasing Power / S. V. Kupriyanov, S. V. Bochkarev, L. M. Semenova [et al.] // *Electronic Journal of General Medicine*. – 2020 – Vol. 17 – P. 244.
168. Cardiovascular response to postural perturbations of different intensities in healthy young adults / P. Siedlecki, J. K. Shoemaker, T. D. Ivanova [et al.] // *Physiological Reports*. – 2022. – Vol. 10, № 9. – P. 15299
169. Circadian rhythm of double (rate-pressure) product in healthy normotensive young subjects / R. C. Hermida, J. R. Fernandez, D. E. Ayala [et al.] // *Chronobiology international*. – 2001. – Vol. 18, № 3. – P. 475-489.
170. Differences in left ventricular function at rest and during isometric handgrip exercise in elite aquatic sport athletes / A. M. Coates, C. P. Cheung, K. D. Currie [et al.] // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 2022. – Vol. 54, № 3. – P. 507-516.
171. Fat-free mass index in users and nonusers of anabolic-androgenic steroids / E. M. Kouri, H. G. Pope, D. L. Katz [et al.] // *Clinical journal of sport medicine*. – 1995. – Vol. 5, № 4. – P. 223-228.
172. Female athletes and the menstrual cycle in team sports: current state of play and considerations for future research / K. Vogel, B. Larsen, C. McLellan [et al.] // *Sports*. – 2023. – Vol. 12, № 1. – P. 4.
173. From wearables to ai: a systematic review of digital technologies for injury prevention and management in team sports / N. Bennani Mechita, H. Gadiri, Y. Sarboute [et al.] // *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*. – 2025. – Vol. 40, № 2. – P. 113-122.
174. Gault, M. The menstrual cycle: A look back on the understanding and its impact on athletic performance / M. Gault, K. Smith // *ACSM'S Health & Fitness Journal*. – 2023. – Vol. 27, № 5. – P. 6-10.
175. Haemodynamic advantage of the Valsalva manoeuvre during heavy resistance training / L. O. Hughes, M. E. Heber, A. Lahiri [et al.] // *European Heart Journal*. – 1989. – Vol. 10, № 10. – P. 896-902.

176. Heart rate recovery after orthostatic challenge and cardiopulmonary exercise testing in older individuals: prospective multicentre observational cohort study / A. James, D. Bruce, N. Tetlow [et al.] // *BJA open*. – 2023. – Vol. 8. – P. 100238.

177. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status / T. B. VanItallie, M. U. Yang, S. B. Heymsfield [et al.] // *The American journal of clinical nutrition*. – 1990. – Vol. 52, № 6. – P. 953-959.

178. Hormonal Variation in Premenopausal Female Athletes Is Associated With Risk Factors for Shoulder Instability: A Systematic Review / R. N. Siddiqui, S. E. Randall, P. Terle [et al.] // *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*. – 2025. – Vol. 7, № 6. – P. 101285.

179. Influence of Menstrual Cycle Phases on Muscle Activation in Women: A Systematic Review / A. Pérez-Paredes, E. Armada-Cortés, V. Cuadrado-Peñafiel [et al.] // *Appl. Sci*. – 2026. – Vol. 16. – P. 2579.

180. Influence of regular exercise training on post-exercise hemodynamic regulation to orthostatic challenge / J. Sugawara, H. Komine, T. Miyazawa [et al.] // *Frontiers in physiology*. – 2014. – Vol. 5. – P. 229.

181. Jamieson, C. G. A clinical evaluation of impedance rheography in peripheral arterial disease / C. G. Jamieson., C. L. Thomson, J. L .Provan // *Surgery, Gynecology & Obstetrics*. – 1978. – Vol. 146, № 2. – P. 173-176.

182. Joint hypermobility and sport: a review of advantages and disadvantages / C. BaezaVelasco, M.C. GélyNargeot, G. Pailhez, [et al.] // *Current Sports Medicine Reports*. – 2013. – Vol. 12, № 5. — P. 291–295.

