На правах рукописи

Минина Елена Николаевна

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВА У СПОРТСМЕНОВ НА ОСНОВЕ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

14.03.11 – Восстановительная медицина,
спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Москва
2020

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Крымский Федеральный Университет имени В.И.Вернадского»

Научный консультант:
Ластовецкий Альберт Генрихович – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ «Центральный научно- исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава Российской Федерации.
Официальные оппоненты:
Зилов Вадим Георгиевич – доктор медицинских наук, академик РАН, заведующий кафедрой интегративной медицины ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).
Фудин Николай Андреевич – доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, профессор, заслуженный деятель науки, заведующий лабораторией системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина».
Василенко Владимир Станиславович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой госпитальной терапии с курсом эндокринологии ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России.
Ведущая организация: Академия постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России.

Защита состоится «22» декабря 2020 г. в 11.00. часов на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора медицинских наук Д 850.019.01 при ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы» по адресу: 105120, г. Москва, ул. Земляной вал, д.53.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы» по адресу: 105120, г.Москва, ул.Земляной вал, д.53. и на сайте http://cmrvsm.ru
Автореферат разослан «____» ноября 2020 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
Доктор медицинских наук, профессор **Юрова Ольга Валентиновна**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Постоянное воздействие физических нагрузок в динамике многолетнего совершенствования и адекватная перестройка адаптационных процессов, которые происходят в организме спортсменов, лежат в основе достижения высоких спортивных результатов. Сердечно-сосудистая система, как наиболее физиологически значимая для приспособления организма к разноплановым спортивным нагрузкам, при рациональном использовании физических нагрузок претерпевает положительные морфо-функциональные сдвиги (Иорданская Ф.А., 2004; Поляев Б.А., 2008; Миронов С.П., 2012; Уйба В.В., 2014; Самойлов А.С., 2016; Михайлова А.В, Смоленский А.В., 2019).

Однако, при значительных по объему и интенсивности физических нагрузках, не соответствующих адаптационным возможностям организма, создаются предпосылки для снижения функционального резерва и формирования «патологии при занятиях спортом», в том числе и кардиальной (Земцовский Э.В., 1994; Гаврилова Е.А., 2011-2017; Платонов В., 2015; Макарова Г.А., 2014; Люгайло С., 2015; Василенко В.С., 2016). При этом как гиперфункция сердца и гиперактивация симпатоадреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем, так и чрезмерное парасимпатическое влияние, обусловливают гемодинамические перестройки непосредственно в миокарде с последующим формированием хронического перенапряжения сердечно-сосудистой системы и перетренированности (Платонов В. 2015; Гаврилова Е.А. 2013-2017; Смоленский А.В. 2010-2019). В основе повреждения миокарда под воздействием неадекватных тренировочных нагрузок лежит психонейроиммуноэндокринный дисбаланс (Линде Е.В. 2004), а перегрузка сердца приводит к увеличению дисперсии реполяризации и аритмогенезу (Reiter et al., 1988, Ghanem et al., 2001).

Своевременная диагностика функционального резерва сердечной деятельности позволяет составлять индивидуальные профили функционального состояния спортсменов, указывать сильные и слабые их стороны, на основе чего выявлять случаи перетренированности, перенапряжения и прогнозировать стрессиндуцированные повреждения сердца (Граевская Н.Д., 2004; Разумов А.Н., 2012; Василенко В.С., 2016). Оперативная диагностическая информация создаёт базу для планирования оптимальной стратегии и тактики ведения соревновательных поединков, формирования тренировочных программ и отбора спортсменов. Такой подход является эффективным средством управления тренировочным процессом, обеспечения непрерывного роста результатов с минимальным напряжением и травматизмом (Bangsbo J., 1994; Пшибыльски В., 2005; Svensson M. et al., 2005). В настоящее время неинвазивные методики мониторинга функционального резерва организма квалифицированных спортсменов в условиях проведения тренировочной и соревновательной

деятельности, раннего выявления дезадаптационных состояний и дальнейшей адресной коррекции, и профилактики, только начинают разрабатываться (Ачкасов Е.Е., 2012; Курашвили В.А., 2011; Павлов В.И., 2010; Разинкин С.М., 2013; Земцовский Э.В., 2008-2016; Ключников М.С., 2017).

Изучение прогностического значения нарушений реполяризации у спортсменов до настоящего времени являются актуальными. Крайне важным является вопрос о методах ранней доклинической диагностики хронического физического перенапряжения сердечно-сосудистой системы (Василенко В.С. 2016; Михайлова А.В., Смоленский А.В. 2019). В последнее время актуальны научные исследования по анализу электрокардиографических изменений у спортсменов (Corrado D., Pelliccia A., 2010; Uberoi A., 2012). Активно изучаются, но еще не вошли в алгоритмы диагностики - фрагментированный комплекс QRS, максимальная продолжительность комплекса QRS желудочковой экстрасистолы, феномен ранней реполяризации желудочков, а также показатели изменения процессов реполяризации (инвертированные волны Т, микровольтная альтернация зубца Т, дисперсия интервала QT) (Гордеева, М.С., 2018; Артеева Н.В., 2018). При этом чувствительность и специфичность обычного электрокардиографического исследования для решения задачи раннего дифференцированного оценивания ремоделирования миокарда недостаточно высоки (Чайковский, И.А., 2009). Это стимулирует исследователей разрабатывать информативные диагностические подходы к решению задачи регистрации электрической активности сердца и её прогностического анализа (Амосов Н.М., 1976; Бойцов С.А., 2001; Гошка С.Л., 2009; Иванов Г.Г., Сула А.С., 2009; Дмитриева Н.В., 2015; Гордеева М.С., 2018). Наиболее информативно отображение не временных показателей трансмембранных потенциалов, а скоростных характеристик электрической активности сердца. Они наиболее тесно связанны с состоянием мембран кардиомиоцитов, с процессами энергообеспечения, с сократительной способностью миокарда и метаболизмом липидов (Хальфен Э.Ш., 1986; Lazzara, R., 1990; Антонов В.Н., 1997; Волкова Э.Г., 2010; Быков Е.В., 2016; Левашова О.А., 2016). Так же отмечается, что при увеличении внешнего стресс-фактора, изменение скоростных показателей электрической активности сердца происходит раньше, чем изменение величины трансмембранных потенциалов (Тютикова С.А., 2001; В.И. Маколкина (2009); Левашова О.А., 2016). Решением для получения скоростных характеристик может явиться дифференцирование процесса во времени или получение первой производной этого процесса (Файнзильберг Л.С. 2010-2017).

Степень разработанности темы исследования

Исследования по изучаемой тематике представлены значительным набором литературных источников, посвященных изучению ЭКГ-диагностики сердечно-сосудистой системы и эффективности её коррекции у спортсменов (Иорданская Ф.А., Юдинцева М.С., 1999; Гаврилова Е.А., 2001; Макарова В.А., 2016; Платонов

В.Н., 2015). Практикуемые в кардиологии и спортивной медицине нагрузочные и медикаментозные функциональные пробы реализуют тестовый подход, когда состояние сердечно-сосудистой системы оценивается по запасу производительности (Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б. Гудков И.А., 1988; Самойлов А.С, 2014; Платонов В.Н., 2015). С разной степенью детализации проанализированы возможности компьютеризированной кардиодиагностики (Баевский Р.М., 2002; Котенко К.В., Разинкин С.М., Корчажкина Н.Б., Михайлова А.А., Петрова В.В., Фомкин П.А., Иванова И.И., 2011; Курако М.А., 2017; Загородный Г.М., 2017). На данный момент для диагностики состояния регуляторных систем организма, в том числе квалифицированных спортсменов, применяют анализ вариабельности сердечного ритма для определения функционального состояния организма и его адаптационных ресурсов (European Society of Cardiology, 1996; Баевский Р.А. 2001, Макарова Г.А. 2014, da Silva 2015; Edmonds R. 2015; Шлык Н.И., 2009-2016).

Отмечается, что характер и степень изменения микроальтернаций при дисперсионном картировании является новой диагностической областью признаков, отражающих «запас» электрофизиологических компенсаторных ресурсов миокарда (Иванов Г.Г., Сула А.С., 2009). Так же, для прогноза риска возникновения аритмий применяют подсчет дисперсии корригированного интервала QT и показатель Tpeak-Tend (Гошка С.Л., 2009; Окишева Е.А., 2011). Однако, связь этих показателей с качеством реполяризации не однозначна (Antzelevitch A. et al., 2008; Galinier et al., 1998; Sahu et al., 2000; Brendorp et al., 2001). Нелинейные подходы анализа колебательных режимов биосигналов находятся на стадии изучения и недостаточно представлены в литературных источниках (Мейгал А.Ю., 2015; Мезенцева Л.В., 2017).

Важно отметить, что при цифровой обработке ЭКГ-сигналов при локально-сосредоточенных признаках, выявлена её нечувствительность к локальным изменениям структуры электрического сигнала. Однако именно такие изменения имеют диагностическую ценность (Гриценко В.И., Файнзильберг Л.С., 2013). Метод, применённый в данном исследовании, регистрирует и оценивает электрический кардиосигнал в реальный момент времени с графическим отображением в фазовом пространстве координат зависимости между амплитудой и скоростью изменения электропотенциала во времени (Кондратов В.Т., 2009; Файнзильберг Л.С., Потапова Т.А. 1995, 2008; Замараев Р.Ю., Логов А.Б., 2016).

Неинвазивный метод исследования скоростных показателей электрической активности сердца при повышении нагрузки разной модальности позволит глубже изучить проблему «серой зоны» пограничных состояний в дифференциальной диагностике нарушений функционирования сердца при занятиях спортом. Отсюда формируется **гипотеза** исследования: измерение скорости электрического сигнала миокарда с его графическим отображением в условной фазовой плоскости

позволяет получать дополнительную диагностическую информацию об электрической активности сердца, проводить оценку функционального резерва и эффективность восстановления функций сердечно-сосудистой системы у спортсменов. Всё вышеизложенное послужило основанием для проведения настоящих исследований.

Цель исследования: Разработать метод измерения электрического сигнала миокарда с его графическим отображением в условной фазовой плоскости для оценки функционального резерва у спортсменов, определить возможности его применения.

Задачи исследования

1. Выявить диагностическую эффективность и референтные границы нормы фазографических показателей электрической активности сердца при определении уровня функционального резерва у квалифицированных спортсменов 19-22 лет.
2. Оценить метрологически электрокардиографические нарушения сердца, которые формируются у квалифицированных спортсменов 18-25 лет, и разработать критерии истощения функционального резерва на основе фазографических показателей электрической активности сердца.
3. Определить уровень функционального резерва и физической подготовленности квалифицированных спортсменов с учётом фазографических показателей электрической активности сердца.
4. Применить фазографические показатели электрической активности сердца для оценки механизмов срочной адаптации квалифицированных спортсменов.
5. Установить эффективность коррекции дисфункционального дыхания у квалифицированных спортсменов с применением фазографических показателей электрической активности сердца.

Научная новизна работы

Впервые проведены измерения скоростных показателей электрической активности сердца, полученных в результате регистрации стандартизированной электрокардиограммы в фазовой плоскости в целях диагностики функционального резерва у квалифицированных спортсменов с установлением референтных границ нормы, а также чувствительности и специфичности.

Впервые, в сопоставлении с результатами углубленного медицинского обследования, рассчитаны и описаны количественные алгоритмы оценки функционального резерва по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца при дисфункциональной направленности регуляторных механизмов у квалифицированных спортсменов в группах с нарушением ритма и нарушением реполяризации.

Впервые, в сопоставлении с данными методов функциональной диагностики, установлена релевантность использования фазографических показателей электрической активности сердца для мониторинга функционального резерва и функциональной подготовленности спортсменов в различные периоды тренировочного цикла и оценки реабилитационного эффекта.

Впервые оценка фазографических показателей электрической активности сердца позволила выявить срочные и долговременные реакции сердечной деятельности при физической, вестибулярной, эндотоксической и респираторной нагрузках у квалифицированных спортсменов.

Впервые подтверждена эффективность гипоксически-гиперкапнической тренировки у спортсменов с дисфункциональным типом дыхания (гипокапнией и гиперкапнией) и выявлено увеличение функционального резерва на основе фазографических показателей электрической активности сердца.

Теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании применения фазографических показателей электрической активности сердца в оценке различных уровней функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Полученные данные формируют теоретическую и практическую основу для разработки новых стратегий выявления функционального резерва и степени влияния на организм спортсмена учебно-тренировочных и соревновательных нагрузок, восстановительных и коррекционных факторов, предупреждения развития дизадаптации сердечно-сосудистой, оптимизации медико-биологического обеспечения спортсменов на различных этапах тренировочной деятельности.

Полученные результаты исследования дополняют научные знания в области восстановительной и спортивной медицины, помогают решить научную проблему прогнозирования сердечной деятельности при срочной и долговременной адаптации к нагрузкам различной модальности.

Совокупность выполненных исследований в 2010–2019 годах позволили сформулировать некоторые положения методологии фазографии электрическокого сигнала миокарда в спортивной медицине и реабилитации, обеспечивать своевременную коррекцию дисфункциональных состояний в целях активного сохранения и восстановления здоровья, профилактики (независимо от видов спорта) неотложных состояний кардиологического профиля у квалифицированных спортсменов.

Практическая значимость работы заключается в применении новых доклинических неинвазивных показателей количественной оценки функционального резерва и нарушений сердечной деятельности у спортсменов - показатель симметричности фрагмента реполяризации усредненной фазовой траектории (β_T, ед.), показатель отношения площадей петель зубца Т и комплекса QRS усредненной фазовой траектории (S_{TR}, ед.), показатель угла ориентации усредненной фазовой траектории (α_{QRS}, град.), показатель рассеивания точек

фазовых траекторий или вариабельности циклов (σ_{QRS}, ед.). Эти показатели и разработанные на их основе классификационные алгоритмы, могут быть рекомендованы при скрининговых обследованиях, диспансеризации, при проведении профилактических мероприятий, для формирования групп риска по сердечно-сосудистым заболеваниям у спортсменов и занимающихся физической культурой.

Предложен новый метод регистрации и анализа скорости электрического сигнала миокарда в фазовой плоскости для оперативной оценки текущего функционального состояния сердечно-сосудистой системы с учетом индивидуальных особенностей в процессе учебно-тренировочной и соревновательной деятельности.

Осуществлена количественная оценка функционального резерва миокарда в ранней диагностике нарушения сердечной деятельности, дисфункциональном дыхании и эффективности проведения реабилитационных мероприятий у квалифицированных спортсменов.

Выявленные впервые срочные и долговременные реакции сердечной деятельности, с оценкой фазографических показателей электрической активности сердца при физической, вестибулярной, эндотоксической и респираторной нагрузках, обеспечили внедрение диагностических технологий определения сниженного функционального резерва у квалифицированных спортсменов.

Рассчитана таблица значений экспресс-оценки функциональной подготовленности и классификационные алгоритмы определения уровня функционального резерва у спортсменов с применением фазографических показателей электрической активности сердца.

Методология и методы исследования

Организованно и проведено многоцелевое стратифицированное когортное исследование квалифицированных спортсменов мужского пола 18-25 лет, которое при определении диагностической эффективности фазографических показателей электрической активности сердца позволили определить классификационные алгоритмы определения сниженных функциональных резервов миокарда при нарушении ритма и процессов реполяризации.

Теоретическую основу настоящего исследования составил раздел метрологии, основанный на теории учёта избыточных измерений фазового сдвига электрического сигнала миокарда (Кондратов В.Т. 2009-2016; Файнзильберг Л.С., 2005-2019). При регистрации одноканальным электрокардиографом с цифровой обработкой в фазовой плоскости отображалась зависимость потенциала и скорости электрического сигнала миокарда. В результате ЭКГ приобретала качественно новую форму и признаки.

Методологической основой исследования послужили технологии изучения пограничных состояний организма человека, донозологической диагностики и

возможности их своевременной коррекции, в том числе при заболеваниях сердечно-сосудистой системы (Баевский Р. М., 2003; Быков А. Т., 2003; Агаджанян Н. Н., 2013; Судаков К. В., 1983–2017; Платонов В. Н., 2015; Бобровницкий И.П., 2002-2016; Разумов А. Н., 2015–2017). Применена резервометрия и стандартизированные методы нагрузочного тестирования, подтверждающие значимость адаптации и активации регуляторных механизмов в компенсаторно-приспособительных реакциях и риске возникновения нарушения функции (Фролькис В. В., 1970; Анохин П. К., 1973; Колчинская А. З., 1981; Амосов Н.М. 1975-2002; Карпман В. Л., 1982; Бреслав И. С., 1983; Дембо А. Г., 1991; Апанасенко Г.Л. 2006; Бобровницкий И.П., 2002-2016; Фудин Н.А., 2010-2016; Разумов А. Н., 2015–2017). Теорию распознавания образов динамики электрической активности сердца применяли для выделения фракталов процесса и их параметризации и дальнейшего когнитивного моделирования процесса (Зенкин А. А., 1991; Дмитриева Н. В., 2014; Файнзильберг Л. С., 2010–2017).

