ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»
ТАВРИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ (СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ)

Направах рукописи

Минина ЕленаНиколаевна

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВАУ СПОРТСМЕНОВ НА ОСНОВЕ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

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

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Научный консультант
Доктор медицинских наук, профессор
Ластовецкий Альберт Генрихович

Москва–2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ…… 4

ГЛАВА I АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗМЕРЕНИЙ, РЕЗЕРВОМЕТРИИ И ПРЕВЕНЦИИ НАРУШЕНИЙ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ (обзор литературы)…… 20

1.1. Актуальные вопросы оценки функционального резерва сердечно-сосудистой системы……. 20

1.2. Определение функционального резерва миокарда у спортсменов... 30

1.3. Оптимизация оценки электрического сигнала миокарда при автоматизированной цифровой ЭКГ-диагностике……. 43

1.3.1. Значение скоростных характеристик электрической активности сердца в оценке адаптационных резервов миокарда……...

1.3.2. Фазографический подход приавтоматизированном цифровом анализе скоростных характристик электрической активности сердца……... 47

1.4. Влияние гипоксически-гиперкапнической тренировки на оптимизацию адаптационных резервов спортсменов…….. 53

ГЛАВА II МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ…… 55

2.1. Общая характеристика организации исследования…… 55

2.2. Методика фазографического измерения скоростных показателей электрической активности сердца……..... 65

2.3. Методы исследования ……... 68

2.4. Респираторный тренинг……. 74

2.5. Методы статистической обработки…….. 75

ГЛАВА III ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВА У СПОРТСМЕНОВ (Результаты собственных исследований)……. 78

3.1. Характеристика показателей функционального резерва кардиогемодинамики в группах сравнения……. 78

3.2. Характеристика регуляторного обеспечения физической работы в группах сравнения…… 88

3.3. Анализ показателей электрической активности миокарда в группах сравнения……. 91

3.4. Анализ фазографических скоростных показателей электрической активности миокарда в группах сравнения…….. 94

ГЛАВА IV ВЫЯВЛЕНИЕ СНИЖЕННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВА ПРИ НАРУШЕНИИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАЗОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА (Результаты собственных исследований) …….. 116

4.1. Оценка нарушений функции миокарда у спортсменов с учётом количественных значений фазографических скоростных показателей электрической активности сердца……. 117

4.2. Сопоставление результатов, полученных с применением фазографических скоростных показателей электрической активности сердца с данными, полученными при УМО…….. 140

ГЛАВА V АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ С УЧЁТОМ ОЦЕНКИ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА (Результаты собственных исследований) …. 151

ГЛАВА VI ПРИМЕНЕНИЕ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕХАНИЗМОВ СРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ (Результаты собственных исследований) …… 175

6.1. Сравнительная характеристика показателей срочной адаптации к вестибулярной нагрузке в группах боксёров с разным уровнем квалификации……. 175

6.2. Возрастные особенности срочной адаптации к стандартной нагрузке в группах боксёров с разным уровнем квалификации…. 186

ГЛАВА VII ОЦЕНКА РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА РЕСПИРАТОРНОГО ТРЕНИНГА У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА (Результаты собственных исследований)……. 208

ЗАКЛЮЧЕНИЕ…… 229
ВЫВОДЫ…….. 251
РЕКОМЕНДАЦИИ……...253
СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ…….. 255
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…… 257
ПРИЛОЖЕНИЯ…… 292

ВВЕДЕНИЕ

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 изучаютя, 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 результатов 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.

ГЛАВА I
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗМЕРЕНИЙ, РЕЗЕРВОМЕТРИИ И ПРЕВЕНЦИИ НАРУШЕНИЙ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ

(обзор литературы)

1.1. Актуальные вопросы оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у спортсменов

Результативность в видах спорта, тесно сопряженных с физиологией мышечной деятельности, напрямую зависит от оптимального взаимодействия и слаженного функционирования всех систем организма. Сердечно-сосудистая система является интегральным и часто лимитирующим фактором интенсивной физической активности [4, 28, 104, 132, 176, 229, 243]. В этой связи ёмкость её функциональных резервов в процессе адаптации отражает качество адаптации и успешность тренировочного и соревновательного процесса [77, 130, 262].

Устойчивость конкретного полезного результата описывается термином «функциональные резервы». Это понятие определяется диапазоном изменений функциональной активности физиологических систем и активационными механизмами организма. Оптимальное функционирование сопровождается значительной структурной или функциональной избыточностью, которой принадлежит решающая роль в обеспечении пластичности и надежности биологической системы [120]. При увеличении внешней нагрузки в организме происходят изменения уровней функционирования отдельных систем, что требует расходования функциональных резервов перестройки регуляторных механизмов [18, 41, 129, 137, 167, 257]. Поддержание достаточных адаптационных возможностей организма зависит от функциональных резервов организма и от способности организма их мобилизации [6, 47]. Поддержание

гомеостаза и приспособление к изменяющимся условиям внешней среды требует напряжения регуляторных механизмов [273]. При достаточных функциональных резервах степень напряжения механизмов регуляции незначительная. Напротив, недостаточность функциональных резервов в поддержания гомеостаза и адаптации, сопровождается ростом напряжения регуляторных механизмов [22].

Таким образом, функциональный резерв можно обозначить как соотношение между уровнем функционального состояния системы и степенью напряжения его регуляторных механизмов. При этом снижение уровня напряжения при конкретных условиях свидетельствует об увеличении функциональных резервов организма или его систем [32].

При современном этапе развития спортивной медицины предполагается решение её основных задач:

- оптимизация процесса тренировок;
- увеличение функциональной подготовленности и спортивной результативности квалифицированных спортсменов;
- проведение мероприятий по ранней диагностики и предотвращению перетренированности и перенапряжения;
- ускорение восстановления функционального состояния спортсменов после физических и психологических нагрузок и сохранение здоровья спортсменов.

Все вышеперечисленные пункты обеспечиваются методами функциональной диагностики [78, 132].

К общим физиологическим закономерностям процессов адаптации к физическим нагрузкам у квалифицированных спортсменов относят увеличение максимальных возможностей функционирования организма, повышение качества мобилизации, эффективность и экономичность работы систем и органов при выполнении мышечной деятельности [3, 16, 29, 108, 218, 276]. Модификация функциональных систем, которые регулируют работу мышц в

процессе адаптации к физическим нагрузкам максимально отражены на уровне центральной нервной системы в форме совершенствования процессов мышечной координации и мобилизации большего количества моторных единиц [132]. При этом наибольшую нагрузку принимает на себя одна из главных систем в жизнеобеспечении организма сердечно-сосудистая система, которая, в свою очередь, является самым важным индикатором возможностей адаптации организма [10, 55, 141, 166, 287].

Оптимизация функционирования сердечно-сосудистой системы и изменение регуляторных и обменных процессов организма спортсменов происходит при систематическом увеличении потребления кислорода и ускорении обмена веществ [29]. Так, как известно механизм развития процесса долговременной адаптации сердечно-сосудистой системы у здоровых спортсменов связан с развитием экономии обменных процессов, умеренной гипертрофии миокарда, а в результате изменения нейровегетативной регуляции, преобладания вагусноного воздействия на сердце формируется брадикардия. При адекватных физических нагрузках происходит физиологическая увеличение сердца [76]. В результате долговременной адаптации и направленности тренировочного процесса формируются особенности оптимального функционирования сердечно-сосудистой системы у квалифицированных спортсменов [6, 107, 215, 235]. Доказано, что направленность спортивной тренировки оказывает влияние на все элементы процессов функционирования сердечно-сосудистой системы: на системную гемодинамику, морфологию сердца, состояние сосудистого русла [20, 29, 83, 176]. С ростом квалификационного уровня спортсмена происходит расширение вариабельности процесса адаптации сердечно-сосудистой системы [3, 18, 32, 72, 94, 177].

Установлено, что не каждая физическая нагрузка может тренировать функциональную систему сердца. Увеличение возможностей функционирования сердечно-сосудистой системы происходит при условии

достижения или превышения физической нагрузки максимально возможной величины [3, 22, 67, 201, 227]. Физические нагрузки, не достигающие максимальных значений, не вызывают необходимые морфофизиологические изменения в функционировании сердечно-сосудистой системы, а лишь вызывают ее незначительную вегетативную перестройку [74, 209].

При этом чрезмерные сверхпороговые физические нагрузки приводят чаще всего к переутомлению организма, а также к возникновению патологий в функционировании организма [2, 73, 82, 147, 191]. Так длительные физические нагрузки высокой интенсивности вызывают снижение числа коронарных капилляров на единицу площади миокарда вместо необходимого увеличения. Таким образом проявляется отрицательный перекрестный эффект процесса адаптации [143].

Особенно актуально для сохранения здоровья спортсменов является определение «физиологических границ», происходящих в организме изменений при процессе адаптации. Формирование структурного системного следа формируется за счёт мобилизации информационных, энергетических и метаболических ресурсов организма. В результате увеличивается мощность доминирующих систем и происходит переход от срочной адаптации к долговременной. В тренировочном процессе у спортсменов при воздействии физических нагрузок, гипоксии, температурных факторов важнейшую роль играют резервные адаптационные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем [63, 79, 80, 92, 111, 221]. Наличие соответствующего функционального резерва обеспечивают необходимый уровень минутного объема дыхания и кровообращения. При условии несоответствия запроса и необходимые функциональные ресурсы отсутствуют, то возникает функциональная недостаточность организма, которая проявляется патологическими синдромами или заболеваниями [153, 154].

Регуляция функциональными резервами напрямую связана с темпами их расходования [120, 270]. Поддержание стационарного состояния является для

биосистем целью первого порядка, гомеостаз – целью второго порядка, оптимизация функций – целью третьего порядка [120].

Рассматривая адаптационное реагирование функциональных систем организма человека, в литературных источниках описаны неспецифические и специфические компоненты адаптационного процесса [4]. Неспецифические компоненты адаптации являются обобщённой реакцией целого организма, связаны в основном с приспособлением энергетических реакций и сводятся к повышению устойчивости к гипоксии. Через взаимодействие неспецифических компонентов адаптационного реагирования осуществляется формирование перекрёстных адаптаций [143]. Суммация этих компонентов является ведущим механизмом адаптационного напряжения.

Н.Н. Савицкий (1974) отмечал значимость определения и анализа функционального состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов при диагностике патологических изменений миокарда. В его работах показано, что функционально система кровообращения формирует уравновешенные отношения организма с внешней средой как в покое, так и при физических и психологических нагрузках. Повышение энергетических трат в процессе выполнения спортивных заданий сопровождается ростом общего объёма циркуляции крови, резервы которого ограничены [40].

По мнению Комарова Ф.И. и Ольбинской Л.И. (1978 г.) функциональный резерв деятельности сердца (миокардиальный резерв) характеризуется способностью миокарда увеличивать работу при увеличении требований к сердечно-сосудистой системе и его возможностью потребность кислород [4].

Многочисленные работы при изучении «спортивного сердца» направлены на разработку методик анализа и оценки сократимости и функции расслабления миокарда. Так, например, выявлено, что при реакции на физическую нагрузку вариабельность интервала QT является критерием качества реполяризации и электрической стабильности миокарда [5, 199]. К причинам удлинения и укорочения интервала QT можно отнести как врожденные (наследственная

каналопатия, обусловленная мутацией ряда генов, кодирующих белки трансмембранных калиевых и натриевых ионных каналов), так и немаловажно влияние экзогенных факторов при выполнении физической нагрузки [47, 67, 147, 256, 267].