183. Lee, J. Proximal Effects of Blood Flow Restriction on Shoulder Muscle Function and Discomfort During Low-Intensity Exercise / J. Lee, K. Jung, Y. Lee // *Sports*. – 2025. – Vol. 13, № 10. – P. 354.

184. Lohman, T. G. Advances in body composition assessment. Current issues in exercise science series : monograph / T. G. Lohman. – Champaign, IL : Human Kinetics, 1992. – 150 p. – ISBN 978-0873223315.

185. Low energy availability surrogates correlate with health and performance consequences of relative energy deficiency in sport / K. E. Ackerman, B. Holtzman, K. M. Cooper [et al.] // *British journal of sports medicine*. – 2019. – Vol. 53, № 10. – P. 628-633.
186. Menstrual cycle and sport injuries: a systematic review / N. Martínez-Fortuny, A. Alonso-Calvete, I. Da Cuña-Carrera [et al.] // *International journal of environmental research and public health*. – 2023. – Vol. 20, № 4. – P. 3264.
187. Menstrual dysfunction in adolescent female athletes / V. Calcaterra, M. Vandoni, A. Bianchi [et al.] // *Sports*. – 2024. – Vol. 12. – № 9. – P. 245.
188. Methodological considerations for studies in sport and exercise science with women as participants: a working guide for standards of practice for research on women / K. J. Elliott-Sale, C. L. Minahan, X. A. K. de Jonge [et al.] // *Sports Medicine*. – 2021. – Vol. 51, № 5. – P. 843-861.
189. Mujika, I. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus / I. Mujika, S. Padilla // *Sports medicine*. – 2000. – Vol. 30, № 2. – P. 79-87.
190. Multimodal monitoring of cardiovascular responses to postural changes / A. Mol, A. B. Maier, R. J. van Wezel [et al.] // *Frontiers in physiology*. – 2020. – Vol. 11. – P. 168.
191. Murray, B. Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes / B. Murray, C. Rosenbloom // *Nutrition reviews*. – 2018. – Vol. 76, № 4. – P. 243-259.
192. Muscle activity and scapular kinematics in individuals with multidirectional shoulder instability: a systematic review / V. Spanhove, M. Van Daele, A. Van den Abeele [et al.] // *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. – 2021. – Vol. 64, № 1. – P. 101457.
193. Norkin, C. C. Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry / C. C. Norkin, D. J. White – Philadelphia: F. A. Davis, 2016. – 592 p.
194. Oosthuyse, T. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women / T. Oosthuyse, A. N. Bosch // *Sports medicine*. – 2010. – Vol. 40, № 3. – P. 207-227.

195. Orthostatic-dependent cardiopulmonary responses among trained females during intensity matched resistance exercises in a pilot randomized crossover study / J. Læssing, S. Hochstein, M. Witt [et al.] // *Scientific Reports*. – 2025. – Vol. 15, № 1. – P. 20248.
196. Physical, biochemical, and neuromuscular responses to repeated sprint exercise in eumenorrheic female handball players: effect of menstrual cycle phases / A. Graja, M. Kacem, O. Hammouda [et al.] // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2022. – Vol. 36, № 8. – P. 2268-2276.
197. Physical performance profile of handball players is related to playing position and playing class / K. Krüger, C. Pilat, K. Ückert [et al.] // *The journal of strength & conditioning research*. – 2014. – Vol. 28, № 1. – P. 117-125.
198. Positional differences in elite basketball: Selecting appropriate training-load measures / L. Svilar, J. Castellano, I. Jukić [et al.] // *International journal of sports physiology and performance*. – 2018. – Vol. 13, № 7. – P. 947-952.
199. Reliability of a new hand-held dynamometer in measuring shoulder range of motion and strength / A. Cadogan, M. Laslett, W. Hing [et al.] // *Manual therapy*. – 2011. – Vol. 16, № 1. – P. 97-101.
200. Risk factors for shoulder injuries in female athletes playing overhead sports: a systematic review / M. C. Steele, T. R. Lavorgna, V. K. Ierulli [et al.] // *Sports health*. – 2025. – Vol. 17, № 3. – P. 512-522.
201. Romanchuk, O. Peculiarities of cardio-respiratory relationships in qualified athletes with different types of heart rhythm regulation according to respiratory maneuver data / O. Romanchuk // *Frontiers in Sports and Active Living*. – 2025. – T. 6. – C. 1451643.
202. Rotator cuff training with upper extremity blood flow restriction produces favorable adaptations in division IA collegiate pitchers: a randomized trial / B. S. Lambert, C. Hedt, J. P. Ankersen [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. – 2023. – Vol. 32, № 6. – P. e279-e292.