Эмпирическую базу работы составили результаты исследования с осуществлением сравнительного и контролируемого анализов, проведённых в период с 2010 по 2019 год и включавших в себя 5 этапов.

Использовали теоретические методы, экспериментальные методы изучения организма человека (оценивали субъективное состояние спортсменов и не занамающихся спортом юношей контрольной группы, технологии нагрузочного тестирования, реографический, спиропневмотахометрический, антропометрический методы, анализ газового состава выдыхаемого воздуха, капнометрию, ультразвуковое исследование сердца, иммунологический, гематологический, биохимический). Применяли математические методы (математическая статистика, ROC-анализ, метод множественной бинарной логистической регрессии). Применяли метод коррекционных воздействий восстановительной медицины (изменение газовой среды с использованием авторского дыхательного тренажёра). Исследование было проведено в соответствии со стандартами Хельсинкской декларации (GCP) и клиническими стандартами.

Методологической особенностью работы является совмещение комплексного подхода к обследованию квалифицированных спортсменов и оценку функционального резерва на основе фазографических показателей электрической активности сердца. При обследовании спортсменов было применено анкетирование, комплекс клинико-функциональных, инструментальных методов исследования, апробированных и применяемых в области спортивной медицины. В результате были получены научные результаты, обладающие признаками научной новизны, практической значимости и полезности. Применение методов математической статистики обеспечило полученным результатам достоверность.

Единицами наблюдения в различных выборках квалифицированных спортсменов и у лиц контрольных групп, являлись показатель симметричности участка реполяризации фазовой графической иллюстрации (β_T, ед.), показатель (σ_{QRS}, ед.) разброса фазовых траекторий или вариабельности циклов, показатель угла (α_{QRS}, град.) ориентации усредненной фазовой траектории, показатель фазовой графической иллюстрации, рассчитываемый по соотношению участков деполяризации и реполяризации между собой (S_{TR}, ед.), а также показатели фазового усреднённого цикла: продолжительность и амплитудные характеристики зубцов P, Q, R, S, T (мс), их интервалы и сегменты.

Объектом исследования явились функциональный резерв организма квалифицированных спортсменов с учётом фазометрических скоростных показателей электрической активности сердца.

Предмет исследования – методика количественной оценки функционального резерва у квалифицированных спортсменов с учётом фазометрических скоростных показателей электрической активности сердца.

Положения, выносимые на защиту:

1. Оценка уровня функционального резерва квалифицированных спортсменов информативно осуществляется на основе разработанных классификационных алгоритмов с применением фазографических показателей электрической активности сердца, которые обеспечивают чувствительность и специфичность измерения функционального резерва.
2. Выявление фазографических показателей электрической активности сердца отражает критерии дизадаптации миокарда у квалифицированных спортсменов.
3. Анализ скоростных фазографических показателей электрической активности сердца обеспечивает количественную оценку функционального резерва и функциональной подготовленности квалифицированных спортсменов в различные периоды учебно-тренировочного цикла.
4. Проведение сравнительной оценки срочной адаптации с применением фазографических скоростных показателей кардиоцикла формирует оценочные характеристики спортсменов различной квалификации.
5. Использование фазографических скоростных показателей электрической активности сердца позволяет выявить изменения адаптационных резервов и эффективность проводимых реабилитационных мероприятий.

Достоверность результатов работы, обоснованность выводов и практических рекомендаций основывается на применении адекватных и апробированных физиологических методов и достаточном объёме исследованного материала, необходимого для получения статистически значимых результатов. Результаты получены с применением сертифицированного и поверенного оборудования. Группы сравнения при изучении адаптационных и возрастных особенностей формировались по однородным признакам (возраст, антропометрические данные) с

учётом предварительной стратификации. Группы были представлены репрезентативными выборками, с использованием критериев репрезентативности – ошибки репрезентативности, доверительных границ средних величин в генеральной совокупности, достоверности разности средних величин и достоверности различий сравниваемых групп. Ошибка средней не превышала 5%. Статистический анализ осуществлён с применением описательной статистики и статистики вывода и проверки гипотез.

Апробация результатов работы

Работа выполнялась в соответствии с темой, утверждённой для научно-исследовательской работы профессорско-преподавательского состава кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий «Диагностические, реабилитационные и оздоровительные технологии в адаптивной физической культуре и санаторно-курортном комплексе», регистрационный номер НИОКТР АААА-А16-116051910016-1 (от 19.05.2016).

Основные результаты работы представлены и доложены на: XIII Международной научно-практической конференции «Физическая культура, спорт и здоровье» (Харьков, 5–6 декабря 2013 г.); Всеукраинской научной конференции «Актуальные проблемы валеологии и реабилитации» (Симферополь, 17–19 апреля 2013 г.); 3-й, 4-й, 5-й Международной научно-практической конференции «Аромакоррекция психофизического состояния человека» (Ялта, 2–5 июня 2013 г., 3–6 июня 2014 г., 27–29 октября 2015 г.); Крымской научно-практической конференции «Физическая культура, спорт и здоровье» (Симферополь, 22 апреля 2014 г.); IX Международной научно-практической конференции «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени» (Екатеринбург, 16–17 мая 2015 г.); Крымской региональной научно-практической конференции «Адаптивная физическая культура и реабилитация: инновационные подходы и технологии в реализации концепции развития оздоровительно-рекреационного комплекса Республики Крым» (Симферополь, 22 апреля 2015 г.); XIV Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований» (Москва, 29–30 мая 2015 г.); Научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы физиотерапии, курортологии и медицинской реабилитации» (Ялта, 5–6 октября 2015 г., 3–4 октября 2017 г.); Крымской региональной научно-практической конференции, посвящённой 15-летию образования кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий (Симферополь, 12–14 апреля 2016 г.); Итоговой научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Национального государственного университета физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта за 2015 год, посвящённой 120-летию университета (Санкт-Петербург,

29–30 марта 2016 г.); V, VI Российской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» (Н. Новгород, 25–29 сентября 2017 г., 2019 г.); V Международном научном конгрессе «Проблемы физкультурного образования: концептуальные основы и научные инновации» (Симферополь, 28–30 мая 2018 г.); 2-й и 3-й Всероссийской научно-практической конференции «Адаптивная физическая культура и санаторно-курортная реабилитация: инновационные технологии и приоритеты развития» (Симферополь, 29–30 мая 2018 г., 2019 г.); XVIII Конгрессе физиотерапевтов, курортологов и педиатров Республики Крым «Актуальные вопросы организации курортного дела, курортной политики, медицинской реабилитации и физиотерапии» (Евпатория, 4–6 апреля 2018 г.); Международной научно-практической конференции «Ароматические и лекарственные растения: интродукция, селекция, агротехника, биологически активные вещества, влияние на человека» (Ялта, 4–8 июня 2018 г.); на тематическом заседании кафедры медицинской кибернетики и информатики медико-биологического факультета РНИМУ имени Н.И. Пирогова (Москва, 4 июня 2019 г.); в Центральном НИИ организации и информатизации здравоохранения (Москва, 6 июня 2019 г.); IV ежегодном форуме по биотехнологиям «Биотехмед», (Геленджик, 16–17 сентября 2019 г.).

Апробация диссертационной работы состоялась 13.02.2019 г. на совместном заседании кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий, кафедры теории и методики физической культуры факультета физической культуры и спорта Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины, физиотерапии с курсом физического воспитания Медицинской академии имени С.И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», кафедры педиатрии, физиотерапии и курортологии Медицинской академии имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского».

Внедрение результатов работы в практику

Результаты исследования внедрены в экспертную деятельность Государственного бюджетного учреждения Республики Крым «Центр спортивной медицины», г. Симферополь. Методика экспресс-оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов применяется при организации учебно-тренировочного процесса по различным видам спорта и в методической работе Государственного бюджетного учреждения Республики Крым «Центр спортивной подготовки сборных команд Республики Крым». Полученные данные включены в учебный процесс кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины, физиотерапии с курсом физического воспитания Медицинской академии имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, а так же

представлены в лекциях, докладах и научных семинарах, проведенных на базе Факультета физической культуры и спорта Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» для тренерско-преподавательского состава. Методика регистрации, анализа и оценки функционального состояния кардиогемодинамики внедрена в производство кардиомониторинговой системы «Кардиоритм» ООО «Медкомплект», г. Москва.

Публикации

Основные результаты проведенного исследования, научные положения и выводы изложены в 58 научных работах, из которых 36 – в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией, 16 научных работ – в материалах конгрессов, съездов и научных конференций, 1 коллективная монография, авторская монография, 1 изобретение, 3 патента на полезную модель.

Личный вклад автора

Главная идея, дизайн и организация диссертационного исследования была запланирована автором. Определение и обоснование цели и задач исследования, выбор предмета и объекта исследования осуществлено автором. Разработка программы исследований у квалифицированных спортсменов, организационное моделирование и обоснование теоретических и практических прогностических оценок сердечной деятельности на основе фазографических показателей электрической активности сердца являлось результатом самостоятельных исследований автора. Самостоятельно автором проведены исследования (кроме гемолитического и иммунологического профилей), позволяющие формализовать параметры фазографии кардиосигнала и осуществить их физиологическую оценку. Анализ полученных результатов, формулирование выводов и практических рекомендаций произведены на основе сформулированной автором методологии.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена в соответствии с существующими требованиями ГОСТ Р7.0.11-2011 и ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534.1-93) на 319 страницах компьютерного текста и включает в себя введение, обзор литературы, 7 глав, заключение и выводы, рекомендации, список условных сокращений и обозначений, список литературы, содержащего 295 источников (189 кирилицей и 106 латиницей), 2 приложения. В диссертационной работе представлено 59 таблиц и 50 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал исследования

Базами исследований являлись: Государственное бюджетное учреждение «Центр спортивной медицины»; Спортивный клуб «Таврия»; Футбольный клуб «Крымтеплица»; Крымское высшее училище олимпийского резерва «Краснолесье»; муниципальное бюджетное учреждение «Спортивная школа единоборств г. Симферополь»; Крымское республиканское учреждение

«Крымский республиканский кардиологический диспансер», Государственного бюджетного учреждения Республики Крым «Центр спортивной подготовки сборных команд Республики Крым». Согласно ст. 32 «Основ законодательства РФ об охране здоровья граждан (в ред. ФЗ от 01.12.2004 № 151-ФЗ) обязательным условием включения квалифицированного спортсмена в исследование было получение его письменного информированного согласия. Решением этического комитета был одобрен план исследования.

Для реализации поставленной цели и задач исследования был предпринят выборочный метод с формированием репрезентативных выборок генеральной совокупности и сформированы 5 этапов (Рисунок 1).

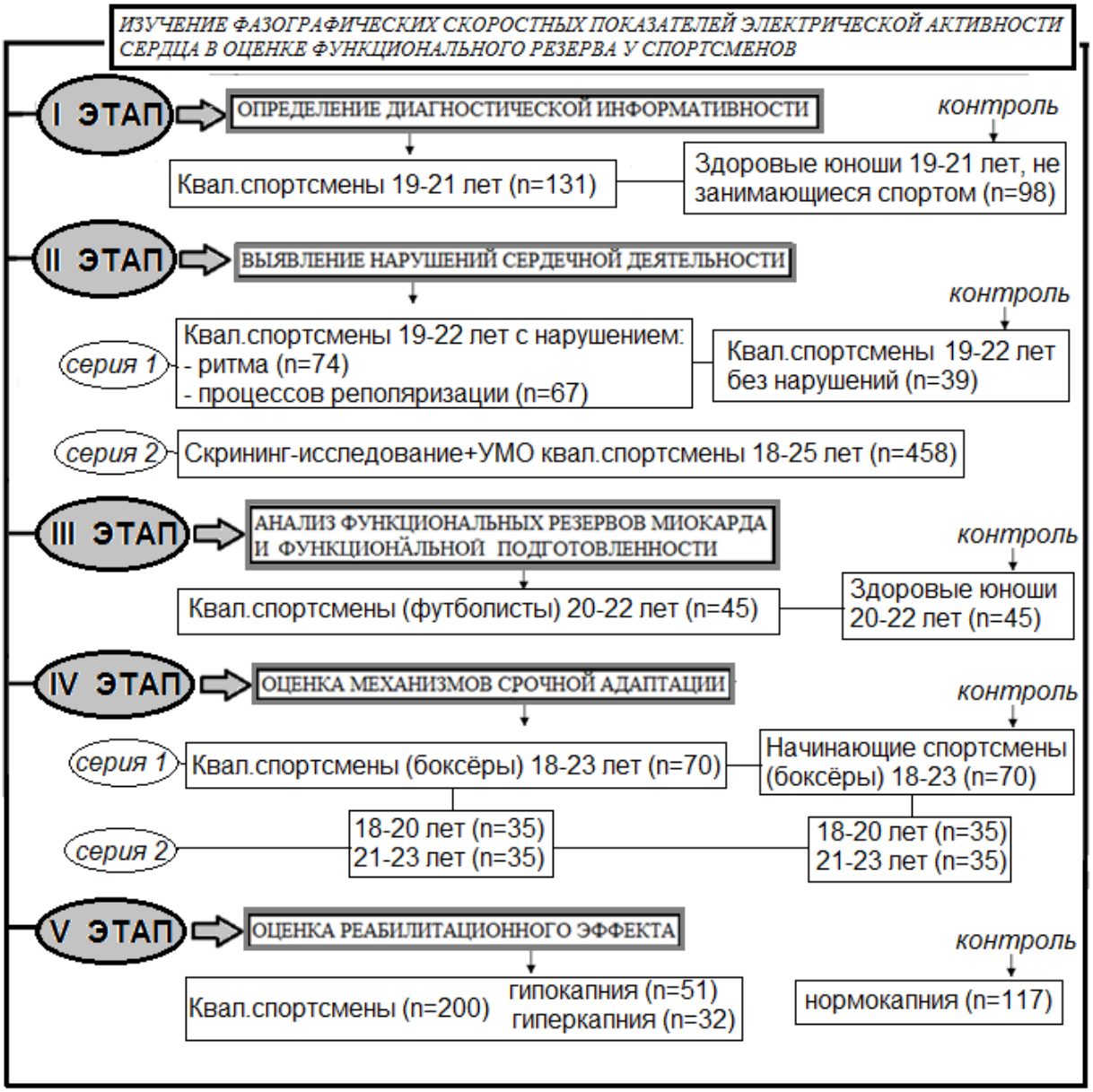

Рисунок 1 – Дизайн исследования

Обследованы 1299 мужчин 18-25 лет, из которых 1086 квалифицированных спортсменов, занимающиеся видами спорта с высокой динамической и

статической компонентой (футбол, баскетбол, волейбол, бокс, плавание, лёгкая атлетика), 70 начинающих не квалифицированных боксёров 18-23 лет. Контрольные группы составили 143 здоровых юношей соответствующего возраста (18-25 лет) 1 группы здоровья, не ведущие систематическую спортивную деятельность. Стаж занятия спортом исследуемых квалифицированных спортсменов составил 5–12 лет. Периодичность занятий 5–7 раз в неделю при продолжительности тренировок – 2–4 часа в день. У всех обследованных лиц исследован анамнез, проведено физикальное обследование, регистрировалась ЭКГ с использованием технологии компьютерной цифровой обработки кардиосигнала в фазовой плоскости с получением графической иллюстрации и усреднённого кардиоцикла. У обследованных спортсменов проводилось ЭКГ с применением нагрузочного тестирования и в покое и в восстановительном периоде. Обследования спортсменов, а так же лиц контрольной группы, выполнены в светлый промежуток времени в 11.00 - 13.00 часов.

На **первом этапе** исследования для решения задачи определения критериев и решающих диагностических правил оценки уровня функционального резерва с учётом фазографических показателей электрической активности сердца были обследованы 229 юношей (сопоставимые по весоростовым показателям) возраста спортивной зрелости (19-21 лет), разделённые на две группы. Группу квалифицированных составили 131спортсмен (КС), занимающиеся спортом не менее 10 лет (футбол, бокс) с квалификацией кандидат в мастера спорта, мастер спорта. Группа контроля (К) состояла из 98 здоровых юношей 1 группы здоровья, не ведущих систематическую спортивную деятельность.