Так к приобретённым факторам относят увеличение интервала QT, обусловленое острыми и хроническими заболеваниями, дисфункцией регуляции вегетативной нервной системы и гипертрофией миокарда. Как отмечается в ряде работ, независимо от типа гипертрофии, рост индекса массы миокарда ЛЖ, проявляется увеличением коррегированного QTc и дисперии интервала QT [46, 91, 105, 139, 207, 219, 240].

При занятиях спортом, спортсменам предъявляются чрезмерные физические и психоэмоциональные нагрузки. В сочетании с другими факторами риска и вследствие физического перенапряжения они приводят к дисфункциям миокарда. Такие изменения формируются как первичная метаболическая болезнь сердца и неразрывно связаны со структурными изменениями [156, 163, 179, 277]. Установлено, что оптимальная адаптация осуществляется «без включения компенсаторного механизма гипертрофии», а значительный рост массы ЛЖ является одним из факторов смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Так, при ремоделировании увеличивается масса миокарда левого желудочка, происходит дилатация полостей и изменяются геометрические характеристики желудочков сердца [26, 54, 59, 60, 76, 90, 97, 101, 252, 289].

Процессы ремоделирования миокарда предшествуют различным видам гипертрофии левого желудочка. Однако в литературных источниках неоднозначно описаны варианты типов гипертрофии сердца, которые обеспечивают оптимальную гемодинамическую функцию [51, 66, 110, 119, 197, 263, 281]. Так же парадокс спортивной практики констатирует, что с увеличением физической работоспособности по показателю МПК, выявляется рост спортсменов с нарушениями сердечно-сосудистой системы.

Нами был проведен ретроспективный анализ встречаемости дисфункциональных и патологических состояний у спортсменов с различной направленностью динамической компоненты тренировочной деятельности (Таблица 1.1).

Таблица 1.1– Статистические данные[1] встречаемости дисфункциональных и патологических состояний у спортсменов с различной направленностью динамической компоненты тренировочной деятельности, (n = 2167)

Дисфункциональное/ патологическое состояние на ЭКГ	Уровень максимального потребления кислорода/ % встречаемости у спортсменов		
	низкий (<40% МПК) – карате, дзюдо, гимнастика, боевые искусства	средний (40–70% МПК) – игровые виды, спортивная борьба	высокий (> 70% МПК)– бокс, футбол, плаванье
Неполная блокада ПНПГ	25	40	70
Нарушение реполяризаци	15	21	25
Отклонение ЭОС	–	4	5
Экстрасистолы	5	7	19
Изменение QT	4	12	14
Другое	3	4	7

Примечания: [1]результаты получены по данным 1996–2014 гг. Крымского республиканского спортивного диспансера

При этом более 30% спортсменов (n=671), у которых были зарегистрированы отклонения кардиогемодинамического функционирования, в течение 2-х последующих лет прекращали занятия спортом. Вероятно, «цена адаптации» превышала возможности компенсаторных механизмов, что приводило к дисфункциональным состояниям, не совместимым с нагрузками спорта высших достижений.

Однако до сих пор отсутствуют интегральные информативные доклинические маркеры миокардиальной дисфункции, позволяющие на ранних

стадиях определять у спортсменов, являются ли структурные изменения миокарда физиологическими, сформировавшимися на фоне регулярных спортивных нагрузок, или патологическими [27, 35, 76, 118, 146, 213, 234, 292].

Своевременное выявление и коррекция позволили бы снизить риск возникновения патологических состояний.

Как известно, психо-нейро-имунноэндокринный дисбаланс является одной из главных этиологических факторов в происхождении любой патологии миокарда и возникает вследствие развития стрессорной реакции. Она хорошо изучена и описана в кардиологической практике, но мало отражена в исследованиях противоречивых адаптационно-компенсаторных механизмов у спортсменов [19, 69, 110, 125, 254].

Стресс при спортивной деятельности комплексно оказывает значительное воздействие на организм спортсменов и его системы [3, 31, 102, 144, 261, 275]. Одним из факторов влияния на организм при стрессе является транзиторная иммуносупрессия. Отмечается, что спортсмены высокой квалификации чаще подвергаются вирусным и бактериальным заболеваниями по сравнению со сверстниками, не испытывающие воздействия спортивного стресса [84, 122].

Как известно, при интенсивной физической деятельности происходит перераспределение кровотока в сторону активно работающих органов и систем. Такие функциональные перестройки приводят к гипоперфузии органов брюшной полости, а на пике нагрузки являются причиной глубокой гастроинтестинальной ишемии. Реперфузия при частых и систематических тренировках высокой интенсивности с повторяющейяся ишемией кишечной стенки вызывает патологические изменения в слизистой оболочке кишечника. На фоне повреждения целостности кишечного барьера происходит поступление в портальный кровоток различных бактериальных компонентов, что сопровождается повышением температуры тела. Среди таких бактериальных компонентов особый интерес представляет липополисахарид (ЛПС) или эндотоксин. Регулярная физическая нагрузка высокой интенсивности

сопровождается достоверным повышением в венозной крови концентрации ЛПС, биологическая активность которого очень высока. ЛПС является тимуснезависимым антигеном, который инициирует образование различных антител [52]. Гуморальный иммунный ответ на липополисахариды энтеробактерий и динамика уровня анти-ЛПС-АТ разных классов могут служить индивидуальной интегральной характеристикой иммунореактивности организма спортсменов в различные периоды тренировочного цикла. Количественная оценка способности адаптироваться к транзиторной эндотоксемии, обусловленной значительными физическими нагрузками, будет важным критерием функционального резерва организма спортсмена [52].

При условии, когда физиологические резервы организма по разным причинам не совпадают с объёмом и интенсивностью тренировочной программы формируется перетренированность. В результате может возникнуть остановка прогресса, или даже регресс спортивного результата. Основными причинами появления перетренированности являются:

- не рациональное использование сил у новичков, которые подвергают организм максимальным нагрузкам;
- увеличение спортивных нагрузок у профессионалов, которые не видят прогресса и пытаются компенсировать это интенсивностью тренировок [40, 47, 284].

Признаками перетренированности являются: раздражительность; повышенная утомляемость; снижение аппетита; упадок сил; отсутствие прогресса или регресс тренировочного процесса; депрессия; тахикардия; потеря мотивации; снижение иммунитета; мышечная слабость или боль [259]. Может также развиться бессимптомная перетренированность, при которой отсутствуют вышеперечисленные симптомы, но наблюдается отсутствие роста спортивных результатов или их ухудшение.

Спортивные показатели растут, как известно, в восстановительном периоде после тренировочного процесса. Если спортсмену не хватает времени

для восстановления между тренировками, то он входит в состояние тренировочного плато, а затем и вовсе снижаются все спортивные показатели.

Различают три степени перетренированности. При первой степени проявляются симптомы нарушения в эмоциональной сфере – повышенная раздражительность, снижение желания заниматься спортом, нарушение сна. Для устранения таких проявлений необходимо снизить интенсивность и продолжительность тренировок, а также применять средства активного отдыха [33, 136]. При второй степени происходит нарастание симптомов и проявление их в покое. Происходит удлинение периода восстановления после физических нагрузок, снижается работоспособность. В этой стадии спортсменам необходимо стационарное обследование и соответствующее лечение [42]. В третьей стадии усиливаются вышеперечисленные симптомы и появляются выраженные дистрофические изменения в органах. Спортсменам необходимо длительное лечение с применением психологических и фармакологических средств реабилитации [131, 165, 196].

Из сказанного следует, что главной причиной срыва адаптационных возможностей спортсменов является дизгармония выбранных объёмов и интенсивности тренировочного процесса с физиологическими возможностями кардиореспираторной и центральной нервной системы [40, 110].

Следовательно, лучшая профилактика нарушений функционального состояния организма спортсмена - это правильный отбор, рациональные режим и методика тренировки, полноценное восстановление, индивидуальный подход, регулярный врачебно-педагогический контроль.

1.2. Определение функционального резерва миокарда у спортсменов

При совершенствовании адаптационных механизмов в результате целенаправленной и систематической спортивной деятельности, способность сохранять оптимальный уровень функционирования при увеличении внешней нагрузки, обусловлен как генетическими факторами, так и качеством

тренировочного процесса [106]. Адекватные и соответствующие состоянию спортсмена физические нагрузки повышают неспецифическую устойчивость к утомлению и ряду других факторов [19, 40, 110]. Тренировка со значительными нагрузками, без должного восстановления, на фоне воспалительных заболеваний препятствует развитию успешной адаптации к возрастающим требованиям соревновательного процесса и может привести к снижению спортивного результата, а при повторных воздействиях стрессовых факторов способствует падению адаптационных резервов и ухудшению здоровья [40, 177, 248, 290, 291].

Формирование системы наиболее информативных параметров, отражающих функциональные возможности аппарата кровообращения, позволяет оперативно оценить воздействие тренировочных и соревновательных нагрузок на организм. Так же оценка физической работоспособности и функциональной подготовленности квалифицированных спортсменов (с учетом специфики вида спорта и периодов подготовки) своевременно и дифференцированно обеспечивает проведение профилактических мероприятий, предупреждающие возникновение предпатологических и патологических состояний [25, 40, 47, 110, 127, 148, 182].

Однако на начальных стадиях нарушения адаптации деформации протекают безсимптомно, или маскируются частыми изменениями ЭКГ (аффилированными с занятиями спортом), или происходят на их фоне. «Болевой» точкой системы медицинского допуска к занятиям спортом Г.А.Макарова считает отсутствие повторных, промежуточных медицинских освидетельствований. Только динамический контроль и учёт всех нарушений ЭКГ позволит своевременно зафиксировать отклонение от функциональной персонифицированной нормы и снизить риск критических ситуаций в спорте [40, 101, 110, 250, 274, 295]. Особого внимания, заслуживают повторные скрининги состояния здоровья спортсменов на соревновательном этапе

годичного тренировочного цикла с целью профилактики (независимо от видов спорта) неотложных состояний кардиологического профиля [40, 110, 194, 244].

На данный момент существует утверждённый порядок оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (приказ Минздрава РФ № от 01.03.2016 г. № 134н). Он регламентирует проведения систематических этапных и текущих медицинских обследований, врачебно-педагогических наблюдений в решении задач динамического контроля за состоянием здоровья спортсменов к тренировочным и соревновательным нагрузкам [35, 40, 92, 110]. В рамках проведения углубленных медицинских обследований (УМО) предусмотрены клинический и биохимический анализ крови, клинический анализ мочи, антропометрические исследования и функциональные обследования и тесты, в т.ч. кардиореспираторные (PWC_{170} и тредмил-тест) [11, 15, 19, 112, 126, 142, 193, 285].

Однако проведение информативных кардиореспираторных этапных и текущих медицинских обследований в условиях учебно-тренировочных сборов затруднены [40, 109, 110, 288, 290].

К одной из важнейших задач исследований в области медико-биологического обеспечения квалифицированных спортсменов можно отнести внедрение в практическую работу спортивного врача информативной неинвазивной и ненагрузочной методики оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов, её адаптационных резервов и критериев раннего выявления дезадаптационных состояний [40, 110, 203, 217].