203. Schutz, Y. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y / Y. Schutz, U. U. Kyle, C. Pichard // *International Journal of Obesity*. – 2002. – Vol. 26, № 7. – P. 953-960.
204. Selim, H. S. A. S. The effect of contrast training on the dimensions of the heart, muscular ability and some complex skills of handball players / H. S. A. S. Selim // *Assiut Journal of Sport Science and Arts*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – P. 120-136.
205. Short-term vascular hemodynamic responses to isometric exercise in young adults and in the elderly / R. Hartog, D. Bolignano, E. Sijbrands [et al.] // *Clinical interventions in aging*. – 2018. – P. 509-514.
206. Shoulder injuries attributed to resistance training: a brief review / M. J. Kolber, K. S. Beekhuizen, M.-S. S. Cheng [et al.] // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2010. – Vol. 24, № 6. – P. 1696-1704.
207. Shoulder injuries in the overhead athlete / K. E. Wilk, P. Obma, C. D. Simpson [et al.] // *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. – Vol. 39(2). – P. 38-54.
208. Shoulder instability in the overhead athlete / S. F. DeFroda, D. Goyal, N. Patel [et al.] // *Current sports medicine reports*. – 2018. – Vol. 17, № 9. – P. 308-314.
209. Sims, S. T. Myths and methodologies: reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases / S. T. Sims, A. K. Heather // *Experimental physiology*. – 2018. – Vol. 103, № 10. – P. 1309-1317.
210. Standard reference values of the upper body posture in healthy middle-aged female adults in Germany / D. Ohlendorf, F. Micke, N. Filmann [et al.] // *Scientific reports*. – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 2359.
211. Stapleton, C. Sonographic evaluation of the subclavian artery during thoracic outlet syndrome shoulder manoeuvres / C. Stapleton, L. Herrington, K. George // *Manual Therapy*. – 2009. – Vol. 14, № 1. – P. 19-27.
212. Teixeira, D. C. The role of scapular dyskinesis on rotator cuff tears: a narrative review of the current knowledge / D. C. Teixeira, L. Alves, M. Gutierrez // *EFORT Open Reviews*. – 2021. – Vol. 6, № 10. – P. 932.

213. The effect of blood flow restriction therapy on shoulder function following shoulder stabilization surgery: a case series / J. H. McGinniss, J. S. Mason, J. B. Morris [et al.] // *International Journal of Sports Physical Therapy*. – 2022. – Vol. 17, № 6. – P. 1144.

214. The effectiveness of blood flow restriction training in optimizing physiological indicators in elite female handball players / D. Tyshchenko, M. Diachenko, V. Tyshchenko [et al.] // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2025. – Vol. 25, № 1. – P. 44-55.

215. The effects of menstrual cycle phase on elite athlete performance: a critical and systematic review / A. Meignié, M. Duclos, C. Carling [et al.] // *Frontiers in physiology*. – 2021. – Vol. 12. – P. 654585.

216. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis / K. L. McNulty, K. J. Elliott-Sale, E. Dolan [et al.] // *Sports medicine*. – 2020. – Vol. 50, № 10. – P. 1813-1827.

217. The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review / M. A. Carmichael, R. L. Thomson, L. J. Moran [et al.] // *International journal of environmental research and public health*. – 2021. – Vol. 18, № 4. – P. 1667.

218. The physical characteristics and performance profiles of female handball players: influence of playing position / B. Haksever, C. Soylu, M. Micoogullari [et al.] // *European Journal of Human Movement*. – 2021. – № 46. – P. 37-49.