Группы исследуемых формировались по результатам диспансерного наблюдения и на основании отсутствия соматических заболеваний. Критерии включения включали отсутствие: жалоб на момент исследования, изменений на ЭКГ покоя и в нагрузке, соматических заболеваний по данным диспансеризации, острых инфекционных заболеваний в течение 3х недель до исследования. Критериями исключения являлись наличие: морфологических изменений (гипертрофия миокарда и малые аномалии развития сердца), острых инфекционных заболеваний в течение 3х недель до исследования, соматических заболеваний по данным диспансеризации. Так же отсутствовали жалобы на момент исследования и патологические изменения на ЭКГ покоя.

На **втором этапе серии 1** выявляли диагностические алгоритмы снижения резервов миокарда у квалифицированных спортсменов с патологическим нарушением ритма и процессов реполяризации. Для участия в исследовании были отобраны 182 квалифицированных спортсменов-юношей 19-22 лет (сопоставимые по весоростовым показателям), занимающихся видами спорта с высокой динамической и статической компонентой (футбол, баскетбол, волейбол, бокс, плавание, лёгкая атлетика, согласно классификации Mitchell JH и соавт.),

находящихся на этапе совершенствования спортивного мастерства и в середине подготовительного периода годичного цикла спортивной подготовки. Период восстановления с момента последней тренировки составил не менее 24 часа.

Спортивный анамнез: спортивный стаж спортсменов в среднем составил 9±1,5 лет, количество тренировок в неделю от 7 до 15, продолжительностью от 1,5 до 4 часов, что составило 27±10,5 часов в неделю. Уровень спортивного мастерства – 98 юношей кандидаты в мастера спорта, 84 мастер спорта. Активно жалоб никто не предъявлял. Однако при настойчивом опросе, сборе и изучении анамнеза у спортсменов (в дальнейшем включённых в группы НР и НПР), было определено, что состояние дискомфорта в разной степени в области сердца, эпизоды снижения работоспособности, нарушения сна и недовосстановления испытывали все спортсмены, что отмечалось в последние 2-4 месяца. Критериями исключения являлись морфологические изменения – гипертрофия миокарда и малые аномалии развития сердца. Критерии включения в исследование и разделения на группы:

Группа нарушение ритма (НР) – 74 спортсмена характеризовались признаками физического перенапряжения и нарушениями ритма по данным ЭКГ и Холтеровского мониторирования (эктопические нарушения ритма и миграция водителя ритма у 35 юноша (47%), суправентрикулярная и желудочковая экстрасистолия у 15 спортсмена (22%), атриовентрикулярная блокада 1 степени – 14 атлета (18%), атриовентрикулярная блокада 2 степени – 10 атлетов (13%).

Группа нарушение процессов реполяризации (НПР) – 67 спортсмена характеризовались признаками физического перенапряжения и относились к 1 и 2 стадиям дистрофии миокарда, согласно классификации А.Г. Дембо в модификации Л.А. Бутченко и имели различные нарушения процессов реполяризации (изменения конечного отдела желудочкового комплекса (сегмента ST и зубца T), снижение зубца T менее 10 % от R в левых грудных отведениях (V5-V6), двугорбый или двухфазный зубец T в V1-V3, двухфазный или отрицательный зубец T во II и III стандартных отведениях). **Группа контроля (К)** – 39 спортсменов без изменений на ЭКГ покоя и в нагрузке, без наличия соматических заболеваний по данным диспансеризации, острых инфекционных заболеваний в течение 3х недель до исследования, жалоб на момент исследования.

На **втором этапе серии 2** было проведено одномоментное когортное исследование для сопоставления результатов, полученных по результатам углубленного медицинского обследования на основании заключений врачей-специалистов при проведении и фазографических показателей электрической активности сердца. Группы квалифицированных спортсменов набирались по принципу сплошной выборки, состоящих на учёте в Крымском спортивно-физкультурном диспансере. Были исследованы 458 квалифицированных спортсменов-юношей 18-25 лет (21,5±3,5), занимающихся видами спорта с высокой динамической и статической компонентой (футбол, баскетбол, волейбол,

бокс, плавание, лёгкая атлетика, согласно классификации Mitchell JH и соавт.), находящихся на этапе совершенствования спортивного мастерства. Спортсмены находились в начале переходного периода годичного цикла спортивной подготовки. Углубленное медицинское обследование квалифицированных спортсменов включал осмотр врачей специалистов: терапевт, хирург, кардиолог, травматолог-ортопед, невролог, оториноларинголог, офтальмолог, уролог, дерматовенеролог, стоматолог и врач по спортивной медицине. Клинико-лабораторные исследования включали клинический и биохимический анализ крови, клинический анализ мочи. Функционально-диагностические исследования: ЭКГ в покое, ЭхоКГ, спирография, УЗИ сердца, тестирование физической работоспособности и толерантности к физической нагрузке: велоэргометрия или тредмил-тест с субмаксимальной (PWC_{170}) нагрузкой.

На третьем этапе было проведено исследование функциональной подготовленности спортсменов с одновременной регистрацией фазографических показателей электрической активности сердца. Были обследованы 90 мужчин (20-22 лет), разделённых на две группы. Первую группу составили 45 квалифицированных футболистов (игроков сборной команды по футболу, игроков молодёжных команд Крымской лиги). Во вторую группу вошли 45 мужчин, сопоставимые по возрастным и антопометрическим данным не занимающиеся спортом.

На четвёртом этапе в серии 1 изучали особенности механизмов срочной адаптации с применением фазографических показателей электрической активности сердца. В исследовании принимали участие 140 спортсменов-боксёров мужского пола 18-23 лет, которые были разделены на 2 группы. **Группу КС** составили 70 квалифицированных спортсменов, стаж занятий спортом которых составлял от 6 до 9 лет (кандидат в мастер спорта, мастер спорта). **Группа НС** состояла из 70 здоровых мужчин занимающихся боксом менее года.

На пятом этапе в группе квалифицированных спортсменов (спортсмены игровых видов спорта (n=100), единоборцы (n=100)) 18-23 лет в переходном периоде годичного цикла тренировочного процесса были определены межгрупповые различия функционального резерва кардиореспираторной системы у юношей с различным типом дыхания по данным капнометрии. С определением уровня функционального резерва по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца, установлен коррекционный эффект интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки.

Методы исследования

Регистрация электрического сигнала миокарда и получение фазографических скоростных показателей электрической активности сердца осуществлялась с использованием графитовых пальцевых электродов одноканального информационно-программного комплекса ФАЗАГРАФ® (Свидетельство о гос.

регистрации в государственной службе лечебных способов и изделий медицинского предназначения № 8398/2008 от 3.12.2008, №14006/2014 от 27.06 2014, Распоряжение Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) №СГ – 101 – 32/881 от 15.02.2015 г., поверка от 23.01.2020). На этой основе формировались новые признаки изменения скорости электрического сигнала миокарда (β_T, S_{TR}, α_{QRS} и σ_{QRS}), графически отображённые в условной фазовой плоскости (Рисунок 2).

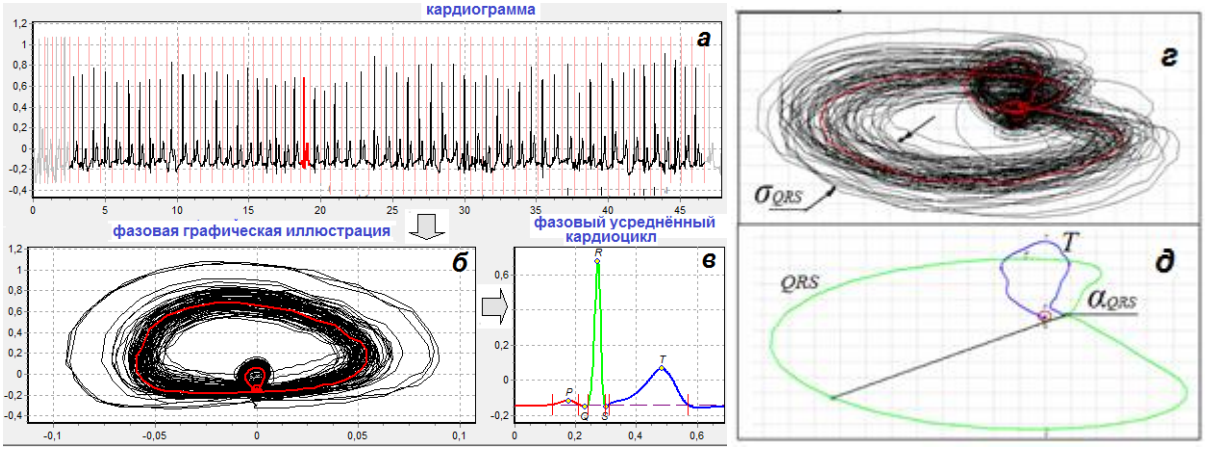

Рисунок 2 − Этапы обработки ЭКГ

Примечания: *а* − исходная электрокардиограмма во временной плоскости; *б, г* − ее фазовая траектория или фазовая графическая иллюстрация на плоскости $z(t)$, $z'(t)$, *в* − фазовый усреднённый кардиоцикл; *д* − средний цикл ФГИ; по оси абсцисс - $z'(t)$ – скорость изменения электрической активности сердца в момент времени *t*; по оси ординат – амплитуда мВ.

Для оценки структуры электрического сигнала миокарда при различных условиях с использованием графической иллюстрации, полученной в результате его преобразования в фазовой плоскости, изучали следующие показатели:

- показатель симметричности фрагмента реполяризации усредненной фазовой траектории (β_T, ед.) рассчитывался автоматически по отношению D2/D1 (Рисунок 3) и выборочная дисперсия симметричности зубца Т ($D\beta_T$, ед.), который рассчитывался автоматически.

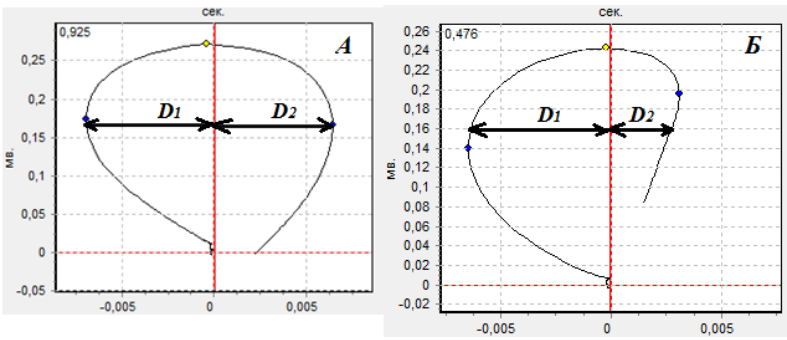

Рисунок 3 − Фрагменты реполяризации, отображённые на фазовой плоскости

Примечания: *А* − фрагмент реполяризации, отображённый на фазовой плоскости, пациента с кардиологической патологией (стенокардия напряжения); *Б* − фрагмент реполяризации, отображённый на фазовой плоскости, спортсмена высокой квалификации; по оси абсцисс - $z'(t)$ – скорость изменения электрической активности сердца в момент времени *t*; по оси ординат – амплитуда мВ.

- показатель рассеивания точек фазовых траекторий (σ_{QRS}, ед.)
- показатель угла ориентации усредненной фазовой траектории (α_{QRS}, град.)
- показатель отношения площадей петель зубца T и комплекса QRS усредненной фазовой траектории (S_{TR}, ед.).

Так же анализировали следующие показатели фазового усреднённого кардиоцикла (ФУК): амплитуды зубцов P, R, T (мВ), продолжительности зубцов Q, P, T, R (мс) и продолжительности интервалов и сегментов PQ, QT, QRS (мс), смещение ST, мв.

Электрокардиографическое исследование проводили с использованием 12-канального компьютерного ЭКГ-комплекса «Cardiolife» (г. Харьков), комплекса диагностического «ДХ-N» (Regina) (г. Харьков). Регистрировалась ЭКГ в 12 отведениях согласно протоколу. Интервал QTC автоматически рассчитывался по формуле Базетта. Ультразвуковое исследование сердца проводили на эхокардиографе PHILIPS EnVisor C (США) с цветным доплеровским картированием с последующим морфофункциональным исследованием показателей. Исследование вегетативной регуляции – метод автоматизированной электрокардиографии и методика вариационной пульсометрии (по Р. М. Баевскому) проводили с помощью ПТК «Фазаграф®». Исследование системы кровообращения проводили методом тетраполярной грудной реографии по Кубичеку, с помощью метода импедансной реографии при помощи прибора Reo Com Standart (Харьков). Регистрация количественных показателей CO2 во время выдоха проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД» (г. Москва). Исследование функций внешнего дыхания проводили с использованием спирографического метода с помощью прибора «СпироТестРС» (г. Жуковский), с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. Газообменную функцию изучали с помощью газоанализаторов типа ПГА-КМ и ПГ-ДУМ.

Стандартным методом в условиях клинической лаборатории клиники им. А.И. Блискунова Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского поводили гематологические исследования.

Иммунологический анализ проводился в отделе экспериментальной и клинической иммунологии Центральной научной исследовательской лаборатории Крымского государственного медицинского университета имени С.И. Георгиевского. Особенности гуморального иммунного ответа определяли по сыворотке венозной крови на липополисахариды энтеробактерий.

При велоэргометрии (ВЭМ) на велоэргометре ВЭ-02 оценивали физическую работоспособность (кгм/мин) по методике В. Л. Карпмана с соавт. (1974). Систолическое артериальное давление (САД, мм рт. ст.), диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт. ст.) измеряли методом М. С.Короткова.

Оценивали уровень максимального потребления кислорода (МПК) в мл/мин/кг, реакцию АД (мм рт. ст.), клинические и ЭКГ-признаки нарушения функции миокарда.

МПК рассчитывали по формуле МПК=(1,7 х PWC170 + 1240) / вес (кг).

Для исследования функционального резерва системы кровообращения применяли метод эргометрии по Шестранду. Для исследования функционального резерва вегетативной регуляции сердца в Группах боксёров (4 этап) проводили вестибулярную пробу Воячека на кресле Барани.

Точное определение функциональной подготовленности у футболистов с использованием комплекса нагрузок максимального и умеренного характера проводили с использованием быстродействующего газоанализатора - мобильной эргоспирометрической системы Oxycon Mobile (Jaeger) и MetaMax 3B (Cortex). Частоту сердечных сокращений и время физической нагрузки каждого из спортсменов определяли с применением пульсометра «Polar» (Финляндия). Во время теста футболист выполнял постоянный челночный бег или ходьбу между двумя маркерами (линиями или фишками), которые находятся на расстоянии 20 метров одна от другой.

Метод коррекции

В течение 10 дней межсоревновательного периода проведено 10 процедур респираторной тренировки с применением дыхательного тренажёра обратного дыхания ДТМ-2 (Минина Е. Н., Буков Ю. А., Белоусова И. М. Устройство для интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки организма человека: патент на полезную модель № 158989 (Российская Федерация), заявитель и патентообладатель Крымский федеральный ун-т им. В. И. Вернадского, опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2). Техническое решение тренажёра ДТМ-2 позволяла производить регуляцию дыхания и использовать в процессе тренировки коррекционные факторы: изменение содержания кислорода и углекислого газа во вдыхаемом воздухе; сопротивление дыханию на вдохе и на выдохе; изменение ритма и частоты дыхания. В основу конструкции тренажёра ДТМ-2 заложен принцип дополнительного резистивного сопротивления (длина трубки =1,5 м, свёрнута в три кольца) и обратного дыхания в замкнутое пространство (баллон 15 л.). Гипоксически-гиперкапническая тренировка с использованием тренажёра моделировала соотношение газов – 8,0 – 15,5% O_2 и 5–7% CO_2. Курс состоял из 10 тренировок, в каждой из которых выполнялись три подхода по 5, 6 и 7 минут (что в сумме составило 18 минут), соответственно с 5-минутным перерывом между подходами.

Статистическая обработка данных

При статистическом анализе результатов проведенных исследований использовались пакеты компьютерных программ SPSS 12.0 и Statistica 8.0.