По данным профессора Гавриловой Е.А. (2011) спортсмены, которые испытывают хронический психоэмоциональный стресс, характеризуются регуляторными нарушениями: падением иммунологического статуса, активацией аутоиммунных реакций и деформацией липопротеидного баланса плазмы крови, падением активности фагоцитоза, ростом количества В-лимфоцитов при снижении их функциональных свойств, снижение количества

и подавление функции Т-лимфоцитов. Важно отметить, что данные патологические изменения приводят к увеличению антител к миокарду [40, 115, 184, 260].

Изменение липопротеидного спектра крови с ростом уровня холестерина липопротеидов низкой плотности и снижением липопротеидов высокой плотности характерно для хронического стресса [40, 47, 48, 204, 241]. Такие изменения ухудшают транспортные возможности эндотелия коронарных сосудов, мембран кардиомиоцитов вследствие снижения их текучести, что в результате усиливает трофические изменения [38, 253].

Под воздействием стресса происходит избыточная активация симпатического отдела вегетативной нервной системы и централизация регулирования сердечной деятельности. Нарушения регуляции сердечным ритмом проявляется снижением мощности быстрых волн, увеличением мощности медленных и очень медленных волн сердечного ритма. При этом изменения вегетативной регуляции в виде жалоб на утомляемость и снижение работоспособности, предшествуют появлению соответствующей симптоматике [12, 30, 40, 294].

На фоне роста адаптационных резервов у спортсменов, интенсивные занятия спортом сопровождаются стресс-индуцированными повреждениями миокарда. В оценке рисков угрозы здоровью, аффилированных с понятием «спортивное сердце», следует учитывать специфику нагрузок у представителей различных дисциплин [40, 110, 147, 252, 286]. Степень риска формирования сердечно-сосудистой патологии нарямую связана с типом нагрузки (низко-динамические, средне-динамические и высоко-динамические), стажем занятий и этапом спортивной подготовки. Компенсаторно-адаптивные изменения сердца развиваются при интенсивных и динамичных занятиях у лиц, тренирующихся не менее 5 часов в неделю не ниже умеренной степени интенсивности (>2000 ккал в неделю).

Так при увеличении психофизической нагрузки с увеличением частоты сердечных сокращений (ЧСС), повышении артериального давления или усилении сократимости миокарда, развиваются эпизоды миокардиальной дисфункции и могут протекать в безболевой форме [46, 228].

Н.Д. Граевская с соавт. (1980 г.) отмечают что при анализе эффективности тренировочного процесса, необходимо учитывать генетический фактор в оценке функционирования системы кровообращения [46, 47, 48]. Интенсивный тренировочный процесс приводит к ремоделированию миокарда и увеличению его массы, а в результате изменение трансмембранного потенциала. При оптимальной адаптации и отсутствии генетического ограничения формируется баланс между ростом структур кардиомиоцитов и их энергообеспечением. Как известно, активность обменных процессов определяется уровнем трансмембранного потенциала кардиомиоцитов, а именно скоростными характеристиками, и при патологическом трансформировании «спортивного сердца» наиболее уязвимым звеном можно считать мембраны кардиомиоцитов, сосудистого эндотелия и других клеток. Электрофизиологическое ремоделирование претерпевает несколько стадий [43].

При первой стадии масса и геометрия миокарда не вовлекаются, а процесс модификации характеризуется изменением скоростных параметров ЭАС, изменением соотношения де- и реполяризации. При второй стадии электрического ремоделирования с нарастанием объёма и интенсивности нагрузки формируются структурные изменения миокарда, обеспечивая резистивную и толерантную стратегии адаптации и поддержания функциональной активности сердца. Третья стадия отражает развитие дезадаптации – развивается электрическая нестабильность миокарда и снижением трансмембранного потенциала покоя кардиомиоцита [113, 114, 124, 231].

Развитие различных форм гипертрофии миокарда происходит в зависимости от направленности тренировочного процесса. D-гипертрофия

характеризуется ростом физиологического поперечника сердца за счёт утолщения мышечных волокон. Такая модификация миокарда в основном наблюдается у спортсменов, тренирующихся на выносливость [77, 249]. При L-гипертрофии происходит удлинение мышечных волокон и увеличение ёмкостных объёмов полостей сердца. Больше выражена L-гипертрофия у спортсменов, занимающихся ациклическими видами спорта [40, 153, 264]. Можно заключить, что, когда мышечные нагрузки не соответствуют функциональной подготовленности спортсменов, развиваются процессы перетренированности и перенапряжения, дизадаптационные расстройства, а также предпатологические и даже патологические состояния. В этих условиях ремоделирование ЛЖ происходит по неадаптивному типу с существенным нарушением функций сердца и его геометрических параметров [76, 119, 136, 154, 202, 265]. Установленные изменения функций сердца и особенностей его ремоделирования укладываются в концепцию образования функциональной системы адаптации к физическим нагрузкам, которая представляет собой вновь сформированные взаимоотношения нервных центров, гормональных, вегетативных и исполнительных органов для решения адаптивных задач к конкретной профессиональной деятельности [77, 130, 262]. При этом в одних случаях могут развиваться функционально-приспособительные изменения, в других же, сдвиги функций будут патологическими.

Таким образом, стрессорные влияния факторов на сердечно-сосудистую систему в спортивной деятельности не всегда являются физиологической адаптацией и в дальнейшем могут лимитировать общую и специальную работоспособность [40, 154, 280]. При длительных и интенсивных тренировках происходит морфофункциональное ремоделирование сердца с гипертрофией миокарда и гиперфункцией ЛЖ [6, 148, 268]. При этом многими авторами утверждается: - «…ремоделирование можно считать адаптивным, если левый желудочек сохраняет эллипсоидную форму, нормальный индекс сферичности <0,6, индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) не превышает 228

г/м^2 и индекс относительной толщины стенки левого желудочка (ИОТСЛЖ) меньше 0,45. Ремоделирование относят к неадаптивным, если ЛЖ теряет эллипсоидную форму, приближаясь к шаровидной, а индекс сферичности превышает 0,6 при ИММЛЖ более 228 г/м^2 и ИОТСЛЖ более 0,45» [77, 130, 262, 271].

При этом ремоделирование миокарда левого желудочка признается как необходимое условие адаптации сердца спортсмена. Однако хотя она и представляет собой физиологическую приспособительную реакцию на гиперфункцию, она является переходным этапом к развитию патологической гипертрофии. В тренировочный период, при увеличении доли высокоинтенсивных нагрузок перед соревнованиями и длительной гиперфункции сердца, численность спортсменов с наличием нарушений ЭКГ-признаков увеличиваются. В настоящее время выделяют следующие основные факторы изменения ЭКГ лиц при систематических занятиях спортом [40, 98, 99, 216, 238, 282]:

1. Превалирование в регуляции парасимпатического отдела и лабильный тонус вегетативной нервной системы;
2. Электрофизиологическое ремоделирование;
3. Морфофункциональное ремоделирование.

Вышеописанные процессы относят к физиологическим изменениям спортивного сердца. Такое ремоделирование не имеет отношения к патологическим модификациая в миокарде, свойственным некоторым заболеваниям [223, 251, 269]. Европейское общество кардиологов сформировало критерии показателей ЭКГ, классифицирующие адекватную электрическую и структурно-функциональную перестройку сердца в процессе регулярных физических упражнений и патологические изменения, не связанные с физической активностью и физиологической адаптацией к различным видам спортивных нагрузок (Таблица 1.2).

Хронические перегрузки ССС у спортсменов имеют краткосрочные и отложенные последствия. К наиболее тяжёлому краткосрочному последствию относится внезапная сердечная смерть [46, 279, 210, 283]. Однако, развиваясь в короткий промежуток времени (десятки секунд – минуты), может вызывать тяжелые последствия – срыв адаптации, а в худшем случае – внезапную смерть, инфаркт миокарда, острую сердечную недостаточность.

Проблема внезапной сердечной смерти (ВСС) в спорте крайне актуальна. Нозологический профиль ВВС включает структурную и электрофизиологическую патологию сердца. К структурной патологии относят различные заболевания миокарда и коронарных артерий, а также врожденную и наследственную патологию сердца, аорты и клапанного аппарата. Важно отметить, что на аутопсии электрофизиологическая патология сердца (аритмии и дефекты проведения) не имеет макро-и микроскопических изменений [43, 44, 98, 181, 220, 236, 255].

К наиболее частой причине ВСС у спортсменов старше 35 лет (2-25%) относят атеросклероз коронарных артерий. Повреждение микрососудистой части коронарного русла характеризуется изменениями структуры и функции коронарных артерий на микроциркуляторном уровне и приводит к диастолической дисфункции миокарда. При этом отсутствуют явные признаки органического поражения сердца и магистральных сосудов на фоне малосимптомных клинических проявлений в виде атипичного болевого синдрома [19, 211].

У молодых спортсменов второе место среди причин ВСС занимают врожденные аномалии развития коронарных артерий, которые встречаются в 2-19% случаев. В процессах адаптации сердца к физическим нагрузкам у спортсменов различные проявления синдрома дисплазии соединительной ткани рассматриваются как малые аномалии развития сердца (МАРС) [123, 198, 205]:

- пролапс митрального клапана наблюдается в 15% случаев;
- аномально расположенные хорды наблюдается в 13% случаев.

В структуре ВСС миокардит у квалифицированных спортсменов составляет 3-12%. К инфекционным агентам миокардита относят парвовирус BI9, вирус герпеса 6 типа, энтеровирусы и аденовирусы. Клинические проявления очень разнообразны: от бессимптомного проявления до молниеносного течения [204, 237, 258]. К симптомам данного заболевания относят воспалительную инфильтрацию, интерстициальный отек, фокальный некроз кардиомиоцитов и последующее развитие фиброзных изменений. Такие морфологические деструктивные изменения в дальнейшем приводят к электрической нестабильности миокарда и аритмиям [125, 190, 222].

У молодых людей и спортсменов в 4% случаев диагностируется аритмогенная дисплазия правого желудочка, которая характеризуется замещением кардиомиоцитов в правом желудочке жировой или фиброзно-жировой тканью. Такая прогрессирующая патология миокарда приводит к нарушению сократимости миокарда и желудочковым нарушениям ритма [30, 195, 212].

Таким образом, наиболее значимым в снижении миокардиальных нарушений в спорте является разработка новых методов оценки функционального состояния миокарда, как лимитирующего звена адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы в процессе тренировочной деятельности на основе анализа различных аспектов электрической активности сердца. С этой целью используют методы ЭКГ высокого разрешения – регистрация усреднённой ЭКГ, поздних потенциалов ЭКГ, дифференциальной ЭКГ, с дисперсионным картированием [46, 75], скоростных характеристик ЭАС по величине скорости активации желудочков [9, 43, 44, 98, 99, 158].

Важно отметить, что при отсутствии клинической значимости для лиц, не испытывающих больших психофизических интенсивных и регулярных нагрузок, характерных для большого спорта, для спортсменов определённые изменения механизмов приспособления к физической нагрузке, крайне

значимы показатели адаптационного резерва, отражающие «цену адаптации». Ограничением профилактики неблагоприятных последствий у квалифицированных спортсменов, имеющих сдвиги в показателях сердечно-сосудистой системы, является отсутствие четко установленных стандартов медицинского сопровождения в спорте [40, 153, 262].