219. The prevalence and severity of health problems in youth elite sports : A 6-month prospective cohort study of 320 athletes / C. H. Moseid, G. Myklebust, M. W. Fagerland [et al.] // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. – 2018. – Vol. 28, № 4. – P. 1412-1423.

220. The prevalence of menstrual cycle disorders in female athletes from different sports disciplines: a rapid review / M. Gimunova, A. Paulinyova, M. Bernacikova [et al.] // *International journal of environmental research and public health*. – 2022. – Vol. 19, № 21. – P. 14243.

221. The relationship between change-of-direction performance indicators and inter-limb asymmetries in elite youth female basketball players / J. Arboix-Alió, B. Buscà, M. Peralta-Geis [et al.] // *Journal of Human Kinetics*. – 2025. – Vol. 96, № Spec Issue. – P. 235.

222. The relationship between training load and injury in athletes: a systematic review / T. G. Eckard, D. A. Padua, D. W. Hearn [et al.] // *Sports medicine*. – 2018. – Vol. 48, № 8. – P. 1929-1961.

223. The use of Broca index to assess cut-off points for overweight in adults: a short review / I. Laurent, M. Astère, B. Paul [et al.] // *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. – 2020. – Vol. 21, № 4. – P. 521-526.

224. Training load and structure-specific load: applications for sport injury causality and data analyses / R. O. Nielsen, M. L. Bertelsen, M. Møller [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 52, № 16. – P. 1016-1017.

225. Vaguine, Y. E. KéRDö autonomic index: role of initial parameters, areas, and limitations of the use / Y. E. Vaguine, S. M. Deunezhewa, A. A. Khlytina // *Human Physiology*. – 2021. – Vol. 47, № 1. – P. 23-32.

226. Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application / B.C. Werner, R.E. Holzgreffe, J.W. Griffin [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. – 2014. – Vol. 23, № 11. – P. e275-e282.

227. Wolff, J. The classic: on the inner architecture of bones and its importance for bone growth / J. Wolff // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2010. – Vol. 468, № 4. – P. 1056-1065.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2023667718

Артро-Про

Правообладатели: *Малякина Анастасия Александровна (RU),
Демкин Сергей Анатольевич (RU), Ахрамович Сергей
Алексеевич (RU)*

Авторы: *Малякина Анастасия Александровна (RU), Демкин
Сергей Анатольевич (RU), Ахрамович Сергей Алексеевич
(RU)*



Заявка № **2023666995**
Дата поступления **07 августа 2023 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **17 августа 2023 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 42366a03e1051364b4f96163d75d4aa7
Идентификатор: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 18.08.2021 по 02.08.2024

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2025696161**

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):
2025696161

Дата регистрации: **16.12.2025**

Номер и дата поступления заявки:
2025691555 07.11.2025

Дата публикации и номер бюллетеня:
16.12.2025 Бюл. № 12

Контактные реквизиты:
**Демкин Сергей Анатольевич,
8-909-390-55-04, smdem@mail.ru**

Автор(ы):

Демкин Сергей Анатольевич (RU),

Малякина Анастасия Александровна (RU)

Правообладатель(и):

Демкин Сергей Анатольевич (RU)

Название программы для ЭВМ:

Joint Mobility Scanner v.1.0

Реферат:

Программа предназначена для диагностики и оценки всех суставов опорно-двигательного аппарата пациента. Осуществляется автоматический сбор и анализ гониограммы движения верхних и нижних конечностей человеческого тела по видеоданным в режиме реального времени, используя компьютерное зрение. Программа отслеживает движения рук и ног. Результатом программы является предоставление отчета по заданным параметрам с целью постановки диагноза и разработки коррекционных методик. Тип ЭВМ: МикроЭВМ; ОС: Windows.