При нормальном распределении в качестве мер центральных тенденций определяли значение среднего (M) и ошибку стандартного отклонения (Sx) – (M±Sx). В случае, когда распределение было отличным от нормального, определяли значение медианы (Me), а также верхнего и нижнего квартилей (Me, Q_1 и Q_3). Для выявления внутригрупповых различий в случае нормально распределенных данных применяли t-критерий Стьюдента для связанных выборок. В случае анализа данных, имеющих распределение, отличное от нормального, применяли T-критерий Вилкоксона. Для выявления межгрупповых различий в случае нормально распределенных данных применяли t -критерий Стьюдента для несвязанных выборок. В случае анализа данных, имеющих распределение, отличное от нормального, применяли U-критерий Манна-Уитни. Для выявления взаимосвязей между исследуемыми признаками применяли критерий ранговой корреляции Спирмена, поскольку часть данных, анализируемых с помощью этого критерия, имела распределение, отличное от нормального. Критерием статистической значимости (достоверности) различий считали значение вероятности $p \leq 0,05$.

Анализ диагностической эффективности показателей ФГИ осуществлялось с помощью ROC-анализа (статистический пакет MedCalc 19.2.0) с построением ROC-кривых и оценкой площади под кривой (AUC), построенной в координатах S_E и $1\text{-}S_P$, где S_E – чувствительность и S_P – специфичность ROC-кривой. Эффективность диагностической методики с определением чувствительности и специфичности метода, оценивали в %. Площадь AUC определяет среднюю чувствительность диагностического теста S_E при возможных значениях специфичности $0 \leq S_P \leq 1$ оценивали качественно и в баллах. Классифицирующую способность моделей сравнивали между собой по интегральному индексу Юдена – это сумма чувствительности и специфичности в безразмерных единицах минус единица. Чем выше индекс, тем выше данная способность. Статистическая значимость различий (P) применения различных методов обследования использовалии критерий Мак-Нимара. Графики и таблицы построены в редакторах Word, Excel, MedCalc Statistica.

Результаты исследований и их обсуждение

На **первом этапе** была решена задача определения критериев и решающих диагностических правил оценки уровня функционального резерва с учётом фазографических показателей электрической активности сердца. Выявлено, что уровень физической работоспособности на 1,2 Вт/кг ($p<0,001$) превышал значения в группе спортсменов, по сравнению со студентами контрольной группы (Таблица 1). Адаптационный потенциал (АП) в группе спортсменов превышал значения в группе студентов на 11,6 % ($p<0,001$) и выявлял у 64% студентов функциональное напряжение механизмов адаптации. При выполнении

стандартных нагрузок теста мощность выполняемой нагрузки при определении ступеней в группах сравнения различались.

Таблица 1 − Интегральные показатели функционального резерва исследованных юношей в группах сравнения, (n=229), M± Sx

Показатели	Квалифицированные спортсмены (КС) (n=131)	Контроль (К) (n=98)	Достоверность
ИМТ, кг/м^2	21,4±2,02	22,1±1,09	-
PWC_{170}/кг, Вт/кг	3,6±0,1	2,4±0,2	<0,001
МПК, мл/мин/кг	54,7±1,5	42,5±1,9	<0,001
АП, у.е.	1,89±0,04	2,21±0,03	<0,001

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; PWC_{170} – тест физической работоспособности; МПК – максимальное потребление кислорода; АП – адаптационный потенциал (Р.М. Баевский)

Низкий уровень толерантности к физической нагрузке определяли при уровне значений 1,50 - 2,0 Вт/кг, средний уровень оценивали при значениях между 2,0 - 3,0 Вт/кг, а за высокий уровень считали показатели более 3,0 Вт/кгМеньшая удельная физиологическая стоимость единицы велоэргометрической нагрузки по показателям кровообращения и дыхания у спортсменов расценивается как более экономичное расходование функциональных резервов (Таблица 2).

Таблица 2 − Интегральные показатели удельной физиологической стоимости выполняемой физической нагрузки в группах сравнения (M± Sx)

Показатели	С	Кв.спортсмены (КС)	Контроль (К)	Достоверность
Пульсовая стоимость, уд/Вт	1	0,99±0,02	1,27±0,02	<0,001
	2	0,67±0,01	0,85±0,01	<0,001
Минутно-объёмная стоимость кровообращения, мл/мин/Вт	1	52,5±2,1	79,8±2,0	<0,001
	2	48,7±1,1	69,4±1,5	<0,001
Респираторная стоимость, цикл/Вт	1	0,17±0,01	0,21±0,01	<0,05
	2	0,14±0,01	0,19±0,01	<0,001
Кислородная стоимость, мл/Вт	1	14,9±0,2	19,5±0,3	<0,001
	2	12,3±0,2	17,2±0,3	<0,001

Примечание: 1 - Нагрузка 1 для К - 100 Вт; для КС-130 Вт; Нагрузка 2 для К- 200 Вт для КС – 250 Вт; КС – квалифицированные спортсмены; К- контроль (не занимающиеся спортом); межгрупповые различия достоверны по t-критерию Стьюдента для несвязанных выборок

У юношей с более низким уровнем МПК величины СИ в покое находились в пределах 2,9 л/мин/м² в покое и возрастали на второй нагрузке до 4,2 л/мин/м² ($p<0,05$), тогда как в группе спортсменов, при выполнении большей по мощности физической работы, они увеличивались с 3,1 до 4,7 л/мин/м², ($p<0,05$). К гипокинетическому типу кровообращения были отнесены 60% спортсменов. Напротив, основную массу группы юношей 52% составили юноши с гиперкинетическим типом кровообращения, когда сердце работает в наименее

экономном режиме и диапазон компенсаторных возможностей этого типа ограничен. Высокий уровень кровотока в состоянии покоя у юношей группы контроля формировался на фоне более высокого периферического сопротивления сосудов, по сравнению со спортсменами, значения у которых в среднем равнялись 1162,5±77,9 дин×$с^{-1}$×$см^{-5}$ ($p<0,05$). Приспособительный эффект при гипокинетическом типе кровообращения у спортсменов позволял на каждой ступени нагрузочного теста обеспечивать МОК не превышающий значения в группе не занимающихся спортом, при достоверно превышающих значениях УИ сердца на 55,5% ($p<0,05$) на первой нагрузке и на 104% ($p<0,01$) на второй нагрузке. Величина минутного объёма кровотока у юношей не занимающихся спортом с более низким МПК достигала пределов 10,4±4,0 л/мин, когда у спортсменов эти значения увеличивались до 13,33 л/мин, ($p<0,05$).

Увеличение инотропизма миокарда у спортсменов сопровождалось ростом эффективности сердечной деятельности по показателю эффективности миокарда. Как в состоянии покоя, так и на каждой ступени нагрузки значения коэффициента эффективности миокарда (КЭМ) у спортсменов в среднем на 30% ($p<0,05$) превышали показатели контрольной группы студентов. Общим в регуляторной закономерности вегетативного обеспечения функции сердечно-сосудистой системы у юношей-студентов не занимающихся спортом являлось усиление симпатических влияний на мышечную нагрузку по показателю ИН в среднем на 65% ($p<0,01$) на первой ступени нагрузочного теста и на 131% ($p<0,001$) на второй ступени. Так же рост значения показателя вагосимпатического баланса LF/HF соответственно в два ($p<0,001$) и три раза ($p<0,001$) в данной группе характеризовало смещение регуляции в сторону симпатикотонического превалирования. Падение значения показателя SDNN в среднем на 10 мс ($p<0,01$) на первой нагрузке и 20 мс ($p<0,001$) на второй отражало централизацию управления механизмами регуляции у юношей в группе контроля. При статистическом анализе результатов ЭКГ во втором стандартном отведении у студентов и спортсменов были выявлены различия ряда показателей, хотя длительность основных интервалов PQ, QRS, QT находилась в пределах нормы (0,145±0,005 с; 0,090±0,002 с; 0,369±0,009 с).

Отражая особенности компенсаторно-приспособительного процесса адаптации к физической нагрузке, количественная характеристика электрической активности сердца, по общепринятым критериям находятся в пределах физиологических значениях нормы и мало пригодна для дифференцированного оценивания особенностей механизмов регуляции.

Был проведён сравнительный анализ фазографических показателей электрической активности сердца в покое (Таблица 3) и при выполнении физической нагрузки (Таблица 4) в группах с различным уровнем функционального резерва.

Таблица 3 – Фазографические показатели электрической активности сердца в группе спортсменов и в группе контроля в покое, (n=229), Me (Q_1;Q_3)

ФСП ЭАС	Группы сравнения								Д
	Контроль (К) – не занимающиеся (n=98)				Квалифицированные спортсмены (КС) (n=131)				
	M± Sx	Me	Q1	Q3	M± Sx	Me	Q1	Q3	
β_T, ед.	0,76±0,001	0,76	0,70	0,83	0,64±0,01	0,64	0,60	0,69	<0,001
α_{QRS}, град.	132,4±4,1	119	106	166	141,9±2,2	138	124	157	<0,001
σ_{QRS}, ед.	21,12±1,12	18,1	15,0	23,7	15,9±0,4	15,0	12,9	18,5	<0,001
S_{TR}, ед.	0,034±0,003	0,03	0,02	0,04	0,05±0,01	0,04	0,02	0,05	<0,001

Примечание: ФСП ЭАС – Фазографические скоростные показатели электрической активности сердца; Д – достоверность, рассчитанная по критерию Манна-Уитни

Дополнительно выявлена высокая степень корреляции r = 0,66 (p<0,001) между направлением электрической оси сердца $\alpha_{ЭОС}$, которая определялась традиционным способом по 12-канальной ЭКГ, и углом ориентации фазовой графической иллюстрации α_{QRS}, что подтверждается математическим уравнением $\alpha_{ЭОС} = 0{,}49 \times \alpha_{QRS} - 11{,}95$.

Таблица 4 – Фазографические показатели электрической активности сердца в группе спортсменов и в группе контроля при физической нагрузке, (n=229), Me

ФСП ЭАС	Условия					
	Нагрузка 1 для К- 100 Вт; для КС-130Вт			Нагрузка 2 для К- 200 Вт; для КС-250Вт		
	КС	К	Д	КС	К	Д
β_T, ед.	0,70	0,86	<0,001	0,82	1,02	<0,001
α_{QRS}, град.	145	115	<0,05	160	120	<0,05
σ_{QRS}, ед.	29	24	-	39	26	<0,05
S_{TR}, ед.	0,07	0,03	<0,05	0,07	0,02	<0,05

Примечание: обозначения см. таблица 3

Сравнение диагностической эффективности (информативности) количественного и качественного определения показателей фазовой графической иллюстрации (ФГИ) осуществлялось с помощью ROC-анализа (Receiver Operating Characteristic) с построением ROC-кривых и оценкой AUC (площади под кривой). На рисунке 4 представлены ROC-кривые диагностической эффективности фазографических показателей электрической активности сердца.

Рассчитанные сводные значения диагностической эффективности фазографических показателей ЭАС по признакам ФГИ в исследуемых группах сравнения отображены в Таблице 5.

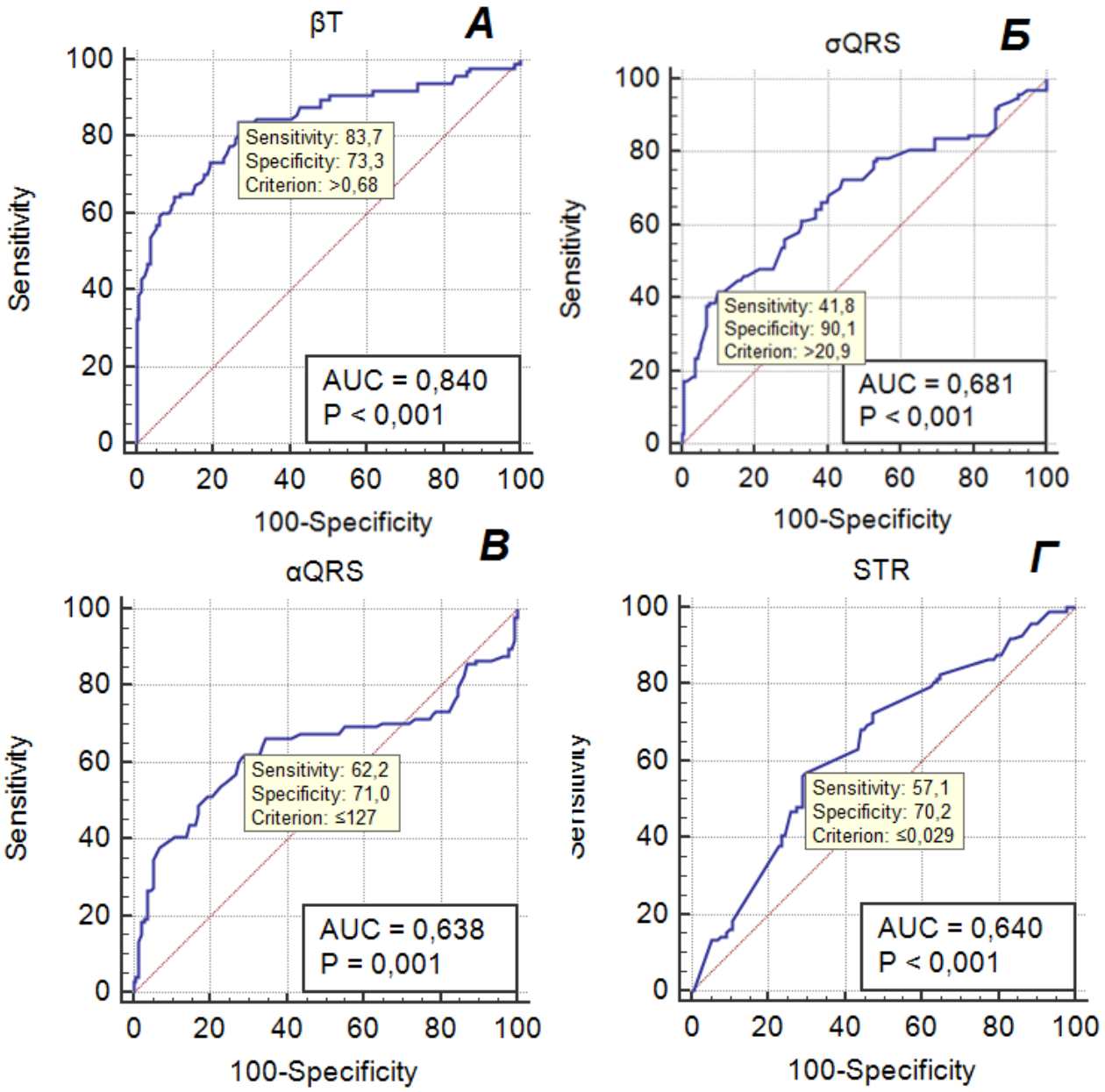

Рисунок 4 − ROC-кривые диагностической эффективности фазографических показателей электрической активности сердца

Примечание: А - симметричность зубца Т (β_T); Б - разброс траекторий фазовой графической иллюстрации (σ_{QRS}); В - угол наклона фазовой графической иллюстрации (α_{QRS}); Г - показатель соотношения площади петель Т и комплекса QRS (S_{TR})

Таблица 5 − Сводные результаты вычисления чувствительности и специфичности показателей ФГИ по результатам ROC-анализа при определении уровня функционального резерва у квалифицированных спортсменов

Показатель	Порог различения	S_E, %	S_P, %	Площадь AUC	Индекс Юдена
β_T, ед.	0,68	83,7	73,3	0,847	0,57
α_{QRS}, град.	127	62,2	71,0	0,638	0,33
σ_{QRS}, ед.	20,9	41,8	90,0	0,681	0,31
S_{TR}, ед.	0,029	57,1	70,2	0,640	0,27

Примечание: S_E – чувствительность; S_P – специфичность

Наилучшую способность классифицировать уровень функционального резерва миокарда по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца проявил показатель β_T, ед. при наибольшим интегральным индексом Юдена.

Таким образом, можно установить следующие пороговые решающие правила:

Высокий уровень резервов, если $\beta_T \leq 0{,}68$……(1)

Высокий уровень резервов, если $127 > \alpha_{QRS} < 185$ град. ……..(2)

Высокий уровень резервов, если, если 10 у.е.> σ_{QRS}< 20,9 у. е……..(3)

Высокий уровень резервов, если S_{TR}> 0,029 у. е. ……(4)

Правила (1-4) можно считать информативными диагностическими решениями, а показатели ФГИ в выявленных референтных границах, с различной чувствительностью и специфичностью для выявления снижения функционального резерва сердечной деятельности. Так же определено, что вклад различных фазографических показателей электрической активности сердца в окончательное решение классификации уровня функционального резерва миокарда не равнозначен. С применением метода множественной бинарной логистической регрессии получен Алгоритм №1 для классификации уровня функционального резерва с учётом вклада каждого показателя, которой пригоден для прогнозирования принадлежности как к группе спортсменов (высокая чувствительность − 93,2%), так и к группе не спортсменов (высокая специфичность − 84,7%), с высокой точность предсказания:

$$\boldsymbol{y=10{,}98-13{,}66\beta_T+0{,}00043\alpha_{QRS}-0{,}088\sigma_{QRS}+8{,}11S_{TR}.}$$

Высокий уровень резервов, если y>57

На **втором этапе** в **серии 1** для участия в исследовании были отобраны 182 квалифицированных спортсмена-юноши 19-22 лет (20,5± 1,5), занимающихся видами спорта с высокой динамической и статической компонентой (футбол, баскетбол, волейбол, бокс, плавание, лёгкая атлетика), согласно классификации Mitchell JH и соавт., находящихся на этапе совершенствования спортивного мастерства, разделённые на три группы – без нарушений, с нарушениями процессов реполяризации и нарушениями ритма. Спортсмены находились в середине подготовительного периода годичного цикла спортивной подготовки. Период восстановления с момента последней тренировки составил не менее 24 часа.