В этом контексте особо актуальным и практически значимым вопросом спортивной медицины можно считать выявление и количественную оценку наиболее ранних маркеров или индикаторов, которые характеризуют дезадаптационные состояния кардиогемодинамики: утомление, перетренированность и перенапряжение. В работах многочисленных авторов указывается, что мониторинг в различных периодах учебно-тренировочного цикла динамики таких ранних и информативных показателей в условиях, максимально приближенных к тренировочным, могут значительно снизить риски ВСС и сохранение здоровья спортсменов [40, 130, 146, 153, 166, 262].

К патологическим гемодинамическим сдвигам, рост частоты возникновения которых зарегистрировано на этапах напряженных тренировок в соревновательном периоде учебно-тренировочного цикла, можно отнести клинико-функциональные изменения по типу развития кардиалгического синдрома и психоэмоционального напряжения, аритмии, неспецифические нарушения процессов реполяризации миокарда [40, 110, 146, 255, 256]. Такие раннии признаки дезадаптации ССС уже приводят к снижению физической работоспособности квалифицированных спортсменов и зничительно влияют на достижение спортивного результата.

Для оценки физической работоспособности спортсменов, подверженных значительным физическим нагрузкам информативно выявление наличие кардиальных проявлений и маркеров дисплазии соединительной ткани сердца [19, 42, 116, 121, 130, 262].

Применение таких методов исследования как электрокардиографии и эхокардиографии в покое и при выполнении физической нагрузки в качестве

обязательных методов контроля параметров сердечно-сосудистой системы остаются спорными в различных школах спортивной медицины мира. Однако в процессе ударных тренировочных микроциклов эти методы позволяют своевременно обнаружить нарушенные звенья адаптации в организме конкретного спортсмена с внесением корректив в режим тренировочных циклов. В этом случае с учетом специфики вида спорта разработка индивидуальных лечебно-профилактических рекомендаций будут направленны на устранение ранних симптомов дезадаптации сердечно-сосудистой системы к нагрузкам [17, 36, 53, 71].

Оптимизация контроля сердечно-сосудистой системы (ССС) с целью своевременного выявления нарушения сердечной деятельности и коррекции дисфункционального состояния (изменение режима тренировки, снижение нагрузки, использование соответствующего восстановительного средства).

Однако в экспертной оценке эффективности, безопасности и экономической целесообразности новых технологий спортивной медицины отсутствуют единые методические подходы [30]. Логика научных исследований в спортивной медицине подтверждает, что выявление информативности новых технологий должно проводиться путём сравнения с эталонными или уже апробированными методами [50].

Особое значение приобретает определение наиболее ранних признаков:

1. нарушений регуляторных механизмов адаптации в процессе тренировочной и соревновательной деятельности;
2. уровня активности и степени энергообеспечения компенсаторно-приспособительных реакций [12, 14, 19, 146, 150, 192, 200].

В медицинской диагностике и мониторинге функциональных состояний органов и систем организма широкое распространение получили электрофизиологические методы, которые регистрируют изменения электрических процессов раньше, чем фиксируются патологические изменения на биохимическом уровне. Исследование колебаний потенциалов,

представляющих осцилляторные процессы, позволяет идентифицировать механизмы и звенья патологических процессов различных систем организма человека, что нашло своё отражение в развитии электрокардиографии, электроэнцефалографии, миографии и др. [17, 36, 53, 71].

Например, метод беспроводной кардиоритмографии [245] позволяет получать информацию об уровне вегетативной регуляции в процессе естественной профессиональной деятельности. При сопоставлении данной информации с контекстом стимульной среды появляется возможность оценки влияния внешних факторов на внутреннее состояние организма, что является перспективным в практическом применении как в узких специализированных исследованиях, так и в углублении фундаментальных знаний о детерминации функциональных состояний. Однако констатация уже произошедших изменений не способствует формированию своевременных программ проведения профилактических мероприятий и на ранних дисфункциональных стадиях устранять выявленные нарушения [68, 164].

При этом цифровая обработка биологических данных значительно усложняется, если диагностическая информация находится на ограниченных участках области определения сигнала [159]. Примерами таких сигналов являются электрокардиограммы, магнитокардиограммы, реограммы и другие физиологические сигналы, характерные участки которых несут информацию в виде биологического электрического сигнала о состоянии систем организма. Ортогональные разложения в базисном векторе системных функций не совсем информативны при анализе локально-сосредоточенных сигналов, так как коэффициенты временного ряда, нечувствительны к локальным чередованиямформы сигнала. Однако данные изменения значимы и имеют ценность для определения диагностических признаков. В соих работах Л.С. Файнзильберг отмечает: - «…для анализа и интерпретации сигналов с локально-сосредоточенными признаками привлекаются специальные информационные технологии, которые в той или иной мере обладают

свойствами интеллекта» [144, 145, 151, 224, 225]. Большие возможности исследования кодовых соотношений в различных осцилляторных системах представляют методы компьютерной когнитивной графики, визуализации и распознавания образов, активно внедряемые в области электроэнцефалографии и электрокардиографии [8, 61, 62, 65, 93, 95, 96, 144, 145, 151, 224, 225].

Визуальный анализ электрокардиограммы является обязательным при диагностике различных заболеваний. Несмотря на большую диагностическую эффективность такого анализа, из ЭКГ извлекается и оценивается лишь небольшая часть информации, полезной для понимания жизнедеятельности организма, а в области переходных состояний его способность различать процессы и их качество недостаточна. При анализе литературных отечественных и зарубежных источников выявлено, что важная диагностическая информация об электрофизиологических процессах при стандартной электрокардиографии в 12 отведениях скрыта, не анализируется в клинической практике, что снижает потенциальные возможности диагностических систем. Однако с появлением инновационных подходов к анализу и интерпретации ЭКГ, которые обеспечиваются компьютерной цифровой обработкой, создание и реализация технологий в области электрокардиометрии и электрокардиографии актуализируется в большей степени [21, 92, 224, 225]. Вероятно, методы анализа процессов, заимствованные из инженерного опыта, не приспособлены для извлечения содержательной медико-физиологической информации, а формальный системный подход в изучении живых систем оказался до сих пор мало результативным.

Подводя итог проведённого анализа, можно отметить, что наиболее актуальны новые подходы к анализу и интерпретации медицинской информации, в том числе ЭКГ, которые обеспечиваются компьютерной цифровой обработкой, и лежат в плоскости междисциплинарных исследований.

1.3. Оптимизация оценки электрического сигнала миокарда при автоматизированной цифровой ЭКГ-диагностике

1.3.1. Значение скоростных характеристик электрической активности сердца в оценке адаптационных резервов миокарда

Осуществление сердцем основной – насосной функции и обеспечение энергетических процессов в миокарде осуществляется на основе пускового триггерного механизма – электрической активностью сердца (ЭАС). Разность потенциалов на поверхности тела обеспечивается за счёт формирования электрического поля, который пронизывает все ткани организма. Особенности параметров действия этого поля в сердце может быть измерена с помощью электродов, помещенных на определенные участки тела. При этом механизм ЭАС определяет структуру и параметры кардиосигнала [26, 43, 61, 98, 136, 153, 230, 239].

Локальные изменения относительной проницаемости мембраны кардиомиоцитов для различных ионов приводят к формированию градиентов потенциалов действия. В результате обеспечивается их активный (за счёт деятельности мембранных ферментов) и пассивный (за счёт разности потенциалов на мембране) транспорт, а возникающие токи упорядочивают процесс возбуждения, сокращения и расслабления миокарда. Совокупность отдельных электрических диполей можно представить в виде колебательного процесса смены процессов деполяризации и реполяризации. При этом отдельные диполи ориентированы по направлению движения локальной волны [116, 156, 157]. Сумма их векторов образует результирующий вектор, который отражает средние величину и направление ЭАС в определенный момент времени [26].

Важно отметить, что ЭАС определяется уровнем трансмембранного потенциала (ТМП), величина и скорость изменения которого обеспечивает

степень энергообеспечения клетки [23] и характеризуют структуру клеточной мембраны и активность её метаболических реакций [266]. Трактовка ЭКГ так же соответствует динамике ТМП действия (Таблица 1.3).

Левашова О.А. отмечает, что важное значение в оценке функциональных резервов электрической активности миокарда имеет отображение не временных показателей ТМП, а скоростных характеристик ЭАС. Именно скоростные характеристики наиболее тесно связанны с состоянием мембран кардиомиоцитов, с процессами энергообеспечения (аэробными и анаэробными), с сократительной способностью миокарда и метаболизмом липидов [98, 99, 144].

Таблица 1.3 – Соотношение фаз ТМП, изменений на мембране и отображений на ЭКГ (Harrison)

Фаза ТМП	Изменения на мембране, электрофизиологический процесс	Отображение на ЭКГ
0	Быстрый вход Na^+, деполяризация (изменение заряда от -90 mV до +30 mV)	QRS
1	Прекращение поступления Na^+, активация K^+-каналов, активация медленных Ca^{2+} каналов, поток Ca^{2+} внутрь клетки, выход K^+, быстрая реполяризация (уменьшение потенциала от +30 mV до 0 mV)	Сегмент ST, восходящее колено зубца T
2	Резкое снижение проводимости клеточной мембраны, развитие плато, поток Ca^{2+} внутрь клетки, быстрый выход K^+,	
3	Быстрый выход ионов K^+, быстрая поздняя реполяризация (изменение заряда от 0 mV до -90 mV)	Нисходящее колено зубца T
4	Фаза покоя, минимальное движение ионов, -90 mV	

Таким образом, при оценке функциональных резервов миокарда важно регистрировать скорость изменения ЭАС, так как адаптация есть механизм изменения скоростей биологических реакций [144].

Так же отмечается, что при увеличении внешнего стресс-фактора, изменение скоростных показателей ЭАС происходит раньше, чем изменение величины ТМП [98].

Общепринятые методы регистрации ЭАС, фиксируя величину и направленность ТМП, не позволяют оценить изменения её скоростных свойств. Метод стандартной ЭКГ, обладая высокой специфичностью, но низкой чувствительностью, во многих случаях не выявляет отклонение от нормы. В связи с этим, активно исследуется вопрос измерения динамики изменения скорости электрических потенциалов сердца, которые могут выступать маркерами поражения мембран кардиомиоцитов [53, 98, 144].

Решением для получения скоростных характеристик может явиться дифференцирование процесса во времени или получение первой производной этого процесса [44, 49, 99, 162, 172, 225]. Фундаментальные электрокардиологические исследования показали, что скорость изменения потенциалов сердца и её неоднородность отражает степень электрогенности ионных насосов, состояние клеточных мембран и их способность к стабильному функционированию. На данный момент разработаны несколько методов для определения скоростных характеристик ЭАС – J.H. Siegel и E.Sonnenblink (1964) в модификации U. Veragut (1965), метод С.А. Душанина (1986), Э.Г. Волкова (1990, 2003), В.И. Маколкина (2009) [98].

По данным литературных источников электрические свойства трансмембранных ионных каналов в молекулярной биологии и электрофизиологии, описывающие линейными биофизическими моделями [7, 138, 169]. Согластно им существуют два основных статических состояния ионных каналов – открыт-закрыт, а динамика этих состояний рассчитывают линейными дифференциальными уравнениями. Однако, линейные модели не

позволяют распознавать различные триггерные режимы формирования потенциала действия (ПД) однозначно. Особенно значимо такое описание кинетики пусковых механизмов, возникающих при различных патологиях, когда управляющие скачкообразные процессы открытия и закрытия входных и выходных ворот каналов в фазе 0 и фазе 3 ПД, не регистрируется, хотя являются наиболее информативными. В связи с этим актуально применение нелинейных моделей в описании электрической активности сердца [7, 138, 169].