Язык программирования: Python

Объем программы для ЭВМ: 692,2 МБ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) RU (11) 2 836 777 (13) C1

(51) МПК
A61B 5/103 (2006.01)
G16H 30/40 (2018.01)
G06T 3/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A61B 5/103 (2024.08); G16H 30/40 (2024.08); G06T 3/00 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024106142, 05.03.2024
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.03.2024
Дата регистрации:
21.03.2025
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.03.2024
(45) Опубликовано: 21.03.2025 Бюл. № 9
Адрес для переписки:
400040, г. Волгоград, ул. Качалова, 63/2,
Корнилова Мария Михайловна

(72) Автор(ы):
Демкин Сергей Анатольевич (RU),
Ахрамович Сергей Алексеевич (RU),
Малякина Анастасия Александровна (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Демкин Сергей Анатольевич (RU),
Ахрамович Сергей Алексеевич (RU),
Малякина Анастасия Александровна (RU)
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2445919 C2, 27.03.2012. RU
2265395 C1, 10.12.2005. EP 2508127 A1,
10.10.2012. Gonzalez Trapote L. et al. Technica
for the examination of the locomotor apparatus.
An. Esp. Pediatr. 1991, Oct; 35 Suppl 45: 37-9.

(54) Способ оценки функционального состояния плечевого сустава
(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно находится на стыке двух специальностей травматологии, ортопедии и восстановительной медицины. Способ оценки функционального состояния плечевого сустава включает компьютерную регистрацию ряда костных ориентиров, программную обработку полученных данных, формирование заключения о функциональных нарушениях, при этом для регистрации ряда костных ориентиров применяется общеизвестный тест дуги Дауборна с фиксацией видеопотоком, производимый

дважды - без прижатия лопаток пациента к стене и с прижатием, обработка видеопотока ведется программой «Артро-Про» в двумерной плоскости, формирование заключения о функциональных нарушениях ведется на основе сопоставления показателей углов в виде графиков. Изобретение обеспечивает возможность выявления ограничения подвижности плечевого сустава и нарушения его функций на ранних стадиях развития заболевания. 3 ил.

RU 2 836 777 C1

RU 2 836 777 C1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ  ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ		(19) RU (11) 2 845 516 (13) C1 (51) МПК A61B 5/11 (2006.01) A61B 6/02 (2006.01)	RU 2 845 516 C 1
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ			
(52) СПК A61B 5/11 (2025.01); A61B 5/1071 (2025.01); A61B 5/1121 (2025.01)			
(21)(22) Заявка: 2024136282, 02.12.2024 (24) Дата начала отсчета срока действия патента: 02.12.2024 Дата регистрации: 21.08.2025 Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 02.12.2024 (45) Опубликовано: 21.08.2025 Бюл. № 24 Адрес для переписки: 400123, Волгоградская обл., г. Волгоград, ул. имени Маршала Еременко, 130, кв. 18, Демкин Сергей Анатольевич		(72) Автор(ы): Демкин Сергей Анатольевич (RU), Ахрамович Сергей Алексеевич (RU), Малякина Анастасия Александровна (RU), Каплунов Олег Анатольевич (RU), Обраменко Ирина Евгеньевна (RU), Слюсарев Даниил Андреевич (RU) (73) Патентообладатель(и): Демкин Сергей Анатольевич (RU), Ахрамович Сергей Алексеевич (RU), Малякина Анастасия Александровна (RU) (56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: МАЛЯКИНА А. А. и др. Совершенствование методов гониометрии плечевого сустава в спортивной травматологии с применением программы "Артро-про" на основе технологии искусственных нейронных сетей, СпортМед- 2023: Сборник тезисов работ участников XVIII Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте (см. прод.)	
(54) Способ измерения отведения в плечевом суставе с помощью рентгенографии (57) Реферат: Изобретение относится к медицине, а именно к рентгенологии, ортопедии. На рентген-аппарате устанавливают шаблон, который имеет вертикальное положение. Выполняют рентгенографию во фронтальной плоскости при свободно свисающей руке вдоль туловища и при максимальном отведении руки. На полученных снимках определяют анатомические точки центра нижнего полюса гленоида и центра головки лучевой кости. В каждом из положений определяют ось ротации плечевого сустава, которая соединяет анатомическую точку центра головки лучевой кости и анатомическую точку нижнего полюса гленоида. Смещают вертикаль шаблона до анатомической точки центра нижнего полюса гленоида. Измеряют угол отведения, который образуется между осью ротации и вертикальной линией измерения угла с помощью цифрового инклинометра. Определяют амплитуду значения между углом отведения в положении свободно свисающей руки вдоль туловища и углом отведения в положении максимального отведения руки. Способ унифицирован, позволяет точно измерить отведение в плечевом суставе за счет определения анатомических точек по данным рентгенографии. 2 ил., 1 пр.			