Значения QTc во всех обследованных группах в покое не различались и находились в пределах физиологической нормы (свыше 460 мс и менее 360 мс не выявлено ни у одного спортсмена). Выявлено, что спортсменам с реполяризационным и аритмическим синдромом, в отличие от группы контроля, были характерны сниженные показатели сократительной способности сердца по показателю ударного индекса (УИ, ед.), сниженная физическая работоспособность по показателю PWC_{170}/кг (Вт/кг) и особенности вегетативной регуляции ритма

сердца по показателям индекса напряжения (ИН, ед.) и SDNN (Рисунок 5, Таблица 6).

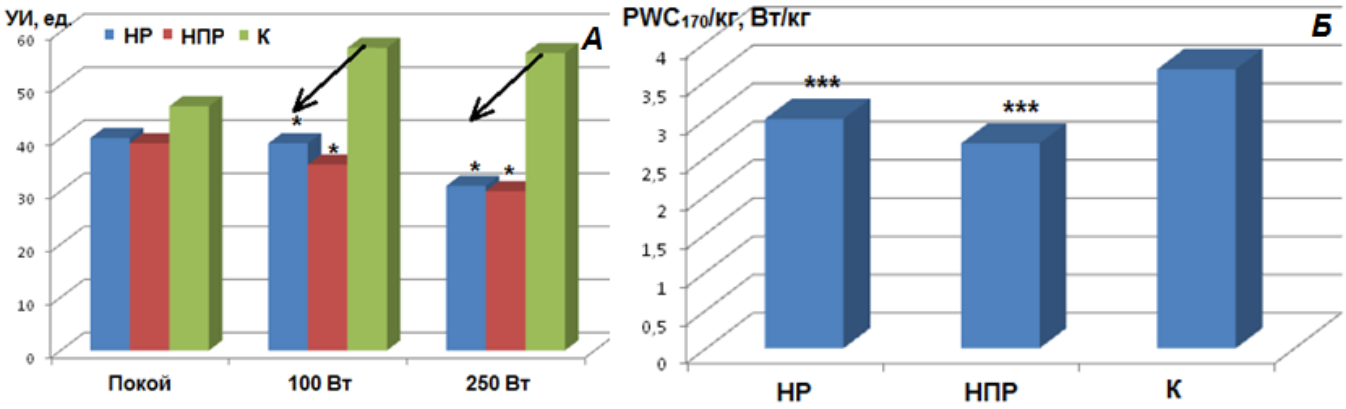

Рисунок 5 − Динамика ударного индекса (УИ, ед.) при увеличении внешней нагрузки (*А*); уровень физической работоспособности в группах сравнения (*Б*)

Примечание: * – различия показателей достоверны относительно группы контроля (p<0,05) по t-критерию Стьюдента; К – контрольная группа; НПР - группа с нарушением процессов реполяризации; НР - группа с нарушением ритма

В течение нагрузочного теста было выявлено падение УИ в группе НР на 35% (p<0,05) относительно покоя при выполнении последней нагрузки 250 Вт. В группе с нарушением процессов реполяризации (НПР) снижение УИ зарегистрировано на 34% (p<0,05) относительно покоя уже при выполнении нагрузки 100 Вт.

Нейрогуморальная регуляция в группе НПР характеризовалась эрготропными церебральними симпатическими влияниями по увеличению показателей LF/HF на 65% (p<0,05) и в 3 раза (p<0,001) показателя ИН на фоне снижения парасимпатического влияния по сниженному SDNN на 85% (<0,001).

Таблица 6 − Показатели нейрогуморальной регуляции сердечного ритма спортсменов с нарушениями функционирования и в контрольной группе

Пока-ли	Группы			Достоверность 1-3
	НР (n = 74) (1)	НПР (n = 67) (2)	К (n = 39) (3)	
VLF, мс^2	654,9±145,3	1599,5±324,4	1226,2±453,6	1-2,3 (<0,01)
LF/HF, у.е.	0,25±0,05	2,10±0,63	1,25±0,23	1-2 (<0,001); 1-3 (<0,05); 2-3 (<0,05)
ИН, у.е.	25,0±2,5	205,3±55,8	55,9±18,6	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,05) 2-3 (<0,001)
SDNN, мс	95,9±5,8	27,5±1,5	49,6±2,2	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,01) 2-3 (<0,001)

В группе с нарушением ритма (НР) отмечалось увеличенное влияние парасимпатического отдела нервной системы по показателю LF/HF на 75% (p<0,05) меньшему значения группы контроля. В данной группе, в сравнение с группой контроля без нарушений, выявлено снижение симпатических и гуморальних воздействий по значениям VLF в среднем в 2 раза (p<0,01) и рост значений показателя SDNN на 65% (p<0,01). Избыточное симпатическое влияние в группе НПР, недостаточное симпатическое влияние в группе НР приводило к

падению значений физической работоспособности у квалифицированных спортсменов в группе НР относительно юношей группы контроля без нарушений на 18% (p<0,001), а в группе НПР на 27% (p<0,001) (Рисунок 5 *Б*). При этом различий между группами НР и НПР по уроню физической работоспособности не виявлено. Адаптационный показатель (АП) в группе НПР указывал на функциональное напряжение адаптационных механизмов, будучи увеличенным на 18% (p<0,001), относительно группы контроля. В группе НР также отмечался рост напряжения адаптационных механизмов при увеличении АП на 12% (p<0,001). Снижение функционального резерва миокарда в группах спортсменов с НР и в группе спортсменов с НПР на фоне снижения физической работоспособности и напряжения механизмов адаптации достоверно подтверждалось фазографическими скоростными показателями (ФСП) электрической активности сердца (ЭАС) (Таблица 7).

Таблица 7 – Фазографические показатели электрической активности сердца в группах квалифицированных спортсменов с нарушением процессов реполяризации (НПР), нарушениями ритма (НР) и в группе контроля, Me(Q_1;Q_3)

ФСП ЭАС	Гр	M± Sx	Me	Q_1	Q_3
β_T, ед.	НР (1)	0,78±0,02	0,78	0,72	0,88
	НПР (2)	0,86±0,01	0,88	0,79	0,91
	К (3)	0,59±0,01	0,59	0,55	0,62
Достоверность	p1-p2 – <0,001; p1-p3 – <0,001; p2-p3 – <0,001				
α_{QRS}, град.	НР (1)	132,0±4,5	119,0	107,5	156,7
	НПР (2)	131,3±4,5	114,5	106,0	145,0
	К (3)	138,5±4,5	130,0	118,4	161,0
Достоверность	-				
σ_{QRS}, ед.	НР (1)	20,1±0,9	18,0	13,6	25,0
	НПР (2)	21,6±0,8	21,0	17,6	24,1
	К (3)	15,2±0,6	15,0	12,0	18,0
Достоверность	p1-p3 – <0,001; p2-p3 – <0,001				
S_{TR}, ед.	НР (1)	0,028±0,003	0,021	0,018	0,030
	НПР (2)	0,020±0,001	0,020	0,020	0,030
	К (3)	0,080±0,001	0,040	0,030	0,070
Достоверность	p1-p3 – <0,001; p2-p3 – <0,001				

Примечания: различия показателей достоверны по критерию Манна-Уитни; НР – нарушение ритма (n = 74); НПР – нарушение поцессов реполяризации (n = 67); К – контроль (n = 39)

Показатель β_T, (ед.) различался во всех трёх группах. В группе НПР значение β_T, (ед.) превышало значения относительно группы контроля на 45% (p<0,001), а в группе НР выше на 32% (p<0,001). На основе этого показателя группы НПР и НР различались на 11% (p<0,001). В Таблице 8 представлены сводные результаты вычисления чувствительности и специфичности фазографических показателей

электрической активности сердца по результатам ROC-анализа при определении прогноза риска нарушения сердечной деятельности у спортсменов.

Таблица 8 – Сводные результаты вычисления чувствительности и специфичности фазографических показателей электрической активности сердца по результатам ROC-анализа

Показатель	Условие	Порог различения	SE, %	SP, %	Площадь AUC	Индекс Юдена
β_T, ед.	НР	0,71	77,0	100,0	0,922	0,77
	НПР	0,71	98,5	100,0	0,998	0,98
σ_{QRS}, ед.	НР	20,4	41,9	92,3	0,666	0,34
	НПР	19,0	64,2	91,3	0,818	0,55
S_{TR}, ед.	НР	0,024	63,5	94,9	0,841	0,58
	НПР	0,029	82,1	87,0	0,905	0,69

Примечание: S_E – чувствительность; S_P – специфичность; НР – нарушение ритма; НПР – нарушение процессов реполяризации

Таким образом, дисфункциональная направленность регуляторных механизмов у квалифицированных спортсменов в группах НР и НПР на фоне снижения физической работоспособности и напряжения механизмов адаптации достоверно классифицировалось фазографическими скоростными показателями электрической активности сердца, что было определено с помощью ROC-анализа. Для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам сравнения использовали метод множественной бинарной логистической регрессии с построением соответствующих уравнений. Для классификации снижения функционального резерва миокарда при нарушении ритма установлен Алгоритм №2:

$$y = -9{,}601 + 15{,}07 * \beta T + 0{,}0012 * \alpha QRS + 0{,}054 * \sigma QRS - 24{,}76 * STR$$

$\boldsymbol{\beta_T} \geq$ 0,71 ед. (77,0% и 100,0%), индекс Юдена 0,77;

$\boldsymbol{\sigma_{QRS}} \geq$20,4 у. е. (41,9% и 92,3%), индекс Юдена 0,34;

$\boldsymbol{S_{TR}} \geq$ 0,024 у. е. (63,5% и 94,9%), индекс Юдена 0,58.

Низкий уровень резервов, если y<65,5 (риск нарушения ритма).

Для классификации снижения функционального резерва миокарда при нарушении процессов реполяризации установлен Алгоритм №3:

$$y = -89{,}26 + 104{,}28 * \beta T + 0{,}058 * \alpha QRS + 0{,}473 * \sigma QRS - 35{,}65 * STR$$

$\boldsymbol{\beta_T} \geq$ 0,71 ед. (77,0% и 100,0%), индекс Юдена 0,98;

$\boldsymbol{\sigma_{QRS}} \geq$20,4 у. е. (64,2% и 91,3%), индекс Юдена 0,55;

$\boldsymbol{S_{TR}} \geq$ 0,029 у. е. (82,1% и 87,0%), индекс Юдена 0,69.

Низкий уровень резервов, если y<63,2 (риск нарушения процессов реполяризации).

На **втором этапе серии 2** было проведено одномоментное когортное исследование для сопоставления результатов, полученных по результатам углубленного обследования на основании заключений врачей-специалистов при

проведении УМО и фазографических показателей электрической активности сердца (Таблица 9).

Таблица 9 – Результаты сопоставления результатов, полученных при использовании методики оценки резервов миокарда с применением ФСП ЭАС и полученными по результатам УМО

Дисфункциональные состояни	Зарегистрированных фактов снижения функционального резер с применением ФСП ЭАС, абс. (% от УМО)	Выявленных и уточнённых на УМО, абс.	Значение критерия Хи-квадрат	Достоверн ость
Нарушение процессов реполяризации	65 (98,5)	66	0,00	0,999
Нарушение ритма	25 (89,3)	28	0,80	0,371
Гипертрофия ЛЖ	9 (45,0)	20	9,09	0,003
Нарушения проводимости (SA-AV-блокады, блокады ножек пучка Гиса)	9 (81,8)	11	0,50	0,480
Синдромы (феномены) предвозбуждения желудочков (CLC, WPW)	3 (50,0)	6	1,33	0,248
Смещение ЭОС	8 (100,0)	8	-	0,999
Каналопатии (CYQT, Бругада)	2 (66,7)	3	0,00	0,999
МАРС	4 (44,4)	9	3,20	0,074
Воспалительные соматические заболевания	20 (95,2)	21	0,00	0,999
Всего	145 (84,3)	172	-	-

Примечание: Статистическая значимость различий (Р) определена по Мак-Нимару

Анализ данных функциональной диагностики и данных неинвазивной оценки функционального состояния спортсменов показал, что результаты с применением ФСП ЭАС сопоставимы с результатами углубленного медицинского обследования. Достоверность определения сниженных функционального резерва миокарда методом Мак-Нимара была установлена у спортсменов во всех группах дисфункциональных состояний, за исключением гипертрофии левого желудочка.

На третьем этапе было проведено исследование функциональной подготовленности квалифицированных спортсменов с одновременной регистрацией фазографических показателей электрической активности сердца.

Средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) у спортсменов была закономерно более низкой, составляла 61,3±5,4 ударов, что превышало значения группы контроля не занимающихся спортом исследуемых на 18% ($p<0,001$). Нормотонический и парасимпатотонический тонус вегетативной регуляции по показателю SDNN на 90% ($p<0,001$), меньшему чем в группе контроля, и незначительное напряжение механизмов регуляции по сниженному ИН на 37%

(p<0,001), характеризовали оптимальные условия для адаптации в группе спортсменов.

Фракция выброса левого желудочка (ФВЛЖ) в группе спортсменов превышала значения не занимающихся спортом исследуемых на 18,1% (p<0,001). Утолщение миокарда по показателю толщины задней стенки левого желудочка (ТЗСЛЖ) на 11% (p<0,05) и толщины межжелудочной перегородки (ТМЖП) на 24% (p<0,01). Умеренная дилятация левых отделов сердца по показателю конечно-диастолического размера правого желудочка (КДР ЛЖ), превышающему значения в группе контроля на 14% (p<0,001), и левого предсердия на 16% (p<0,05), отражала особенности «спортивного сердца» в группе спортсменов. Результаты сравнительного анализа фазографических показателей электрической активности сердца представлены в Таблице 10.

Таблица 10 − Фазографические показатели электрической активности сердца в группах спортсменов и в группе контроля в покое, (n=90) M± Sx

Показатели	Спортсмены	Контроль	Достоверность
β_T, ед	0,60±0,01	0,75±0,01	p<0,001
α_{QRS}, град.	140,6±1,9	120,5±2,1	p<0,001
σ_{QRS}, ед.	14,5±0,5	20,1±1,1	p<0,001
S_{TR}, ед.	0,06±0,02	0,030±0,003	p<0,001

Примечание: межгрупповые различия достоверны по t-критерию Стьюдента для несвязанных выборок

Выявлено, что фазографический скоростной показатель электрической активности сердца β_T, одновременно с гемодинамическими и морфофункциональными показателями определил функциональные резервы сердца у спортсменов. Определенно уменьшение β_T на 20% (p<0,001), σ_{QRS} на 30% (p<0,001), S_{TR} на 55% (p<0,001), а рост α_{QRS} на 20 градусов (p<0,001) у всех спортсменов при увеличение уровня физической работоспособности на 30% (p<0,001) в сравнении с группой контроля.

ФСП ЭАС достоверно реагировали на изменение иммунного статуса спортсменов, с установлением положительной корреляционной взаимосвязи показателей антиэндотоксического иммунитета с фазографическим скоростным показателем симметричности зубца Т: β_T - анти-ЛПС-IgA, r=0,79 (p<0,01), β_T - анти-ЛПС-IgG, r=0,75 (p<0,05). Установлено, что у спортсменов-футболистов до коррекции уровень сывороточных анти-ЛПС-IgA уровни анти-ЛПС-IgM и анти-ЛПС-IgG в крови достоверно повышен по сравнению с величиной этих показателей у юношей из контрольной группы (выше в среднем соответственно в 1,97 раза (p<0,001) и 2,36 раза (p<0,001), а в межсоревновательном периоде после проведённого респираторного тренинга с использованием дыхательного тренажёра ДТМ-2, наблюдалась тенденция к снижению их уровней (в среднем соответственно на 6,8%, 11,5% и 13,8%) (Таблица 11).