1.3.2. Фазографический подход при автоматизированном цифровом анализе скоростных характристик электрической активности сердца

В медицинской диагностике и мониторинге функциональных состояний органов и систем организма электрофизиологические методы получили широкое распространение, а изменение электрических процессов регистрируются значительно раньше, чем начинают проявляться (регистрироваться) патологические изменения на биохимическом уровне [70, 71, 143, 230, 232, 310, 337].

Актуальность развития методов автоматизированной цифровой регистрации и анализа электрокардиосигнала (ЭКС), а также их оптимизация, обусловлены высокой эффективностью в получении диагностической информации, несмотря на технические сложности в решении задачи:

- искажениями ЭКС (миографические помехи, дрейф изоэлектрической линии и др.) [93];
- в предыстории и в не учитываемых зашумленных фрагментах, важная информация (случаи нарушения функции сердца развивается на коротком промежутке времени) может не отображаться, что снижает достоверность информации о сигнале [105];

- анализ способов отбора диагностических признаков до сих пор не привел к появлению единой методологии [53, 278].

Многообразие влияющих на работу сердца прямых и обратных факторов обусловливает системный нелинейный характер динамики биосигнала миокарда. Это, в свою очередь, этот факт указывает на необходимость применения теории динамических систем и разработки новых методов анализа нелинейных процессов. Было выявлено, что биоэлектрическая активность организма человека и животных претерпевает изменения степени «сложности» и «хаотичности» сигналов при возникновении патологии. При этом необходимо различать анализ вариабельности, составляющих периодические элементы при стационарном режиме функционирования, и анализ хаотических колебаний, которые не зависят от времени и характерным переходным состояниям [59, 158, 232, 257, 258, 404, 413].

Так синусовый узел можно представить, как цепочку связанных релаксационных автогенераторов с градиентом собственных частот колебаний вдоль цепочки. Каждый автогенератор может быть описан моделью с сильно нелинейной характеристикой, например, моделью Ходжкина – Хаксли или уравнением Релея. Частота колебаний такого генератора может регулироваться двумя путями: изменением порога срабатывания релаксатора и изменением скорости деполяризации и реполяризации. Управление частотой автогенератора осуществляется через цепочку ацетилхолиновых и адреналиновых реакций. Важное значение имеет распространение волны возбуждения по синусовому узлу в виде перемещения точки начала возбуждения вдоль узла, например, из-за изменения тонуса блуждающего нерва вследствие дыхательной активности. Перемещение в верхнюю часть узла ведёт к увеличению частоты, а нижнюю – к её уменьшению [26, 53, 70, 81, 105, 157, 400].

При этом многоконтурная модель регуляции биосигнала миокарда описывается как система с большим количеством степеней свободы, динамику

которой, в том числе и скоростных характеристик, можно описать в пространстве фазовых состояний.

Для отображения в фазовом пространстве состояний динамики биосигнала можно использовать различные методы, в том числе метод фазовой плоскости [26, 49, 70, 65, 160, 161, 172, 225].

По определению А. М. Алешечкина: «Метод фазовой плоскости – графоаналитический метод исследования динамических систем, описываемых уравнениями вида: $\frac{dx}{dt} = P(x, y)$, $\frac{dy}{dt} = Q(x, y)$, где x и y – переменные состояния системы; P (x, y) и Q (x, y) – функции, удовлетворяющие условиям теорем существования и единственности решений; t – время или его производная (независимая переменная). Поведение такой системы можно представить геометрически на плоскости в прямоугольных декартовых координатах. При таком представлении каждому состоянию динамической системы однозначно соответствует точка на плоскости с координатами x, y и, наоборот, каждой точке плоскости соответствует одно, и только одно, состояние исследуемой динамической системы. Плоскость Oxy называется фазовой плоскостью» [8]. Движение точки отображает изменение состояния системы на фазовой плоскости, а траектория, по которой движется изображающая точка, называется фазовой траекторией. Важно, что через каждую точку фазовой плоскости проходит только одна фазовая траектория. Совокупность фазовых траекторий называется фазовым портретом системы или фазовой графической иллюстрацией и отображает совокупность всех возможных сочетаний системы и типы возможных движений в ней [5, 13, 308, 340].

Как известно, степень хаотичности состояния системы с позиций термодинамики, не зависимо от её физической природы можно охарактеризовать «размытостью» в фазовой плоскости [332] и увеличением его эффективного объема. Значения разброса фазовых траекторий, отображённых

графически, характеризует хаотичность в функционировании сердечной деятельности, а также быть информативными для оценки оптимальности управления ее функциональным состоянием [145, 160-163]. В настоящее время группой сургутских и тульских учёных разработаны инновационные методы диагностики функционального состояния организма в рамках компартментно-кластерного анализа, которые базируются на теории хаоса и синергетики [170, 171, 189].

Дополнительное введение нелинейных показателей кардиосигнала для оценки физиологических и клинических особенностей функционирования организма позволяет отражать скрытые признаки, которые не повторяются другими способами анализа, но не «отменяет» предыдущие способы анализа (визуальный анализ ЭКГ, кардиотахограмм, временные, спектральные и энергетические показатели) [65, 100, 103, 159, 160, 161, 225].

Решение многих междисциплинарных задач, связанные с измерением системной динамики (в том числе в медицине), наряду с амплитудой и частотой сигнала, возможно изучать с использованием измерения фазового сдвига [13, 53, 68, 121–124].

По данным А. М. Алешечкина: «Фазовым сдвигом j называется модуль разности аргументов двух гармонических сигналов с одинаковой частотой.

$$U_1(t) = Um_1 \times \cos(w_1 t + j_1),$$
$$U_2(t) = Um_2 \times \cos(w_2 t + j_2),$$
$$\text{где } w_1 = w_2 .$$

В соответствии с приведенным определением ФС сигналов U_1 (t) и U_2 (t) определится как $j = |j_2 - j_1|$. Фазовый сдвиг является постоянной величиной при $w_1 = w_2$ и не зависит от момента измерения» [8].

Фазовый сдвиг сигналов $U_1(t)$ и U_2 (t) определяют по формуле:

$$\varphi = \omega_0 \cdot \Delta T = \frac{2\pi}{T} \cdot \Delta T ,$$

где T – период гармонического сигнала; ΔT – интервал времени между моментами, когда сигналы находятся в одинаковых фазах (Рисунок 1.1).

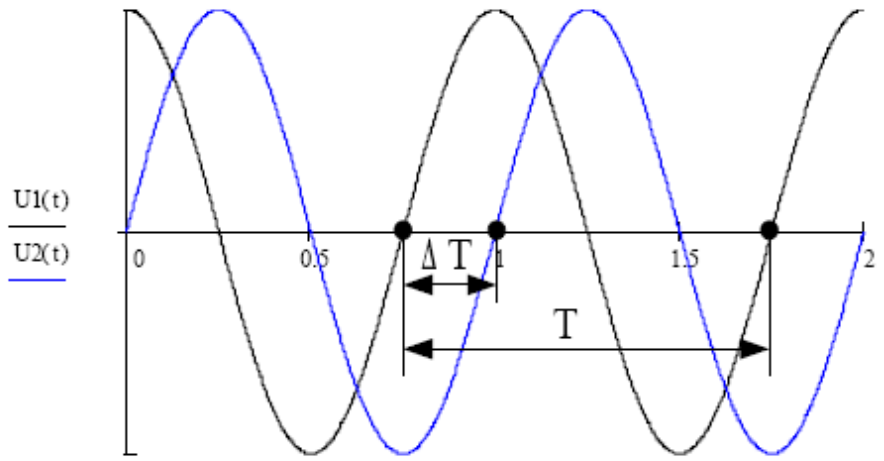


Рисунок 1.1 − К определению фазового сдвига (по данным [8]).

Разработана теория избыточных, в том числе фазовых, измерений и рассмотрены вопросы разработки концепции построения и архитектуры первичных измерительных преобразователей, формирователей физических величин и измерительных каналов приборов для экспресс-диагностики состояния физических и биологических объектов и их практической реализации в целях медицинской диагностики [87, 88].

Теория избыточных измерений фазового сдвига периодических сигналов разной физической природы – это система частных законов, принципов, методов, математических моделей, положений и условий, характеризующая новую стратегию измерений фазового сдвига электрических сигналов при нелинейной и нестабильной функции преобразования сенсора или измерительного канала в целом, предлагающая новые пути линейного и нелинейного измерительного преобразования временных интервалов и показателей электрических сигналов и предсказывающая достижимые результаты по точности, чувствительности, быстродействию и метрологической надежности [87, 88].

Предметом исследований теории избыточных измерений фазового сдвига является: познание собственных законов строения, функционирования и развития; новая стратегия избыточных измерений фазового сдвига, его приращений, зависимостей и характеристик, а также характеристик метрологической надежности микропроцессорных фазометров с неизвестными, в общем случае, и нестабильными параметрами нелинейной функции преобразования измерительного канала, направленная на получение нового качества измерений и знаний о текущем состоянии измерительного канала, а также на развитие и становление избыточной фазометрии и соответствующей эталонной базы, развитие сенсоров для преобразования периодических сигналов разной физической природы в электрические сигналы [87, 88].

Его практическую реализацию можно осуществить с применением фазографии, главная особенность которой – переход от скалярного ЭКГ-сигнала z (t) в любом из отведений к его отображению на фазовой плоскости с координатами z (t), ż (t), где ż (t) – скорость изменения сигнала. Это принципиально отличает фазографию от других аналогичных подходов, основанных на отображении сигнала на плоскости с координатами z (t), z (t – τ), где τ – задержка во времени. Разработчик метода фазометрических измерений электрических сигналов сердца Л.С.Файнзильберг отмечает: - «…такое отличие позволило расширить систему диагностических признаков ЭКГ, основанных на оценке скоростных характеристик процесса, и тем самым повысить чувствительность и специфичность ЭКГ-диагностики» [158]. При построении данного метода автором использовались данные профессионального цифрового электрокардиографа BIOSET 8000 с традиционными 12-ю отведениями и на клиническом материале доказана высокая информативность предложенного метода [159].

Следовательно, основным отличием анализа ЭКГ, полученного с помощью фазометрического подхода, является то, что он характеризует направленность

развития процессов в системе в будущем, его тренды, которые ещё не реализовались.

Таким образом, наиболее актуальны новые нелинйные подходы к анализу и интерпретации медицинской информации, в том числе ЭКГ. Они реализуются на основе компьютерной цифровой обработки, визуализации полученных результатов и лежат в плоскости междисциплинарных исследований.

1.4. Влияние гипоксически-гиперкапнической тренировки на оптимизацию адаптационных резервов спортсменов

В современном спорте всё шире используются различные средства воздействия неспецифического характера, которые позволяют увеличить физическую работоспособностьза счёт роста функциональных возможностей организма. К таким эргогеническим средствам можно отнести тренировки с использованием дыхания газовыми смесями с различной концентрацией кислорода и углекислого газа [3, 37, 45, 85].

Доказано, что гипоксически - гиперкапническая интервальная тренировка (15,5 % O2 и 5 % $C0_2$) является эффективным средством повышения аэробно — анаэробных возможностей организма.

Гипоксически — гиперкапническое сочетание является существенной стороной регуляции дыхания [45]. Ведь именно такое взаимодействие происходит при мышечной деятельности. Следовательно, совместное влияние недостатка кислорода и избытка углекислого газа является для организма более адекватным раздражителем, чем каждый из этих факторов, взятый в отдельности [8].