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2024625674**

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ, ОХРАНЯЕМОЙ
АВТОРСКИМИ ПРАВАМИ**

Номер регистрации (свидетельства):
2024625674

Дата регистрации: 03.12.2024

Номер и дата поступления заявки:
2024625477 19.11.2024

Дата публикации и номер бюллетеня:
03.12.2024 Бюл. № 12

Автор(ы):

Демкин Сергей Анатольевич (RU),
Ахрамович Сергей Алексеевич (RU),
Малякина Анастасия Александровна (RU),
Каплунов Олег Анатольевич (RU),
Обраменко Ирина Евгеньевна (RU),
Слюсарев Даниил Андреевич (RU)

Правообладатель(и):

Демкин Сергей Анатольевич (RU),
Ахрамович Сергей Алексеевич (RU),
Малякина Анастасия Александровна (RU)

Название базы данных:

База данных анализа амплитуды отведения плечевого сустава

Реферат:

База данных содержит показатели измерений у 33 здоровых добровольцев от 18 до 54 лет с помощью ручного гониометра, рентгенологических измерений, компьютерного зрения. По результатам полученных данных амплитуды отведения плечевого сустава были сделаны выводы об ограниченной или неограниченной функции плечевого сустава обеспечивать функционирование и контроль руки. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК. ОС: Windows 10.

Вид и версия системы управления базой данных:

Microsoft Office, Excel 2016

Объем базы данных:

24,3436 КБ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2026620070**

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ, ОХРАНЯЕМОЙ
АВТОРСКИМИ ПРАВАМИ**

Номер регистрации (свидетельства):
2026620070

Дата регистрации: **13.01.2026**

Номер и дата поступления заявки:
2025624856 05.11.2025

Дата публикации и номер бюллетеня:
13.01.2026 Бюл. № 1

Контактные реквизиты:
**Демкин Сергей Анатольевич, тел.
8-909-390-55-04, smdem@mail.ru**

Автор(ы):

Демкин Сергей Анатольевич (RU),

Малякина Анастасия Александровна (RU),

Сидоричев Александр Валентинович (RU)

Правообладатель(и):

Демкин Сергей Анатольевич (RU)

Название базы данных:

Анализ функционального состояния плечевого сустава под нагрузкой у спортсменов гандболистов

Реферат:

Проведен анализ структуры приема 38 спортсменов гандболистов ГАУ ВО ДО «СШ по гандболу «Динамо» за период с 1 февраля 2025 года по 1 июня 2025 года. Учитывали угол отведения правого и левого плечевого суставов, а также их максимальную разницу, угол колебаний оси пояса верхних конечностей без нагрузки, с нагрузкой на правую или левую верхнюю конечность. ОС: Windows 10. Тип ЭВМ: IBM-PC-совместимый компьютер.

Вид и версия системы управления базой данных:

Excel 2016

Объем базы данных:

17 КБ

ПРИЛОЖЕНИЕ В

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ГАУ ДО ВО «СШ по гандболу
«Динамо»



С.И. Варганын

2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной
деятельности ФГБОУ ВО ВолгГМУ
Минздрава России



Д.А.Бабков

2024 г.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

Предмет внедрения: метод оценки функционального состояния опорно-двигательной системы, именуемый «Компьютерная гониография», проводимый аппаратно-программным комплексом «Артро-Про» путем применения машинного зрения на основе технологии искусственных нейронных сетей.

Кем предложен: старшим преподавателем кафедры общественного здоровья и здравоохранения ИОЗ им. Н.П. Григоренко ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, к.м.н., Демкиным Сергеем Анатольевичем, ассистентом кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Малякиной Анастасией Александровной, директором ООО «Мета-Технологии», IT-специалистом, Ахрамовичем Сергеем Алексеевичем.