Таблица 11 − Уровни сывороточных анти-ЛПС-АТ разных классов и β_T у спортсменов в различные периоды учебно-тренировочного цикла (M± Sx), n=90

Условия		Уровни анти-ЛПС-АТ, усл. ед.			β_T, ед.
		анти-ЛПС-IgA	анти-ЛПС-IgM	анти-ЛПС-IgG	
Футболисты n=45	Переходный период до коррекции	0,176±0,029	0,515±0,065***	0,853±0,091***	0,698±0,042**
	Переходный период после коррекции	0,164±0,023	0,456±0,048	0,735±0,107	0,530±0,025***
Контроль, n=45		0,114 ±0,014	0,262 ±0,041	0,361 ±0,03	0,78±0,08

Примечание: *** (p<0,001) – достоверность различий показателей по сравнению с контрольной группой

При этом снижение коэффициента АСТ/АЛТ на 21% (p<0,001) на фоне оптимизации процессов реполяризации по показателю β_T на 25% (p<0,001) в покое и на 27% (p<0,05) после нагрузки отображало ослабление процессов цитолиза кардиомиоцитов, сопровождающих стресиндуцированные повреждения миокарда в период интенсивных соревновательных нагрузок (Таблица 12).

Таблица 12 − Изменения показателей симметрии зубца Т (β_T) и АСТ/АЛТ у спортсменов 19-22 лет в различные периоды учебно-тренировочного цикла, (x±Sx), n=45

Условия	Показатели		
	β_T, ед.		АСТ/АЛТ, ед.
	Покой	После нагрузки	
В конце соревновательного периода до реабилитации	0,698±0,042	0,765±0,035*	1,65±0,015
После реабилитации в переходный период	0,530±0,025	0,649±0,032*	1,33±0,095
Достоверность	<0,001	<0,05	<0,001

Примечание: *- различия показателей достоверны по сравнению с покоем (p<0,05)

После восстановления в переходном периоде зафиксировано у спортсменов достоверное снижение случаев нарушения ритма более чем на 20% (p<0,05) и случаев нарушений реполяризации на 30% (p<0,01). Показатель симметричности зубца Т (β_T), отражавший изменения ремоделированного миокарда у спортсменов, наравне с гемодинамическими и морфофункциональными показателями составил ведущие первые 4 фактора. На фоне повышения уровня функциональной подготовленности спортсменов-футболистов в различные периоды учебно-тренировочного цикла (по результатам челночного теста при определении МПК путём прямого газоанализа) было зафиксировано уменьшение значения показателя β_T в среднем по группе на 10% (p<0,01) (Таблица 13).

Таблица 13 - Показатели функциональной подготовленности спортсменов в различные периоды учебно-тренировочного цикла, M± Sx (n=45)

Показатель	Период		%	Д
	Переходный*	Соревновательный**		
Время бега	7,55±0,17	8,95±0,15	18,5	<0,001
Величина лактата максимальное, ммоль/л$^{-1}$	13,9±0,56	15,3±0,30	10,4	<0,01
Величина лактата 3 мин. восстановления, ммоль/л$^{-1}$	10,72±0,62	11,31±0,45	5,9	-
МПК, мл·мин$^{-1}$	4280,56±102,05	4965,84±128,47	15,2	<0,01
МПК/кг, мл·кг·мин$^{-1}$	59,16±0,67	62,35±0,55	5,8	<0,001
МПК/кг, мл·кг·мин$^{-0,75}$	172,04±2,12	181,12±2,05	5,4	<0,001
Максимальный пульс, ударов в мин	171,5±11,4	173,5±12,5	1,5	-
Потребление кислорода, млмин$^{-1}$	3963±176	4570±127	15,2	<0,05
Потребление кислорода млмин$^{-1}$кг^{1}	44,92±0,77	48,58±0,56	10,1	<0,001
Потребление кислорода млмин$^{-1}$кг^{0,75}	131,28±2,12	144,58±2,60	10,0	<0,001
Восстановление ЧСС через 1 мин, на кол-во уд.	26,84±2,18	45,35±4,50	68,9	<0,001
Восстановление ЧСС через 2 мин, на кол-во уд.	55,92±2,9	65,45±3,5	17,0	<0,01
β_T в покое	0,675±0,023	0,609±0,021	10,0	<0,01

Примечание: * - перед началом подготовительного периода; ** - перед началом второго круга игр; Д – достоверность

Так же была выявлена высокая степень отрицательной корреляции показателя β_T и МПК (мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$) – r = –0,79 (p<0,01), которая подтвердила значимость этого показателя как маркера кардиометаболических процессов Рассчитана зависимость β_T и пороговой способности миокарда потреблять кислород, что выражалось уравнением линейной регрессии МПК = 213,97–58,06 х$\beta_{T.}$ В результате полученных данных и экспертной оценки была рассчитана таблица значений, позволяющая экспресс-методом определять уровень функциональной подготовленности спортсмена-футболиста и уровня его функционального резерва (Таблица 14).

Таблица 14 – Таблица определения уровня функциональной подготовленности (без учёта амплуа) по показателю симметрии зубца Т

Значения показателя симметрии зубца Т	Соответствующие значения МПК	Функциональная подготовленность
≥ 0,71	≤ 173 мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$	низкий уровень
0,66–0,71	174-183 мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$	средний уровень
0,50–0,65	184-192 мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$	выше среднего
≤ 0,5	≥ 193 мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$	высокий уровень

На четвёртом этапе в первой серии было выявлено значительное различие уровня функционального резерва адаптации у спортсменов-боксёров с различным уровнем квалификации при применение фазографических показателей электрической активности сердца в оценке механизмов срочной адаптации. Коэффициент устойчивости (Ку) в группе начинающих спортсменов в два раза был ниже по сравнению с группой квалифицированных боксёров ($p<0,001$), а значения МПК на 19,2 % ($p<0,01$) у боксёров со стажем превышали значения начинающих занимающихся. Активная реакция сердечно-сосудистой системы на вестибулярную нагрузку у начинающих боксёров с увеличением двойного произведения более чем в два раза относительно покоя, и превышая на 41,3 % ($p<0,01$) показатели спортсменов, так же характеризовала сниженный уровень адаптационных резервов в не квалифицированных боксёров. Наименьшая стабильность ритма, а значит регуляторная адаптивность на пике нагрузки и в восстановительном периоде зафиксирована в группе боксёров со стажем. В группе начинающих боксёров показатель АМо на 20,0±1,5 % ($p<0,05$) был выше, чем у квалифицированных спортсменов. Вагосимпатический баланс в группе боксёров со стажем оставался стабильным в диапазоне 1,5 усл. ед. при вестибулярной нагрузке, а в группе начинающих, будучи высоким изначально и превышая значения квалифицированных боксёров в среднем в два раза, ($p<0,05$), увеличивался до значений 4,26±0,40 ед. ($p<0,001$). Показатель β_T показал наибольшую информативность в определении различий в уровне функционального состояния и функционального резерва спортсменов-боксёров (Таблица 15).

Таблица 15 – Динамика симметрии зубца Т (β_T) и смещения ST при различных условиях у боксёров с разным уровнем квалификации, (x±Sx), n=140

Условия	Показ-ли	Кваллифици-рованные	Начинающие	Достоверность
Покой	β_T	0,68±0,01	0,74±0,02	<0,05
	ST	0,0188±0,0101	0,0317±0,0100	-
Вестиб. нагрузка покой	β_T	0,66±0,01	0,76±0,01	<0,001
	ST	0,0140±0,0091	0,0301±0,0100	-
Пик нагрузки	β_T	0,95±0,02	1,20±0,02	<0,001
	ST	-0,0256±0,0098	-0,0928±0,0120	<0,001
После тренировки	β_T	0,86±0,03	1,00±0,01	<0,001
	ST	-0,0311±0,0115	-0,0541±0,0100	<0,001
Вестиб. нагрузка утомление	β_T	0,79±0,01	1,10±0,02	<0,001
	ST	-0,025±0,0150	-0,0383±0,0110	<0,01
Восстановление 6 мин	β_T	0,69±0,02	0,97±0,01	<0,001
	ST	0,0188±0,0081	-0,0255±0,0100	<0,01
Восстановление 15 мин	β_T	0,66±0,01	0,87±0,02	<0,001
	ST	0,0100±0,0095	-0,0325±0,0100	<0,01

Так, в покое различия β_T между квалифицированными и начинающими боксёрами составили 8% (p<0,05), после вестибулярной и физической нагрузки более 30% (<0,001) и на 40% (p<0,001) в восстановительном периоде. При увеличении внешней нагрузки различного характера, предъявляя к регуляторным и исполнительным механизмам повышенные требования, у начинающих спортсменов по сравнению с квалифицированными отмечалось нарушение кислородообеспечения кардиомиоцитов и сопровождалось депрессией ST при выполнении физической более 60% (p<0,001) на пике нагрузки, более 160% (p<0,001) в конце тренировки, более 20% (p<0,01) при вестибулярной нагрузке в состоянии утомления, а так же более 85% (p<0,01) в восстановительном периоде.

Во второй серии 4 этапа исследования с применением фазографических и фазографических исследований были выявлены перестройки в процессе срочной адаптации у спортсменов разных возрастов и стажем спортивной деятельности в процессе нагрузочного теста (20 приседаний за 30 секунд). В комплексе с общепринятыми показателями оценки адаптационных резервов, были применены показатели фазового усреднённого кардиоцикла (ФУК), полученного в результате перевода полученных скоростных показателей электрической активности сердца во временную плоскость (Таблицы 16, 17).

Таблица 16 − Показатели ФУК исследованных 18-20 лет с разным уровнем адаптационных резервов при различных условиях (M± Sx), n=70

Показатели	Группа	Условия		
		Покой	Нагрузка	Восстановление
Продолж. P, с	1КС	0,103±0,006	0,099±0,004	0,099±0,004
	1Н	0,096±0,004	0,085±0,005	0,90±0,004
Достоверност		-	p < 0,05	-
Продолж. T, с	1КС	0,262±0,010	0,242±0,010	0,260±0,009
	1Н	0,237±0,006	0,221±0,006	0,227±0,009
Достоверност		p < 0,05	-	p < 0,01
Интервал PQ, с	1КС	0,145±0,006	0,142±0,005	0,142±0,006
	1Н	0,131±0,003	0,132±0,007	0,126±0,003
Достоверност		p < 0,05	-	p < 0,01
Интервал QT, с	1КС	0,390±0,007	0,374±0,008	0,396±0,007
	1Н	0,372±0,005	0,352±0,006	0,377±0,006
Достоверност		p < 0,05	p < 0,01	-
QTc, с	1КС	0,420±0,005	0,419±0,006	0,428±0,006
	1Н	0,429±0,010	0,428±0,012	0,436±0,005
Достоверност		-	-	
QRS, с	1КС	0,073±0,003	0,072±0,003	0,073±0,003
	1Н	0,072±0,002	0,072±0,002	0,072±0,005
Достоверност		-	-	-

Примечание: Группа 1КС – квалифицированные боксёры (n=35); Группа 1Н – начинающие боксёры (n=35)

Выявленная корреляционная взаимосвязь β_T и QTc (QTc- β_T) у спортсменов в покое r=0,48 (p<0,05) в группе 18-20 лет и r=0,55 (p<0,01) в группе 21-23 лет и в восстановительном периоде r=0,69 (p<0,001) в группе 18-20 лет отражала значимость роста β_T в увеличение риска удлинения QT.

Таблица 17 − Показатели ФУК исследованных 21-23 лет с разным уровнем адаптационных резервов при различных условиях (M± Sx), n=70

Показатели	Группа	Условия		
		покой	нагрузка	восстановление
Продолж. P, с	2КС	0,113±0,004	0,088±0,006	0,102±0,004
	2Н	0,096±0,004	0,090±0,003	0,085±0,004
Достоверност		p < 0,001	-	p < 0,01
Продолж. T, с	2КС	0,283±0,005	0,264±0,010	0,283±0,007
	2Н	0,238±0,008	0,223±0,006	0,224±0,011
Достоверност		p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
Интервал PQ, с	2КС	0,144±0,006	0,130±0,006	0,142±0,006
	2Н	0,132±0,005	0,127±0,003	0,130±0,003
Достоверност		-	-	-
Интервал QT, с	2КС	0,395±0,007	0,380±0,007	0,404±0,007
	2Н	0,386±0,004	0,367±0,006	0,394±0,006
Достоверност		-	-	-
QTc, с	2КС	0,419±0,008	0,442±0,008	0,435±0,009
	2Н	0,422±0,004	0,408±0,015	0,434±0,004
Достоверност		-	-	-
QRS, с	2КС	0,065±0,003	0,065±0,003	0,066±0,003
	2Н	0,075±0,002	0,075±0,002	0,076±0,002
Достоверност		p < 0,01	p < 0,01	p < 0,01

Примечание: Группа 2КС – квалифицированные боксёры (n=35); Группа 2Н – начинающие боксёры (n=35)

В первой и второй возрастных группах у начинающих спортсменов показатель β_T при проводимой нагрузке достоверно увеличивается – на 16,2% (p<0,001) и на 25,3% (p<0,001) соответственно. У спортсменов младшей группы увеличение β_T зафиксировано в меньшей степени – на 11,1% (p<0,05), а во второй группе изменения не выявлены. При сравнении в группе 18-20 лет у спортсменов рост β_T в среднем на 0,07 мс (p< 0,01) меньше, чем у не квалифицированных, а в группе 21-23 лет – на 0,012 мс (p<0,01). В группе спортсменов этот показатель, в отличие от группы не квалифицированных, приходил в исходное состояние после нагрузки.

Количественная оценка адаптационных особенностей исследованных была дополнена новыми информативными данными на основе качественного анализа системной реакции по регуляторным паттернам (РП). В обеих возрастных группах при выполнении нагрузки на фоне отсутствия изменения ЧСС наблюдались достоверные различия вероятностей появления РП, характеризующих время прохождения возбуждения по предсердиям и атриовентрикулярному соединению

(укорочение продолжительности зубца Р и сегмента PQ), у квалифицированных спортсменов и начинающих спортсменов (Таблицы 18, 19).

У спортсменов 18-20 лет регуляторный паттерн «Убывание» характеризовал преобладание у исследованных укорочение зубца Р в восстановительном периоде, а в группе 21-23 лет в восстановительном периоде выявлен рост значений зубца Р до исходных состояний с проявлением РП «Минимум».

Таблица 18 − Достоверные отличия (p<0,05) распределений паттернов в группах лиц 18-20 лет

Показатели	Тип регуляторного паттерна	Оценка вероятности*	
		Группа 1К	Группа 1Н
Δ_P	«Убывание»	$0{,}5 \pm 0{,}12$	$0{,}214 \pm 0{,}07$
Δ_T	«Минимум»	$0{,}737 \pm 0{,}1$	$0{,}457 \pm 0{,}08$
	«Убывание»	$0{,}053 \pm 0{,}05$	$0{,}257 \pm 0{,}07$
Δ_{QRS}	«Возрастание»	$0{,}526 \pm 0{,}12$	$0{,}229 \pm 0{,}07$

Примечание: *Оценка достоверности отличий частот появления регуляторных паттернов каждого типа в группах проводилась по стандартной методике вычисления доверительных интервалов при заданной надежности вывода

Таблица 19 − Достоверные отличия (p<0,05) распределений паттернов в группах лиц 21-23 лет

Показатели	Тип регуляторного паттерна	Оценка вероятности*	
		Группа 1К	Группа 1Н
Δ_P	«Минимум»	$0{,}75 \pm 0{,}11$	$0{,}258 \pm 0{,}07$
Δ_Q	«Максимум»	$0{,}583 \pm 0{,}13$	$0{,}258 \pm 0{,}07$
	«Возрастание»	$0{,}167 \pm 0{,}1$	$0{,}419 \pm 0{,}08$
Δ_{PQ}	«Минимум»	$0{,}562 \pm 0{,}13$	$0{,}222 \pm 0{,}07$
Δ_{QT}	«Минимум»	$0{,}375 \pm 0{,}13$	$0{,}825 \pm 0{,}06$
	«Возрастание»	$0{,}312 \pm 0{,}12$	$0{,}075 \pm 0{,}04$
	«Постоянная»	$0{,}25 \pm 0{,}11$	$0{,}05 \pm 0{,}03$
Δ_T	«Минимум»	$0{,}25 \pm 0{,}11$	$0{,}65 \pm 0{,}08$
β_T	«Возрастание»	$0{,}062 \pm 0{,}06$	$0{,}3 \pm 0{,}07$
A_R	«Минимум»	$0{,}875 \pm 0{,}09$	$0{,}675 \pm 0{,}07$

Примечание: см. Таблица 18

Сочетание регуляторных паттернов ΔPQ «Минимум» и Δ_P «Минимум», с наибольшей вероятностью зафиксированные у спортсменов старшей возрастной группы, при выполнении нагрузки обеспечивало рост длительности сегмента PQ в среднем на 7,1% (p<0,01) в сравнении с начинающими спортсменами. В младшей возрастной группе в восстановительном периоде сегмент PQ на 3,5% (p<0,05) продолжительней в группе квалифицированных спортсменов, что так же

соответствовало укорочению продолжительности зубца Р с формированием РП ΔP «Минимум».