Уменьшение количественного показателя кислорода после добавления углекислого газа могло бы усугубить и без того тяжелое состояние организма. На самом деле наблюдается противоположный эффект, заключающийся в следующем [5]. Подача кислорода вовремя и после гипоксических воздействий,

а также с добавлением и без добавления углекислого газа показала, что после подачи углекислого газа отмечается меньшее поглощение кислорода, чем при гипоксии без добавления углекислого газа. Из этого следует, что значительный дефицит кислорода во время гипоксии определяется снижением потребности в кислороде под влиянием углекислого газа и, в меньшей степени, снижением способности поглощать кислород. Но, в таких органах, как мозг и сердце, особо чувствительных к гипоксии, потребление кислорода при этом наоборот увеличивается.

Доказано, что только совместное гипоксически-гиперкапническое воздействие при оптимальном газовом соотношении способно поддерживать стабильность внутренней среды организма [47]. В ходе многочисленных исследований показано, что pH в пределах физиологических норм можно поддерживать при сочетанном действии гипоксии (11% кислорода), способствующей развитию алкалоза и гиперкапнии (5% углекислого газа), вызывающей ацидоз [4].

Таким образом, гипоксически — гиперкапническая тренировка обуславливает повышение функциональных резервов кардиореспираторной системы, способствует возрастанию аэробно-анаэробных возможностей организма и приводят к повышению общей физической работоспособности [35].

Принцип обратного дыхания – это дыхание, при котором выдыхаемый воздух поступает в замкнутый объем (обычно резиновый мешок емкостью 1-3 л) и вновь вдыхается. Во время возвратного дыхания через 10-15 с происходит выравнивание концентрации CO_2 между смешанной венозной кровью и газом в мешке. Измеряя концентрацию CO_2 в мешке в конце возвратного дыхания, определяют тем самым и концентрацию CO_2 в притекающей к легким крови.

Возвратное дыхание – этопроцесс вдыхания и выдыхания воздуха в одну и ту же емкость, предварительно заполненную дыхательной смесью [35].

В основу конструкции тренажёра ДТМ-2 (Патент на полезную модель №158989 (Российская Федерация), заявитель и патентообладатель Крымский федеральный університет им. В.И.Вернадского, опубликованно Бюл. №2, 20.01.2016) заложен принцип дополнительного резистивного сопротивления (длина трубки=1,5м свёрнутое 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.

При воздействии измененной газовой среды, отмечается существенные изменения в сердечной деятельности, степень проявления которых так же связана как с величинами PO_2 и PCO_2 во вдыхаемом воздухе, так и с уровнем физической работоспособности [25].

В ходе процесса дыхания активизации вентиляции способствует естественное раздражение дыхательного центра и гиперкапнических хеморецепторов за счёт повышения показателей углекислого газа. Наблюдается повышение устойчивости хеморецепторов и нейронов дыхательного центра к гиперкапнии, что впоследствии вызывает повышение устойчивости кардиореспираторной системы при физических нагрузках и в условиях замкнутого пространства [45].

ГЛАВА II
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика организации исследования

Базами исследований являлись: Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «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», Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «Центр спортивной подготовки сборных команд Республики Крым».

Исследования осуществлены после сбора информированного согласия о проведении исследования и заключения этического комитета в период с 2010 по 2019 год.

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) с квалификацией 1 спортивный разряд, кандидат в мастера спорта, мастер спорта.

Контрольные группы составили 143 здоровых юношей соответствующего возраста (18–25 лет) 1 группы здоровья, не ведущие систематическую спортивную деятельность, из них 70 начинающих не квалифицированных боксёров 18–23 лет.

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. 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.

У всех обследованных осуществлена регистрация фазовых графических иллюстраций, состоящих из сопоставимых участков в виде петель деполяризации и реполяризации миокарда.

Для реализации поставленной цели и задач исследования был предпринят выборочный метод с формированием репрезентативных выборок генеральной и сформированы 5 этапов исследования (Рисунке 2.1., Таблица 2.1).

Дизайн исследования представлен на Рисунке 2.1.

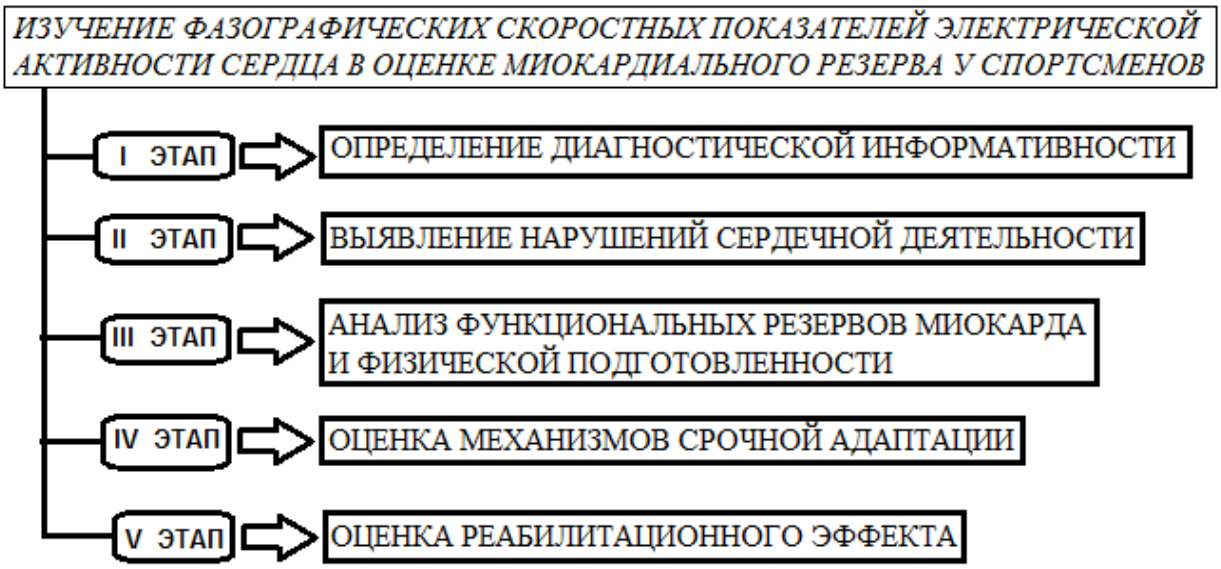


Рисунок 2.1 – Дизайн исследования

Таблица 2.1 − Основные этапы исследования

Этапное проведение исследования	Объект и проведение исследования	Методы
I. Диагностическая информативность определения миокардиального резерва у спортсменов на основе фазографического анализа скоростных показателей электрической активности сердца	Всего n = 229 ***Основная группа*** – квалифицированные спортсмены 19-21 лет (переходный период) (n=131) ***Контрольная группа*** - здоровые юноши 19-21 лет 1 группы здоровья, не ведущие систематическую спортивную деятельность (n=98)	Оценка физической работоспособности и функционального состояния (PWC-170, МПК, АП); Антропометрия; Оценка кардиореспираторного функционирования в покое и при нагрузке; кардиоинтервалография; ЭКГ Регистрация фазографических показателей электричской активности ROC-анализ
II. Оценка нарушений сердечной деятельности с применением фазографического анализа скоростных показателей электрической активности сердца у квалифицированных спортсменов занимающихся видами спорта с высокой динамической и статической компонентой	***1 серия*** Всего n = 182 Квалифицированные спортсмены 19-22 лет с нарушением ритма (НР) - эктопические нарушения ритма и миграция водителя ритма, суправентрикулярная и желудочковая, атриовентрикулярная блокада 1 и 2 степени (n=74) Квалифицированные спортсмены 19-22 лет с нарушением процессов реполяризации (НПР) (n=67) Квалифицированные спортсмены 19-22 лет без нарушений (К) (n=39)	Антропометрия; Оценка физической работоспособности и функционального состояния (PWC_{170}, МПК, АП), Оценка кардиореспираторного функционирования в покое и при нагрузке; кардиоинтервалография; ЭКГ Регистрация фазографических показателей электричской активности ROC-анализ

(футбол, баскетбол, волейбол, бокс, плавание, лёгкая атлетика (середина подготовительного периода годичного цикла спортивной подготовки))	***2 серия*** Всего n=458 Одномоментное когортное исследование одномоментное когортное исследование Квалифицированные спортсмены 18-25 лет	УМО, Антропометрия; Оценка кардиореспираторного функционирования в покое и при нагрузке; кардиоинтервалография; ЭКГ; Регистрация фазографических показателей электричской активности, ROC-анализ
III. Анализ миокардиальных резервов и функциональной подготовленности квалифицированных спортсменов с учётом оценки фазографических показателей электрической активности сердца	Всего n = 90 ***Основная группа*** - квалифицированные спортсмены-футболисты 20-22 лет (переходный и соревновательный периоды) (n=45) ***Контрольная группа*** - мужчины 1 группы здоровья 20-22 лет, сопоставимые по возрастным и антопометрическим данным не занимающиеся спортом (n=45)	Антропометрия; Оценка кардиореспираторного функционирования в покое и при нагрузке; УЗИ сердца, кардиоинтервалография; ЭКГ; центральная реография; Биохимический анализ крови, иммунологический анализ, Регистрация фазографических показателей электричской активности Определение уровень функциональной подготовленности у футболистов: эргометрия (челночный бег), газоанализ, пульсометрия
IV.Применение фазографических показателей электрической активности сердца для анализа механизмов срочной адаптации квалифицированных спортсменов	Всего n = 140 ***1 серия*** ***Группа К*** - квалифицированные спортсмены-боксёры (переходный период) (n=70) 18-23 лет ***Группа Н*** – начинающие не квалифицированные спортсмены-боксёры (n=70) 18-23 лет	Антропометрия; Оценка кардиореспираторного функционирования в покое и при физической и вестибулярной нагрузке; кардиоинтервалография; ЭКГ Регистрация фазографических показателей электричской активности

	2 серия (переходный период) ***Группа 1К*** – 18-20 лет (n=35) ***Группа 2К*** – 21-23 лет (n=40) ***Группа 1Н*** – 18-20лет (n=35) ***Группа 2Н*** – 21-23 лет (n=40)	Антропометрия; Оценка кардиореспираторного функционирования в покое и при выполнении пробы Мартине; кардиоинтервалография; ЭКГ Регистрация фазографических показателей электричской активности
V.Оценка реабилитационного эффекта респираторного тренинга у квалифицированных спортсменов (переходный период) с применением фазографических показателей электрической активности сердца	Всего n = 200 спортсмены игровых видов спорта (n=100), спортсмены - единоборцы (n=100) 19-22 лет	Антропометрия; Оценка кардиореспираторного функционирования в покое и при нагрузке; определение типа дыхания с применением капнометрии, спирография, газоанализ, респираторный тренинг с применением интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки

На **первом этапе** исследования для решения задачи определения критериев и решающих диагностических правил оценки уровня функционального резерва с учётом фазографического анализа скоростных показателей электрической активности сердца были обследованы 229 юношей (сопоставимые по весоростовым показателям) возраста спортивной зрелости (19-21 лет), разделённые на две группы.

Группу квалифицированных спортсменов составили 131 человек (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, не ранее чем 24 часа после тренировки.

Критерии включения составили: 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.