Источник информации: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023667718

Где и кем внедрено: метод оценки функционального состояния опорно-двигательной системы, проводимый аппаратно-программным комплексом «Артро-Про» внедрен в тренировочный процесс ГАУ ДО ВО «СШ по гандболу «Динамо» сотрудниками ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Цель внедрения: разработка рекомендаций для использования в учебно-тренировочном процессе на основе данных, полученных методом компьютерной гониографии, разработанных на основе технологии искусственных нейронных сетей, для профилактики и снижения травматизма у спортсменов, осваивающих дополнительную образовательную программу спортивной подготовки по виду спорта.

Ответственные за внедрение: старший преподаватель кафедры общественного здоровья и здравоохранения ИОЗ им. Н.П. Григоренко ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, к.м.н., Демкин Сергей Анатольевич, ассистент кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Малякина Анастасия Александровна.

Результаты внедрения: «компьютерная гониография», проводимая с помощью аппаратно-программного комплекса «Артро-Про», систематизировала мониторинг за функциональным состоянием опорно-двигательного аппарата спортсменов.

Эффективность внедрения: «компьютерная гониография», проводимая с помощью аппаратно-программного комплекса «Артро-Про», позволила выявить на ранней стадии нарушения функции опорно-двигательного аппарата спортсменов, которые впоследствии были направлены на дообследование и лечение, что предотвратило более серьезные травмы.

Старший преподаватель кафедры
общественного здоровья и здравоохранения
ИОЗ им. Григоренко
ФГБОУ ВО ВолГМУ
Минздрава России

Ассистент кафедры
медицинской реабилитации
и спортивной медицины
ФГБОУ ВО ВолГМУ
Минздрава России


С.А. Демкин
А.А. Малякина

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по научной
деятельности ФГБОУ ВО ВолгГМУ
Минздрава России

 Д.А. Бабков
2024 г.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

Предмет внедрения: метод оценки функционального состояния опорно-двигательной системы, именуемый «Компьютерная гониография», проводимый аппаратно-программным комплексом «Артро-Про» путем применения машинного зрения на основе технологии искусственных нейронных сетей.

Кем предложен: старшим преподавателем кафедры общественного здоровья и здравоохранения ИОЗ им. Н.П. Григоренко ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, к.м.н., Демкиным Сергеем Анатольевичем, ассистентом кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Малякиной Анастасией Александровной, директором ООО «Мета-Технологии», IT-специалистом, Ахрамовичем Сергеем Алексеевичем.

Источник информации: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023667718, лицензионный договор 01/2024 от 20 февраля 2024 г.

Где и кем внедрено: метод оценки функционального состояния опорно-двигательной системы, проводимый аппаратно-программным комплексом «Артро-Про» внедрен в научно-исследовательский процесс ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России Демкиным С.А. и Малякиной А.А.

Цель внедрения: разработка рекомендаций для использования в учебно-тренировочном процессе на основе данных, полученных методом компьютерной гониографии, разработанных на основе технологии искусственных нейронных сетей, для профилактики и снижения травматизма у спортсменов, осваивающих дополнительную образовательную программу спортивной подготовки по виду спорта.

Ответственные за внедрение: старший преподаватель кафедры общественного здоровья и здравоохранения ИОЗ им. Н.П. Григоренко ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, к.м.н., Демкин Сергей Анатольевич, ассистент кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Малякина Анастасия Александровна.

Результаты внедрения: «компьютерная гониография», проводимая с помощью аппаратно-программного комплекса «Артро-Про», систематизировала мониторинг

за функциональным состоянием опорно-двигательного аппарата пациентов путем объективизации гониометрических показателей в виде графиков.

Эффективность внедрения: «компьютерная гониография», проводимая с помощью аппаратно-программного комплекса «Артро-Про», позволила выявить новые симптомы нарушений функционирования опорно-двигательной системы, обеспечила возможность объективной оценки динамики проводимого реабилитационного лечения.