Таким образом, отличия для лиц с разными адаптационными резервами относились к регуляторным паттернам, которые характеризовали временные показатели кардиоцикла (интервалы ΔP, ΔQT, ΔQRS), особенно в старшей возрастной группе, что указывало на значимость процесса созревания регуляторных механизмов.

В рамках **5 этапа** были определены межгрупповые различия функционального резерва кардиореспираторной системы у юношей с различным типом дыхания по данным капнометрии и фазографии. С определением уровня функционального резерва по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца, установлен коррекционный эффект интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки. Различий в группах спортсменов игровых видов спорта и единоборцев по распределению гипокапнического и нормокапнического типа не выявлено. Нормокапническим типом дыхания характеризовались более 50% спортсменов в обеих группах. При этом в группе единоборцев с гиперкапническим типом было более чем в 2 раза больше ($p<0,05$), чем в группе спортсменов игровых видов спорта. Значительную информативность при различении функционального резерва миокарда проявил показатель симметричности зубца Т (β_T), значения которого были гораздо больше в группах с дисфункциональным типом дыхания относительно группы спортсменов с нормокапническим типом не зависимо от направленности тренировочного процесса. Так снижение функционального резерва в группе спортсменов игровых видов спорта с гипокапнией был наибольший и составил 22% ($p<0,01$), с гиперкапнией – 18% ($p<0,05$). В группе единоборцев с гипокапнией снижение функционального резерва миокарда по β_T составил 17% ($p<0,001$), с гиперкапнией – 15% ($p<0,001$). Корреляционная взаимосвязь между величиной напряжения CO_2 и величиной МПК/кг в группе спортсменов игровых видов спорта с нормокапническим типом выявлена на уровне г=0,63 ($p<0,01$), а в группах с дисфункциональными типами дыхания у футболистов корреляционная взаимосвязь с МПК не установлена. При проведении корреляционного анализа зависимости МПК/кг - $P_{ET}CO_2$ в группе единоборцев выявлена взаимосвязь показателей $PETCO_2$ и показателя аэробных возможностей организма в подгруппах со всеми типами дыхания: в группе с нормокапнией г=0,71 ($p<0,001$), с гипокапнией г=0,71 ($p<0,01$), с гиперкапнией г=0,77 ($p<0,001$).

У спортсменов с исходной гипокапнией проведённая респираторная коррекция характеризовалась наибольшей эффективностью и сопровождалась формированием паттерна дыхания, характеризующегося уменьшением объёмно-частотных составляющих, что представлялось энергетически выгодным с точки зрения обеспечения приспособительного эффекта. Было отмечено уменьшение

частоты дыхания в покое на 20,2 % (p<0,05) и на 25 % (p<0,01) при увеличении физической нагрузки до 250 Ватт. Пиковая объемная скорость выдоха (ПОС) у спортсменов с исходной гипокапнией увеличилась в среднем на 8%. Средний показатель ЖЕЛ после курса респираторной тренировки увеличился на 17%. Прирост значения МВЛ после курса проведенных мероприятий составил 35% (p<0,01). Соотношение показателей резервного объёма выдоха и резервного объёма вдоха после курса дыхательной тренировки свидетельствовало об оптимизации условий газообмена в сторону уменьшения процессов элиминации метаболического CO_2, нормализации газового гомеостаза организма и расширение резервов дыхания при увеличении физической нагрузки при росте его значения в среднем на 12% (p<0,05) на каждой ступени нагрузочного теста, начиная со 100 Вт. После коррекционных мероприятий в группе спортсменов с исходным гипокапническим типом дыхания 86% (43 из 51 исследуемых) были отнесены к нормокапническому типу с $PECO_2$ в среднем равным 38,5 мм рт.ст. (p<0,01) (Таблица 20).

Таблица 20 – Изменение функциональных показателей в группах спортсменов с различным типом дыхания в покое до и после коррекции (M± Sx), n=200

Группа с исходным типом дыхания	Условия	Показатели			
		$PETCO_2$, мм рт.ст.	МПК мл/мин/кг	βT, ед.	σQRS, ед.
нормCO_2 (n=117)	контроль	42,1±1,6	58,1±2,6	0,61±0,01	13,5±0,6
гипоCO_2 (n=51)	до	33,1±1,5	48,1±1,2	0,73±0,04	21,5±0,9
	после	39,2±1,3	53,4±1,1	0,69±0,02	17,5±0,5
Достоверность		p< 0,01	p< 0,01	p< 0,001	p< 0,05
гиперCO_2 (n=32)	до	49,5±2,3	53,6±1,2	0,72±0,08	14,5±0,7
	после	43,1±1,5	54,0±1,5	0,65±0,03	13,0±0,5
Достоверность		p< 0,05	-	p< 0,001	-

Примечания: Достоверность изменений указана между показателями до и после курса респираторной тренировки на уровне

Выявлена эффективность гипоксически-гиперкапнической тренировки в коррекции дисфункционального дыхания у квалифицированных спортсменов с исходным гипокапническим типом дыхания по уменьшению показателя β_T на 6% (p<0,001) в покое, более 5% (p<0,05) на последних ступенях нагрузочного теста (150 Вт, 200 Вт, 250 Вт) и в восстановительном периоде, а показателя σ_{QRS} на 20% (p<0,05) при росте ударного индекса на 13% (p<0,01). Расширение функционального резерва сопровождалась уменьшением частоты дыхания в покое на 20,2 % (p<0,05) и на 25 % (p<0,01) при увеличении физической нагрузки до 250 Вт, увеличением пиковой объемной скорости выдоха в среднем на 8% (p<0,05), ростом жизненной ёмкости лёгких на в покое и при увеличении физической нагрузки 17% (p<0,05), приростом значения максимальной вентиляции лёгких до 35% (p<0,01) и соотношения показателей резервного объёма выдоха и резервного

объёмы вдоха в среднем на 12% (<0,05) на каждой ступени нагрузочного теста, начиная со 100 Вт. На фоне роста и МПК/кг на 10% (p<0,001) зафиксирован рост $P_{ET}CO_2$ в среднем до 38,5 мм рт. ст. (p<0,01). В группе с исходно гиперкапническим типом дыхания снижение напряжения механизмов регуляции на нагрузке 150 Вт – при снижение ИН на 43% (p<0,05) и в восстановительном периоде – на 33% (p<0,05) сопровождалось уменьшением значения β_T на 10% (p<0,001).

Таким образом, полученные результаты пяти этапов исследования позволили верифицировать фазометрические показатели электрической активности сердца и подтвердить достоверность их метрологической оценки в решении задач спортивной медицины, сформулировать методологию фазографии в следующих постулатах:

1. Принципиальным основанием прогнозирования при фазографии является отсутствие функции времени в качестве математического аргумента при проекции изображения электрического сигнала. Этот факт позволяет распознавать скоростные особенности процесса электрогенеза, расширяя горизонт анализа и прогноза.

2. При исследовании графических иллюстраций и усреднённого кардиоцикла в фазовом пространстве состояний сердечной деятельности «выявляются» ранее не наблюдаемые признаки, которые не фиксируются другими способами анализа, а именно: разброс фазовой графической иллюстрации (ФГИ) (σ_{QRS}, усл. ед.), угол наклона ориентации усредненной фазовой траектории (α_{QRS}, град.), симметрия зубца Т (β_T, ед.) и дисперсия симметрии зубца Т ($D\beta_T$, ед.), показатель отношения площадей петель зубца Т и комплекса QRS фазовой графической иллюстрации ($S_{TR,\ ед.}$), а также показатели фазового усреднённого кардиоцикла.

3. Эридитарность, как качество системной памяти произошедших ранее событий изменения электрического сигнала миокарда, с применением фазографического анализа, позволяет прогнозировать дальнейшую активность.

4. Использование фазографических измерений по совокупности признаков позволяет составить интегральную прогностическую оценку функционального следа адаптации и определения ранних признаков нарушений.

5. Донозологическая диагностика функционального резерва в условиях спортивной деятельности с учётом фазографических показателей электрической активности сердца позволила перейти к прогностической оценке ее количественных характеристик и исчислению ее меры.

ВЫВОДЫ

1. На основании проведения функциональных исследований у 1299 человек с применением ROC-анализа и метода множественной бинарной логистической регрессии установлена чувствительность – 93,2% и специфичность – 84,7% метода фазографии, что позволяет использовать изучаемые

фазографические показатели в качестве диагностического критерия для оценки функционального резерва у спортсменов.

2. Оценка функционального резерва у спортсменов на основе фазографических показателей электрической активности сердца соответствует уровням физической работоспособности и адаптационного резерва, эффективности функционирования миокарда и степени экономизации функций кардиореспираторной системы, которые выявляются методами функциональной диагностики.

3. Результаты фазографических измерений, отражающие скоростные характеристики электрической активности сердца, подтверждают снижение функционального резерва при нарушении ритма (чувствительность – 89,2%, специфичность – 79,5%) и нарушении реполяризации (чувствительность – 97,0%, специфичность – 100%). Достоверность определения сниженных функциональных резервов миокарда устанавливается методом Мак-Нимара в сопоставлении с данными углубленного медицинского обследования у спортсменов во всех группах дисфункциональных состояний, за исключением гипертрофии левого желудочка.

4. Изменения показателей уровня иммунореактивности в различные периоды учебно-тренировочного цикла по показателям сывороточных анти-липополисахарид-антител разных классов коррелируют с фазографическим показателем симметричности зубца Т (анти-ЛПС-IgA, $r=0,79$ ($p<0,01$) и анти-ЛПС-IgG, $r=0,75$ ($p<0,05$). В переходный период при сравнении с соревновательным периодом методом фазографии выявлена оптимизация процессов реполяризации по показателю симметричности зубца Т на 25% ($p<0,001$), на фоне ослабления процессов цитолиза кардиомиоцитов по отношению АСТ/АЛТ на 21% ($p<0,001$).

5. Увеличение уровня функциональной подготовленности у спортсменов по показателям аэробной мощности (МПК/кг, мл·кг·мин$^{-0,75}$) на 5,4% ($p<0,001$), экономичности (ПК, мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$) на 10,0% ($p<0,001$) и эффективности (восстановление ЧСС за 2 мин) на 17% ($p<0,01$) характеризуется уменьшением значения наиболее информативного (по результатам многофакторного анализа в оценке функционального состояния спортсменов) показателя симметричности зубца Т на 10% ($p<0,01$). Выявлена отрицательная корреляция ($r = –0,79$; $p<0,01$) между показателем максимального потребления кислорода и значениями симметричности зубца Т, что позволяет рассматривать его в качестве маркера кардиометаболических процессов и, на основании уравнения линейной регрессии, рассчитать таблицу значений для экспресс-оценки уровня функциональной подготовленности.

6. Оперативная диагностика функционального резерва в процессе срочной адаптации к физической и вестибулярной нагрузкам при применении метода фазографии осуществляется по критерию наименьшего смещения сегмента ST фазографического усреднённого кардиоцикла, приросту показателей

вариабельности циклов σ_{QRS} и стабильности симметричности зубца Т. Разработанные регуляторные паттерны на основе фазового усредненного кардиоцикла с кратковременной физической нагрузкой (20 приседаний за 30 сек), на фоне отсутствия изменения ЧСС, позволяют выявлять возрастные особенности динамики электрической активности сердца, что свидетельствует о значимости процесса созревания регуляторных механизмов у спортсменов при совершенствовании квалификации.

7. Коррекционный эффект интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки осуществляется за счёт установления нормокапнического типа дыхания по показателю уровня CO_2 в выдыхаемом воздухе, более экономичной работе кислородтранспортной системы и проявляется эффективностью вентиляторного контроля при снижении адаптационного напряжения, что способствует снижению случаев нарушения ритма на 20,0% ($p<0,05$) и случаев нарушений реполяризации на 33,3% ($p<0,01$), выявленных с применением фазографических показателей электрической активности сердца.

8. Эффективность дыхательной тренировки у спортсменов с исходной гипокапнией проявляется уменьшением объёмно-частотных характеристик дыхания в среднем на 20,2% ($p<0,05$) в покое и на 25% ($p<0,01$) при увеличении физической нагрузки до 250 Ватт, ростом аэробной производительности организма в среднем на 10,4% ($p<0,05$) и сократительной возможности сердца на 13% ($p<0,01$), при этом увеличение функционального резерва сопровождается снижением симметричности зубца Т на 6,1% ($p<0,001$) и показателя вариабельности циклов на 20,6% ($p<0,05$) при измерении электрического сигнала миокарда с графическим отображением в фазовой плоскости. В группе с исходно гиперкапническим типом дыхания при неизменных аэробных возможностях отмечается снижение активности симпатического отдела по снижению индекса напряжения в среднем на 30,5% ($p<0,05$) и уменьшению симметричности зубца Т на 10% ($p<0,001$).

9. Применение фазографии обеспечивает дифференцированный подход к оценке функционального резерва у спортсменов в различных условиях спортивной деятельности, что позволяет сформулировать методологию фазографических измерений скоростных показателей электрической активности сердца.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Фазографические показатели электрической активности сердца могут быть рекомендованы:

- для обеспечения оперативного контроля за функциональным состоянием и уровня функционального резерва у квалифицированных спортсменов;
- при оптимальном дозировании и выборе режимов физических и дыхательных нагрузок;

○ экспресс-оценки уровня функциональной подготовленности у квалифицированных спортсменов.

1. Рекомендовано применять определенные референсные границы нормы фазографических показателей электрической активности:

Высокий уровень резервов, если $\beta_T \leq 0{,}68$

Высокий уровень резервов, если $127 > \alpha_{QRS} < 185$ град.

Высокий уровень резервов, если, если 10 у.е.> $\sigma_{QRS} < 20{,}9$ у. е

Высокий уровень резервов, если $S_{TR} > 0{,}029$ у. е.

2. Для классификации высокого уровня функционального резерва с учётом вклада каждого фазографического показателя рекомендовано применять следующую формулу расчёта:

$$y = 10{,}98 - 13{,}66\beta T + 0{,}00043\alpha QRS - 0{,}088\sigma QRS + 8{,}11STR$$

Высокий уровень резервов, если у>57

3. Для классификации низкого уровня функционального резерва с учётом вклада каждого фазографического показателя рекомендовано применять следующие формулы расчёта:

$$y = -9{,}601 + 15{,}07 * \beta T + 0{,}0012 * \alpha QRS + 0{,}054 * \sigma QRS - 24{,}76 * STR$$

Низкий уровень резервов, если у<65,5 (риск нарушения ритма)

$$y = -89{,}26 + 104{,}28 * \beta T + 0{,}058 * \alpha QRS + 0{,}473 * \sigma QRS - 35{,}65 * STR$$

Низкий уровень резервов, если у<63,2 (риск нарушения процессов реполяризации)

4. Для экспрес-оценки функциональной подготовленности спортсменов рекомендовано применять разработанную таблицу определения уровня функциональной подготовленности (без учёта амплуа) по показателю симметрии зубца Т.