У всех обследуемых были соответствующие возрасту массо-ростовые показатели, гармоничное или умеренно дисгармоничное физическое развитие (при использовании процентильных таблиц, что включает в себя возрастной и антропометрический межквартильный размах). Так же отсутствовали жалобы на момент исследования и патологические изменения на ЭКГ покоя.

У всех обследованных лиц исследован анамнез, проведено физикальное обследование, регистрировалась ЭКГ с использованием инновационной

технологии компьютерной цифровой обработки кардиосигнала в фазовой плоскости с получением графической иллюстрации и усреднённого кардиоцикла.

У обследованных спортсменов проводилось исследование 12-канальная ЭКГ с применением нагрузочного тестирования и в восстановительном периоде.

Обследования спортсменов, а также лиц контрольной группы выполнены в светлый промежуток времени в 11.00 - 13.00 часов

На **втором этапе серии 1** выявляли диагностические алгоритмы снижения функционального резерва у квалифицированных спортсменов с нарушением ритма и нарушением процессов реполяризации.

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. Спортсмены находились в середине подготовительного периода годичного цикла спортивной подготовки. Период восстановления с момента последней тренировки составил не менее 24 часа.

У всех обследованных были соответствующие возрасту массо-ростовые показатели, гармоничное или умеренно-дисгармоничное физическое развитие. При анализе суммарных показателей антропометрических данных достоверных отличий между группами не выявлено.

Спортивный анамнез: спортивный стаж квалифицированных спортсменов в среднем составил 9±1,5 лет, количество тренировок в неделю от 7 до 15,5, продолжительностью от 1,5 до 4 часов, что составило 27±10,5 часов в неделю. Уровень спортивного мастерства – 8 юношей – 1 спортивный разряд, 90 юношей кандидаты в мастера спорта, 84 мастер спорта.

Активно жалоб никто не предъявлял. Однако при настойчивом опросе, сборе и изучении анамнеза у спортсменов, 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.

Все спортсмены были сформированы в 3 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 обследования на основании заключений врачей-специалистов при проведении УМО 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±3,3), занимающихся видами спорта с высокой динамической и статической компонентой (футбол, баскетбол, волейбол, бокс, плавание, лёгкая атлетика) (Таблица 2.2), согласно классификации, Mitchell JH и соавт., находящихся на этапе совершенствования спортивного мастерства.

Таблица 2.2 – Представленность видов спорта в исследовании

Вид спорта	Количество	%
Футбол	143	31
Баскетбол	115	25
Волейбол	76	16
Плавание	56	13
Лёгкая атлетика	68	11
Всего	458	100

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, Холтеровское мониторирование, 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 квалифицированных 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 с квалификацией кандидат мастера спорта, мастер спорта). 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 фазометических 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 (1 спортивный разряд, кандидат в мастер спорта, мастер спорта).

Группа Н состояла из 70 здоровых юношей, 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 функциональных резервов 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.

2.2. Методика фазографического измерения скоростных показателей электрической акивности сердца - фазография.

Для анализа и оценки функционального состояния сердечной деятельности на доклиническом этапе применяли формализованный метод теории измерений, который обеспечивается путем перехода от прямых измерений к избыточным (В. Т. Кондратов, 2008-2015; Л.С. Файнзильберг, 2009-2019) [144, 145].

Регистрация биосигнала и получение фазометрических и фазографических данных осуществлялась в покое с использованием графитовых пальцевых электродов информационно-программного электрокардиографического комплекса ФАЗАГРАФ®, в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов. (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).

Этот метод позволяет одновременно оценивать, как амплитудные, так и *скоростные* параметры любых элементов элктрокардиосигнала, что дает возможность с высокой точностью оценивать форму электрокардиограммы и обнаруживать такие отклонения, которые обычно скрыты при традиционном анализе ЭКГ.

Автор и разработчик данной диагностической технологии Л.С.Файнзильберг отмечает: - «… ЭКГ не является периодической функцией

времени, в большинстве случаев траектории отдельных циклов формируются в аттрактор на фазовой плоскости *z(t)* - *z'(t),* где *z'(t)* – скорость изменения электрической активности сердца в момент времени *t*. При использовании оригинальных процедур фильтрации и регуляризации для дискретно заданной функции $z[k], k = 0,...,K-1$ получали приемлемые оценки $\dot{z}[k]$» [162, 163]. По мнению Л.С.Файнзильберга: - «…такой подход позволил перейти от скалярного представления ЭКГ $z(t)$ в любом из отведений, заданном в дискретные моменты времени $t_k \equiv k\Delta, k = 0,1,..,K-1$, где Δ – шаг квантования по времени, к последовательности двумерных векторов (точек) $(z(t_0), \dot{z}(t_0))$, $(z(t_1), \dot{z}(t_1))$, $...,(z(t_{K-1}), \dot{z}(t_{K-1}))$, лежащих на фазовой плоскости $z(t), \dot{z}(t)$, которые используются для последующей компьютерной обработки» [162, 163] (Рисунок 2.2, б, г).

Л.С.Файнзильберг отмечает, что: «…отличительной особенностью информационной технологии ФАЗАГРАФ® является то, что для селекции нетипичных циклов ЭКГ (экстрасистол и артефактов) и оценки усредненной фазовой траектории (рис. 2.2, в) используются расстояния Хаусдорфа

$$R_H(Q_n, Q_m) = \max\left\{ \max_{q_n \in Q_n} \min_{q_m \in Q_m} \rho(q_n, q_m), \max_{q_m \in Q_m} \min_{q_n \in Q_n} \rho(q_n, q_m) \right\},$$

между всеми парами фазовых траекторий Q_n и Q_m отдельных циклов ЭКГ, где $\rho(q_n, q_m) = \| q_n - q_m \|$ – евклидово расстояние между точками (нормированными векторами) $q_n = (z_n, \dot{z}_n) \in Q_n$ и $q_m = (z_m, \dot{z}_m) \in Q_m$, лежащими на фазовой плоскости» [162, 163].

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 2.2).

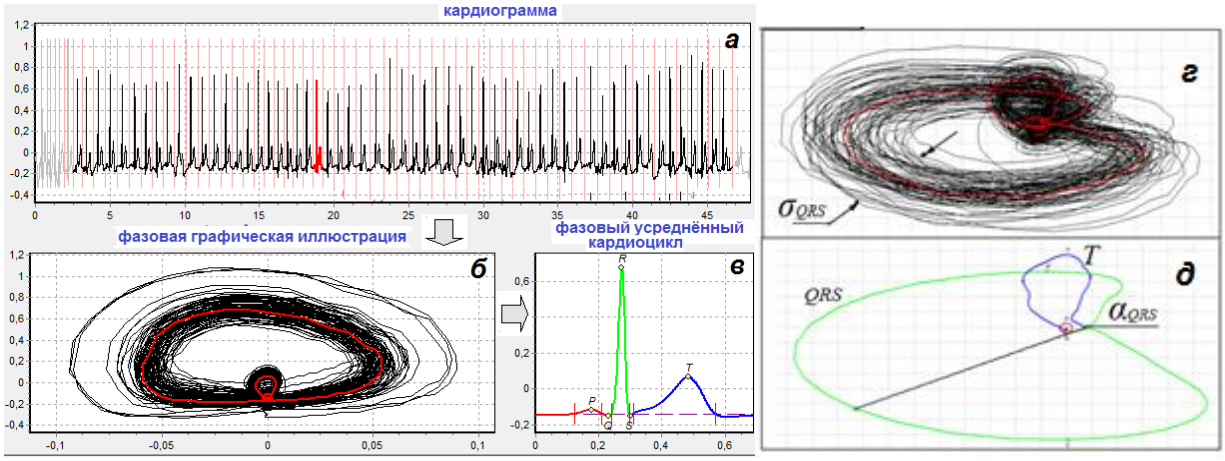


Рисунок 2.2 – Этапность обработки ЭКГ

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 – ампоитуда 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 2.3) и выборочная дисперсия симметричности зубца T ($D\beta_T$, ед.), которую автоматически рассчитывали по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}.$$

- 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.).

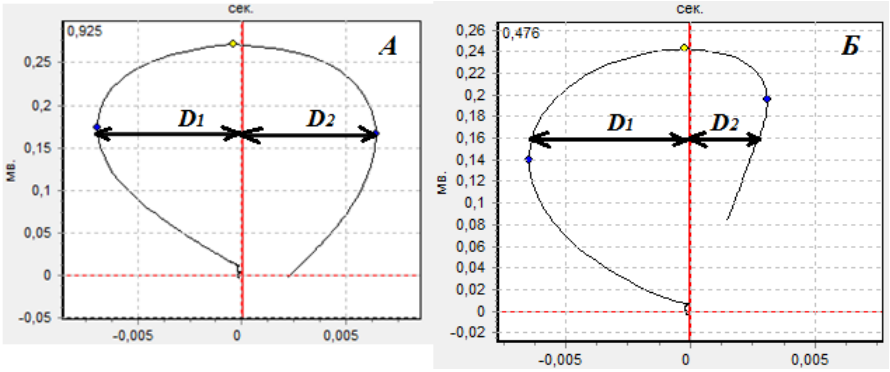


Рисунок 2.3 − Фрагменты реполяризации, отображённые на фазовой плоскости

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 – ампоитуда мВ.

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.

Математическая модель определения границ нормы ФУК рассчитана с применением метода алгебраической модели конструктивной логики и представлена в Приложении А.

Установлено, что описательные показатели фазового усреднённого кардиоцикла, характеризующие временные признаки, соответствовали общепризнанным значениям нормы. Показатели ФУК, отражающие амплитудные признаки, отличаются от общепризнанных норм, проявляя новое интегральное качество фазового усреднённого кардиоцикла.

Определенны маркеры-показатели фазового усреднённого кардиоцикла и их диапазоны, соответствующие дисфункциональному состоянию: QT – 0,46–0,56 с., R < 0,36 мв и > 1,41 мв., PQ > 0,23 с., смещение ST < –0,92 > 0,008 (Приложение 1, Рисунок 2.4-2.6).

2.3. Методы исследования

2.3.1. 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 QT_C автоматически рассчитывался по формуле Базетта.

2.3.2. Ультразвуковое исследование сердца проводили на эхокардиографе PHILIPS EnVisor C (США) с цветным доплеровским картированием с последующим морфофункциональным исследованием показателей (конечно-диастолический размер левого желудочка (КДР ЛЖ, см), конечно-диастолический размер правого желудочка (КДР ПЖ, см), толщина задней стенки ЛЖ (ТЗСЛЖ, см), толщина межжелудочной перегородки (ТМЖП, см), фракция выброса левого желудочка (ФВЛЖ, %), диаметр правого желудочка в диастолу (ПЖ, см).

2.3.3. Исследование вегетативной регуляции – метод автоматизированной электрокардиографии и методика вариационной пульсометрии (по Р. М. Баевскому) [21, 22, 1182, 183].

С помощью ПТК «ФАЗАГРАФ®» регистрировали показатели вариационной пульсометрии, рассчитываемые автоматически по данным тахограмм, спектрограмм и стандартизированной интервалограммы. Длительность наблюдения при регистрации показателей составляла 5 минут при каждом измерении.

Автоматически рассчитывались: средняя продолжительность интервалов R-R (RR), стандартное отклонение интервалов R-R (SDNN), коэффициент вариации (Dx), индекс напряжения регуляторных систем (ИН), моду (Mo, мс), амплитуду моды (AMo, %), спектральные показатели сердечного ритма: высокочастотная компонента (HF, %), медленные волны 1-го порядка (LF, %),

медленные волны (VLF, %), коэффициент вагосимпатического баланса рассчитывали по формуле LF/HF (усл. ед.).