Старший преподаватель кафедры
общественного здоровья и здравоохранения
ИОЗ им. Григоренко
ФГБОУ ВО ВолГМУ
Минздрава России



С.А. Демкин

Ассистент кафедры
медицинской реабилитации
и спортивной медицины
ФГБОУ ВО ВолГМУ
Минздрава России



А.А. Маликина

Методические рекомендации

1. Организация мероприятий по профилактике нарушений опорно-двигательного аппарата врачей-косметологов: методические рекомендации /Составители: Н.И. Латышевская, Л.А. Давыденко, Е.В. Шестопалова, И.Ю. Крайнова, Г.А. Севрюкова, Е.Г. Вершинин, А.А. Малякина

СОГЛАСОВАНО Главный внештатный специалист по медицинской и лечебной физкультуре комитета здравоохранения Волгоградской области  А.П.Карпов « 27 » <u>февраля</u> 2025г.	УТВЕРЖДАЮ Проректор по научной деятельности Волгоградского государственного медицинского университета  Д.А. Бабков « 25 » <u>марта</u> 2025 г.
--	--

1. Введение.

Одними из наиболее распространенных «болезней цивилизации» являются заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА) и костно-мышечной системы. При этом наиболее часто встречающиеся проявления этих заболеваний – болевой синдром. Почти каждый третий житель Европы жалуется, по крайней мере, на единичные эпизоды мышечной или суставной боли, длящейся три месяца и более. Распространенность боли в области поясницы от общего заболевания позвоночника составляет у мужчин 10.1%, у женщин 8.7%; о хронической боли чаще сообщали женщины (28%), чем мужчины (22%). Боль в шее по результатам эпидемиологических исследований в течение жизни возникает у 22-70% людей. Распространенность боли в шее составляет 4,9% в общей популяции, при этом среди женщин боль в шее встречается чаще (5,8%), чем среди мужчин (4,0%). Рост частоты развития боли в шее начинается после 20 лет и достигает пиковых значений к 45-55 годам. Наиболее часто встречается неспецифическая, скелетно-мышечная боль в шее.

В последние годы в мире наблюдается рост заболеваемости ОДА, что во много связано с низкой физической активностью, стрессом, длительной

2. Эксплуатация программного комплекса Joint mobility scanner v. 1.0:
методические рекомендации /С.А. Демкин, А.А. Малякина, О.А. Каплунов

УДК 796.015.47+611.7]:004.352.4(07)

ББК 75+32.971.32-046.11я73

Д308

Рецензенты:

доцент кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины

ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России заслуженный врач РФ,

канд. мед. наук, доцент *М. П. Лагутин*;

старший врач – травматолог-ортопед отделения травматологии

и ортопедии ФГКУЗ «Главный военный клинический госпиталь

войск национальной гвардии Российской Федерации»

д-р мед. наук *Д. И. Варфоломеев*

Д308 **Демкин, С. А.**

Эксплуатация программного комплекса Joint mobility scanner
v. 1.0 : методические рекомендации / С. А. Демкин, А. А. Малякина,
О. А. Каплунов. – Волгоград : Библиотечно-издательский центр
ВолгГМУ, 2026. – 56 с.

ISBN 978-5-9652-1158-6

Методические рекомендации Joint Mobility Scanner (JM-Scan) v.1.0 предназначены для тренеров и специалистов по физической подготовке, использующих компьютерную 2D-оценку движений для мониторинга функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов и физически активных лиц. Пособие описывает принципы видеосъемки, алгоритмы разметки суставных центров по стандартам ISB, методы расчета угловых характеристик и индексов подвижности, а также интерпретацию получаемых отчетов для практики. Отдельное внимание уделено типичным ошибкам при регистрации движений, стандартизации тестовых позиций и интеграции результатов JM-Scan в тренировочный процесс для профилактики травм и оптимизации нагрузок.

ISBN 978-5-9652-1158-6

УДК 796.015.47+611.7]:004.352.4(07)

ББК 75+32.971.32-046.11я73

© Демкин С. А., Малякина А. А., Каплунов О. А., 2026

© Библиотечно-издательский центр ВолгГМУ, 2026