5. Для увеличения уровня функционального резерва при дисфункциональном дыхании (гипокапния, гиперкапния) у спортсменов рекомендовано применение 10-ти дневного курса интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Минина, Е. Н. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы по совокупности признаков фазового портрета одноканальной ЭКГ / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг // Российский кардиологический журнал. – 2015. – № 12 (128). – С. 7–13.
2. Минина, Е. Н. Актуальность прогностической оценки сердечной деятельности у спортсменов-футболистов / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий, Ю. В. Бобрик, В. В. Минин, З. Р. Курбетдинова // Теория и практика физической культуры. – 2018. – Т. 9. – № 963. – С. 78–82.
3. Lastovetsky, A.G., A Triangulation Approach to Checking the Reliability of Estimation of Oscillatory Modes Embedded in an ECG Signal / A.G. Lastovetsky, E.N. Minina // Biophysics. – 2018. – Vol. 63. – No. 5. – pp. 779–790.
4. Ластовецкий, А.Г. Метрологическая оценка фазового усреднённого кардиоцикла в решении задач восстановительной и спортивной медицины / А.Г. Ластовецкий, Е.Н. Минина // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2020. – Т. 97. – № 3. – С. 14-23.
5. Минина, Е. Н. Дифференцированный подход в коррекции функционального состояния кардиореспираторной системы квалифицированных спортсменов гипоксически-

гиперкапнической тренировкой / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий, Н. С. Сафронова, В. В. Минин // Теория и практика физической культуры. – 2020. –№ 12. – С. 15-17.
6. Минина, Е. Н. Фазовый портрет одноканальной ЭКГ в оценке функционального резерва сердечно-сосудистой системы / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21, № 3. – С. 22-27.
7. Минина, Е. Н. Новый подход в изучении взаимосвязи функциональной подготовленности и электрогенеза у спортсменов с использованием эталонного кардиоцикла / Е. Н. Минина // Вестник новых медицинских технологий [Электронный журнал]. – 2014.– № 1.
8. Минина, Е. Н. Гуморальный иммунный ответ на липополисахариды энтеробактерий у юношей 18–19 лет с разным уровнем адаптационных резервов кардиореспираторной системы / Е. Н. Минина, А. И. Гордиенко // Вестник новых медицинских технологий. – 2015. – Т. 22, № 4. – С. 89-98.
9. Минина, Е. Н. Подходы к изучению модификаций кардиореспираторной системы в анализе эффективности респираторной тренировки / Е. Н. Минина, И. М. Белоусова // Вестник новых медицинских технологий [Электронный журнал]. – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 290-301.
10. Минина, Е. Н. Предпосылки и актуальные вопросы когнитивного подхода при анализе функциональных систем в медико-биологических исследованиях (обзор литературы) / Е. Н. Минина // Вестник новых медицинских технологий. [Электронный журнал]. – 2017. – Т. 11,№ 2. – С. 332-348.
11. Минина, Е. Н. Оценка изменения функционального состояния кардиогемодинамики при аромавоздействии с использованием алгебраической модели конструктивной логики / Е. Н. Минина // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 112-118.
12. Минина, Е. Н. Особенности прогнозирования эффективности функционирования кардиогемодинамики с учётом линейных и хаотических режимов / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий // Вестник новых медицинских технологий [Электронный журнал]. – 2018. – Т. 12, № 2. – С. 89-98.
13. Минина, Е. Н. Особенности реполяризации миокарда при действии смоделированных рекреационных факторов Крыма / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий, Ю. В. Бобрик // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2018 – № 4. – С. 21-35.
14. Минина, Е. Н. Фазометрия ЭКГ-сигнала как стратегия оптимизации первичной медико-социальной помощи / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий // Медицина и высокие технологии. – 2018. – № 1. – С. 29-36.
15. Минина, Е. Н.Экспресс-оценка риска нарушения сердечной деятельности у обучающихся с использованием фазографии ЭКГ-сигнала / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий // Новые медицинские технологии. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 76-84.
16. Минина, Е. Н. Оптимизация функционального тестирования сердечно-сосудистой системы у футболистов высокой квалификации с применением телемедицинских мониторинговых технологий / Е.Н. Минина, А.Г. Ластовецкий // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2019. – № 5. – С. 163-170
17. Минина, Е. Н. Определение диагностической информативности фазографических показателей электрической активности сердца в оценке функционального резерва у спортсменов / Е.Н. Минина, А.Г. Ластовецкий // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2020. – № 4. – С. 3-5.
18. Минина, Е. Н. Выявление нарушений сердечной деятельности у спортсменов с применением фазографического анализа скоростных показателей электрической активности сердца / Е.Н. Минина, А.Г. Ластовецкий // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2020. – № 4. – С. 3-4.

19. *Минина Е. Н. Анализ волны Т ЭКГ в фазовом пространстве в определении функционального резерва миокарда / Е. Н. Минина // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия Биология. Химия. – 2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 148-153.
20. *Минина Е. Н. Сравнительная характеристика резервов вегетативной регуляции у боксеров разной квалификации / Е. Н. Минина, В. В. Минин // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия Биология. Химия. –2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 141–148.
21. *Файнзильберг Л. С. Исследование диагностической ценности угла ориентации фазового портрета одноканальной ЭКГ как индикатора функционального состояния миокарда / Л. С. Файнзильберг, Е. Н. Минина // Клиническая информатика и телемедицина. – 2013. – Т. 9, вып. 10. – С. 1-10.
22. *Файзильберг Л. С. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы по величине разброса фазовых траекторий ЭКГ / Л. С. Файнзильберг, Е. Н. Минина // Кибернетика и вычислительная техника. – 2014. –№ 175. –С. 5-20.
23. *Минина Е. Н. Особенности вентиляционного контроля юношей 19–20 лет с разным уровнем функционального резерва кардиореспираторной системы / Е. Н. Минина // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского: Серия Биология. Химия. – 2014. – Т. 27 (66), № 4. – С. 43-51.
24. Минина Е. Н. Функциональные особенности кардиогемодинамики и её регуляции у боксёров-любителей 30–35 лет разной квалификации / Е. Н. Минина, В. В. Минин // Учёные записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2015. – № 9 (127). – С. 132-138.
25. Минина Е. Н. Возможности коррекции психосоматического здоровья школьников 11–13 лет при занятиях боксом / Е. Н. Минина, В. В. Минин // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. –2015. – № 6. –С. 44-48.
26. Минина Е. Н. Возможности оценки реполяризации миокарда с использованием эталонного кардиоцикла / Е. Н. Минина, З. Р. Курбетдинова, И. Ю. Тимашов // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия Биология. Химия. – 2015. – Т. 1 (67), № 4. – С. 26-35.
27. Минина Е. Н. Физиологические эффекты гипоксически-гиперкапнической тренировки у футболистов 15–16 лет / Е. Н. Минина, З. Р. Курбетдинова // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия Биология. Химия. – 2015. – Т. 1 (67), № 2. – С. 94-104.
28. Минина Е. Н. Гендерные особенности изменения взаимосвязи параметров эталонного кардиоцикла при естественном аромавоздействии / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2015. – Т. 5, № 4 (20). –С. 33-38.
29. Минина Е. Н. Качественная оценка адаптационных резервов сердечно-сосудистой системы на основе регуляторных паттернов эталонного кардиоцикла одноканальной ЭКГ / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг, К. А. Ориховская // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и технические науки. –2016. – № 8. – С. 103-113.
30. Минина Е. Н. Мониторинг риска возникновения кардиальных нарушений у больных с шизофренией / Е. Н. Минина, Ю. В. Бобрик, А. В. Кулинченко // Крымский терапевтический журнал. – 2016. – № 4. – С. 40-45.
31. Минина Е. Н. Общетеоретические основы функционального управления и новый методологический подход изучения кардиогемодинамики / Е. Н. Минина // Врач-аспирант. – 2016. –Т. 79, № 6.1. – С. 133-141.

32. Бобрик Ю. В. Новые возможности прогнозирования и снижения риска кардиотоксичности нейролептической терапии у пациентов с шизофренией с использованием физиотерапии / Ю. В. Бобрик, Е. Н. Минина, А. В. Кулинченко // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2017. – Т. 23,№ 3. – С. 99-99а.
33. Минина Е. Н. Физиологическая объективизация параметров эталонного кардиоцикла одноканальной ЭКГ с использованием алгебраической модели конструктивной логики / Е. Н. Минина // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия Биология. Химия. – 2017. – Т. 3 (69), № 4. – С. 149-165.
34. Минина Е. Н. Вегетотропные эффекты воздействий рекреационных факторов Крыма / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий, Ю. В. Бобрик // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2018. – Т. 24,№ 2. – С. 110.
35. Ластовецкий А. Г. Достижение достоверности оценки колебательных режимов ЭКГ-сигнала с использованием триангуляции / А. Г. Ластовецкий, Е. Н. Минина // Биофизика – 2018. – Т. 63, 5. – С. 975-988.
36. Минина Е. Н. Использование фазовой графической иллюстрации ЭКГ-циклов в качестве диагностического критерия изменения функции миокарда / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий // Научные ведомости БелГу. Серия Медицина. Фармация. – 2018. – Т. 41, № 2. – С. 269-279.
37. Минина Е. Н. Показатель симметрии зубца Т ЭКГ в фазовом пространстве как индикатор долговременной и срочной адаптации / Е. Н. Минина // Материалы Всеукраинской научной конференции «Актуальные проблемы валеологии и реабилитации». Симферополь, – 2013 – С. 73-79.
38. Минина Е. Н. Динамика показателя симметрии зубца Т в оценке функционального состояния миокарда / Е. Н. Минина // Материалы Всеукраинской научной конференции «Актуальные проблемы валеологии и реабилитации». Симферополь, – 2013 – С. 71-73.
39. Минина Е. Н. Инновационные подходы к определению функционального резерва миокарда / Е. Н. Минина, И.В. Бедаш // Материалы Крымской научно-практической конференции «Физическая культура, спорт и здоровье». Симферополь, – 2014. – С. 33-35.
40. Минина Е. Н. Возвратное дыхание как метод гипоксически-гиперкапнической тренировки при подготовке единоборцев на примере каратистов / Е. Н. Минина, Н.О. Царёва // Материалы Крымской научно-практической «Физическая культура, спорт и здоровье», –Симферополь, 2014 – С. С. 35-40.
41. Минина Е. Н. Показатель симметрии зубца Т как критерий функционального резерва миокарда и эффективности коррекционных воздействий / Е. Н. Минина // Труды ГБУЗ РК «Академический НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации имени И.М.Сеченова». Ялта. – 2015. – Т. XXVI.– С. 149 - 151.
42. Минина Е. Н. Новые подходы в оценке кардиореспираторного сопряжения у школьников / Е. Н. Минина, И. Н. Богач, Л. С. Файзильберг // Проблемы современной науки и образования. – 2015. –№ 11 (41). – С. 70-75.
43. Минина Е. Н. Количественное определение функционального состояния миокарда в скрининг-исследованиях школьников / Е. Н. Минина, Л. С. Файзильберг, И. Н. Богач // Евразийский союз ученых. –2015. –№ 5–7 (14). – С. 29-33.
44. Минина Е. Н. Особенности вегетативной регуляции при адаптации к физической нагрузке регбистов 19–20 лет / Е. Н. Минина, Н. Н. Викулова, Р. А. Кухарук // Национальная ассоциация ученых. –2015. –№ 4–6 (9). – С. 114-116.
45. Минина Е. Н. Динамика напряжения адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы в процессе спортивно-оздоровительного пешего похода / Е. Н. Минина, А. Н. Гребнев, П. В. Финогентов / International Scientific Review. –2015. –№ 8 (9). –С. 14–21.

46. Минина Е. Н. Особенности формирования типов вентиляции по напряжению углекислого газа в конце выдоха у студентов с разным уровнем физической работоспособности / Е. Н. Минина, И.М. Белоусова // Eastern European Scientific Journal (Gesellschaft swissenschaften): Düsseldorf (Germany): AurisVerlag, – 2015. – № 3 – pp. 45-53.
47. Минина Е. Н. Скрининговое определение функционального резерва миокарда у юношей 18-19 лет с разным уровнем тренированности / Е. Н. Минина, П. В. Финогентов // Материалы Крымской научно-практической «Адаптивная физическая культура и реабилитация: инновационные подходы и технологии в реализации концепции развития оздоровительно-рекреационного комплекса Республики Крым», – Симферополь, 2015 – С. 52-55.
48. Финогентов П. В. Особенности функционального резерва миокарда у обучающихся различной направленности образовательного процесса / П. В. Финогентов, Е. Н. Минина // Современные проблемы курортной реабилитации и двигательной рекреации : материалы Крымской региональной науч.-практ. конф., посвящ. 15-летию образования кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий Таврической академии. – 2016. – С. 226-230.
49. Минина Е. Н. Анализ кардиогемодинамического функционирования с использованием энтропийного подхода и метода фазовой плоскости / Е. Н. Минина, Л. С. Файзильберг // Сложность. Разум. Постнеклассика. –2016. –№ 4. – С. 5-17.
50. Минина Е. Н. Когнитивный графический образ в оценке кардиогемодинамики / Е. Н. Минина // Материалы 5-й Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях». –2017. – С. 144-147.
51. Курбетдинова З.Р. Гипоксически-гиперкапническая тренировка в расширении адаптационных резервов боксёров 20 лет / Материалы V Международного научного конгресса "Проблемы физкультурного образования: концептуальные основы и научные инновации" // З.Р. Курбетдинова, А.Г. Ластовецкий, Е.Н. Минина. – 2018. – С. 313-317.
52. Минина Е. Н. Когнитивный графический образ в оценке кардиогемодинамики / Е. Н. Минина, А. Г. Ластовецкий // Материалы 6-й Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях». –2019. – С. 122-123.

Монографии

53. Нерешённые проблемы неврологии и психиатрии: монография; Бобрик Ю.В., Волков В.П., Волкодав О.В., Зинченко С.А., Корсунская Л.Л., Кулинченко А.В., Ласовская Т.Ю., Лобзин С.В., Минина Е.Н., Наделяева А.К., Пеннияйнен В.А., Резванцев М.В., Соколова М.Г.; под ред. В.П. Волкова – Новосибирск. – 2016. – 114 с.
54. Минина Е. Н. Оптимизация скрининг-оценки кардиогемодинамики с использованием алгебраической модели конструктивной логики / Е. Н. Минина / под ред. А. А. Хадарцева, В. А. Хромушина. – Москва. – 2017.–143 с.

Патенты

55. Минина Е. Н., Файзильберг Л. С., Буков Ю. А. Способ экспресс-контроля функционального резерва миокарда и адекватности физической нагрузки :патент на полезную модель № 87096 (Украина); заявитель и патентообладатель Таврический нац. ун-т им. В. И. Вернадского, опубл.27.01.2014, Бюл. № 2.
56. Минина Е. Н., Файзильберг Л. С. Способ оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека : патент на полезную модель № 87096 (Украина); опубл. 26.08.2014, Бюл. гос. службы интел. собств. № 16; патент на изобретение № 109734 (Украина); опубл. 25.09 2015, Бюл. гос. службы интел. собств. № 18.
57. Минина Е. Н., Файзильберг Л. С. Способ оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека: патент на изобретение, решение № 13028/3А/15 от 24.06.2015.

58. Минина Е. Н., Буков Ю. А., Белоусова И. М. Устройство для интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки организма человека: патент на полезную модель № 158989 (Российская Федерация), заявитель и патентообладатель Крымский федеральный ун-т им. В. И. Вернадского, опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.

* работа опубликована в журнале, включенном в Перечень рецензируемых научных журналов Украины, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание учёной степени доктора и кандидата наук, и приравнена к работам в журналах, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (Положение об особенностях присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий лицам, признанным гражданами Российской Федерации в связи с принятием в Российскую Федерацию Республики Крым и образованием в составе Российской Федерации новых субъектов – республики Крым и города федерального значения Севастополя, утверждённое постановлением Правительства Российской Федерации от 30.07.2014 г. №723).

Список условных сокращений и обозначений

АД–артериальное давление
АМо–амплитуда моды
ДМП–доля мёртвого пространства
ДП–двойное произведение
ДТМ– дыхательный тренажёр в модификации
ЖЕЛ – жизненная ёмкость лёгких
ИН–индекс напряжения
КДР–конечно-диастолический размер
КПР–компенсаторно-приспособительная реакция
ЛПС–липополисахарид
Мо–мода
МОК–минутный объём крови
МПК– максимальное потребление кислорода
НР – нарушением ритма
НПР – нарушением процессов реполяризации
ОПСС–общее периферическое сопротивление сосудов
РП– регуляторный паттерн
САД –систолическое артериальное давление
СИ–сердечный индекс
УИ–ударный индекс
УО– ударный объём
ФГИ– фазовая графическая иллюстрация
ФУК- фазовый усреднённый кардиоцикл
ФСП – фазографические скоростные показатели
β_T, ед. – показатель симметричности участка реполяризации ФГИ
σ_{QRS}, ед. – показатель разброса фазовых траекторий ФГИ
α_{QRS}, град. – показатель угла ориентации усредненной траектории ФГИ
S_{TR}, ед. – соотношение участков деполяризации реполяризации ФГИ
ЧСС–частота сердечных сокращений
ЭКГ– электрокардиограмма
ЭПД–электрический потенциал действия
ЭАС– электрическая активность сердца
УМО – углубленное медицинское обследование