2.3.4. Реокардиографический метод. Исследование системы кровообращения проводили методом тетраполярной грудной реографии по Кубичеку, с помощью метода импедансной реографии при помощи прибора Reo Com Standart (Харьков) [34, 180].

Измерялись показатели кардиогемодинамики: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд. /мин), ударный объём крови (УО, мл), минутный объём крови (МОК, л/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²), ударный индекс (УИ, мл/кг), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин/см$^{-5}$), систолическую (Ас, мВ) и диастолическую (Ад, мВ) амплитуды. Двойное произведение (ДП, отн. ед.) определяли расчетным способом.

2.3.5. Капнометрия.

Регистрация количественных показателей CO_2 во время выдоха проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД» (г. Москва) [56]. Капнограмму записывали в состоянии относительного покоя в течение 30 секунд, до начала респираторных тренировок, а также после выполнения респираторных тренировок.

Регистрировали следующие показатели: частоту дыхания (ЧД, цикл/мин), показатель инспираторной нагрузки как соотношение длительности фаз вдоха и выдоха (TI/TE, отн.ед.), показатель неравномерности дыхания (НД, %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции (Vd/VE, %), конечно-экспираторное парциальное давление CO_2, (PETCO$_2$, мм рт.ст.). По уровню $P_{ET}CO_2$ выделяли:

Нормокапнический $P_{ET}CO_2$ менее 35мм рт.ст.

Гипокапнический $P_{ET}CO_2$ от 35 до 45 мм рт.ст.

Гиперкапнический $P_{ET}CO_2$ более 45 ммрт.ст.

2.3.6. Спирография.

Исследование функций внешнего дыхания проводили с использованием спирографического метода с помощью прибора «СпироТестРС» (г. Жуковский), с компьютерной обработкой регистрируемых показателей.

Исследование проводилось в первой половине дня, через 1 – 1,5 часа после легкого завтрака. Исключались все факторы, вызывающие эмоциональное возбуждение. Перед исследованием больным давался 10-15 минутный отдых, а затем подробно объясняли и демонстрировали особенности выполнения дыхательных маневров.

Измерения проводились в положении сидя. Освобождали грудь и живот испытуемого от стягивающей одежды. Пациент соединялся с дыхательным контуром аппарата через дыхательную маску. Пациенту предлагали выполнить ряд дыхательных маневров. Велось наблюдение за правильностью выполнения теста по кривой, которая отражала дыхание испытуемого.

Для предотвращения утечки воздуха использовался носовой зажим. Вначале, испытуемый несколько минут спокойно дышал. При спокойном дыхании регистрировалась спирограмма, которая позволяла определить функциональные показатели легочных объёмов и легочной вентиляции: частоту дыхания (f, цикл/мин), дыхательный объем (V_T, мл), минутный объём дыхания (V_E, л), жизненную ёмкость лёгких (VC, л), регистрировали максимальную вентиляцию легких (МВЛ, мл) — дыхание с максимальной частотой и глубиной в течение 15—20 секунд, жизненная ёмкость легких (ЖЕЛ) и ее компоненты — резервный объем вдоха (РОвд) и резервный объем выдоха (РОвыд), для чего испытуемый делал максимальный вдох и выдох в спирограф. Все объёмные показатели приводили к условиям BTPS.

2.3.7. Газоанализ.

Газообменную функцию изучали с помощью газоанализаторов типа ПГА-КМ и ПГ-ДУМ. В качестве исследуемых показателей регистрировали:

содержание кислорода и углекислогогаза в пробах выдыхаемого воздуха (F_EO_2, об. %), (F_ECO_2, об. %). Газообменные показатели корректировались с учетом условий STPD.

Для сбора выдыхаемого воздуха использовали мешки емкостью 100—250 мл с легкими пластмассовыми кранами, предварительно удалив из него имеющийся воздух. Выдыхаемый воздух собирают с помощью лицевой маски.

Далее содержимое мешка пропускали через газоанализатор и читали на шкале прибора результат, который показывает отклонение в содержании O_2 в % от 21%. Дефицит кислорода в выдыхаемом воздухе обычно составляет 4-5%, содержание кислорода, следовательно, 16-17%.

В дальнейшем рассчитывали следующие показатели: скорость выделения двуокиси углерода (VCO_2, мл/мин$^{-1}$) и вентиляторный эквивалент по кислороду (ВЭ, усл. ед.) по формуле VE/VCO_2. Точка респираторной компенсации (RCP) характеризовала переход на преимущественно анаэробное энергообразование и отражала вентиляционный порог анаэробного обеспечения (ПАНО) и определялась по динамике вентиляторного эквивалента (момент резкого усиления вентиляции по отношению к VCO_2).

2.3.8. Эргометрия.

А) При велоэргометрии (ВЭМ) на велоэргометре ВЭ-02 оценивали физическую работоспособность (кгм/мин) по методике В. Л. Карпмана с соавт. (1974). Она предполагала выполнение 2 нагрузок возрастающей мощности (продолжительностью каждая 5 мин) с интервалом отдыха 3 минуты. Измеряли значения частоты сердечных сокращений (ЧСС), уровень артериального давления (АД), исходно и на каждой ступени нагрузки. Систолическое артериальное давление (САД, мм рт. ст.), диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт. ст.) измеряли методом М. С.Короткова. Уровень нагрузки устанавливался в зависимости от возраста и физической

подготовленности. С целью дозирования величины внешнего воздействия использовали номограммы В. Л. Карпмана [78]. Темп педалирования — 60 об/мин. В процессе выполнения нагрузочного теста фиксировали частоту сердечных сокращений, которую при первой ступени нагрузки доводили до 130—140 сокращений в минуту, а при второй 160 – 170 сокращений в минуту.

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

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

Для исследования функциональных резервов системы кровообращения применяли метод эргометрии по Шестранду. Обследуемый выполнял пятиуровневую ступенчато – повышающуюся нагрузку на велоэргометре. Первоначальная нагрузка составляла 50 Вт при скорости педалирования 60 об/мин в течение 3 минут. В последующем нагрузку увеличивали до 100, 150, 200, 250 Вт.

Б) Для исследования функциональных резервов вегетативной регуляции сердца в Группах боксёров (4 этап) проводили вестибулярную пробу Воячека на кресле Барани в следующем порядке:

1) обследуемый, сидящий в кресле Барани, закрывает глаза и накланяет голову на 90°;
2) производится 20 вращений за 20 секунд по часовой стрелке.

В) 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.

2.3.9. Гематологический метод. Стандартным методом в условиях клинической лаборатории клиники им. А.И.Блискунова Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского определяли гемоглобин (Hb, ед.), степень насыщения эритроцита Hb (MCHC, ед.), среднее содержание Hb в эритроците (MCH, ед.), глюкозу (моль/л), мочевину (ед.), белок, глюкозу, мочевину, креатинин, холестерин, аланинаминотрансферазу (АлАТ), аспартат-аминотрансферазу (АсАТ), железо, эритроциты, гематокрит, показатель количества тромбоцитов (PLT), наличие в крови тромбоцитов крупного или мелкого размера (MPV), эозинофилы, сегментоядерные, лимфоциты, моноциты, меру кислотности (Ph), билирубин прямой, билирубин непрямой, фосфатаза, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), показатель разницы эритроцитов по своему размеру (RDW), количество лейкоцитов (WBC) [29, 187].

2.3.10. Иммунологический метод. 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. Уровень сывороточных анти-ЛПС-АТ (классов A, M и G), соответственно анти-ЛПС-IgA, анти-ЛПС-IgM и анти-ЛПС-IgG, исследовался методом твердофазного иммуноферментного анализа. Антигеном являлся ЛПС Escherichia coli K235 (SigmaChem. Co., USA) [52].

2.4. Респираторный тренинг.

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.

2.5. Статистический анализ

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 Т-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 $p \leq 0,05$ [155].

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 $1-S_P$, 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 по следующей схеме:

0,9-1,0 – наивысшая информативность

0,8-0,9 – хорошая

0,7-0,8 – приемлемая

0,6-0,7 – слабая

0,5-0,6 – очень слабая

Диагностическая эффективность в исследуемых группах оценивалась по следующим показателям:

- чувствительность - доля положительных результатов теста у больных ИБС, рассчитывалась по формуле: ИП / ИП + ЛО х 100%, где ИП – количество истинно положительных тестов, а ЛО – количество ложно отрицательных тестов;

- специфичность - доля отрицательных результатов теста у больных без ИБС, рассчитывалась по формуле ИО / ИО + ЛП х 100%, где ИО – количество истинно отрицательных тестов, а ЛП – количество ложно положительных тестов;

- положительная предсказательная значимость (ППЗ) – вероятность того, что больные с положительным результатом теста действительно имеют ИБС, рассчитывалась по формуле ИП / ИП + ЛП х 100%;

- отрицательная предсказательная значимость (ОПЗ) – вероятность того, что больные с отрицательным результатом теста действительно не имеют ИБС, рассчитывалась по формуле ИО / ИО + ЛО х 100%.

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 (Р) по при применении различных методов обследования применяли критерий Мак-Нимара.

Графики и таблицы построены в редакторах Word, Excel, MedCalc Statistica.

ГЛАВА III
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВА У СПОРТСМЕНОВ

(Результаты собственных исследований)

3.1. Характеристика показателей функциональных резервов кардиогемодинамики в группах сравнения

На основании произведённых измерений рассчитывались функциональные показатели, позволяющие оценить функциональный резерв организма и уровень физической работоспособности у квалифицированных спортсменов (КС) 19-21 лет, занимающиеся спортом не менее 10 лет (футбол, бокс) с квалификацией кандидат в мастера спорта, мастер спорта и у юношей в группе контроля (К), не ведущих систематическую спортивную деятельность.

Сравнительная характеристика интегральных показателей адаптационных резервов исследованных юношей в группах сравнения представлена в Таблице 3.1.

Совершенствование адаптационных механизмов под влиянием постоянных физических нагрузок обеспечивало тренированному организму в группе спортсменов преимущества перед не тренированным, что позволяло выполнять большую по объёму мышечную работу на более эффективном и экономичном уровне и характеризовала высокий уровень функциональных резервов спортсменов. Так, уровень физической работоспособности на 1,2 Вт/кг ($p<0,001$) превышал значения в группе спортсменов, по сравнению со юношами контрольной группы.

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/кг [175].

Таблица 3.1 – Интегральные показатели адаптационных резервов 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)

Возможность максимально потреблять кислород обеспечивает способность организма выполнять мышечную работу, являющейся одной из важнейших биологических функций человека. В группе юношей этот показатель был меньше в среднем на 12,5 мл/мин/кг (p<0,001). Показатель адаптационного потенциала (АП) является комплексным показателем, отражающим сложноорганизованную систему функциональных взаимосвязей, который характеризует деятельность системы кровообращения, что позволяло судить о гемодинамическом гомеостазе организма в группе юношей-спортсменов и юношей не занимающихся спортом. Так, АП в группе спортсменов превышал значения в группе

юношей на 11,6 % (p<0,001) и выявлял у 64% юношей функциональное напряжение механизмов адаптации.

Исследуемые с различным уровнем функциональных резервов по показателю МПК обладали различными приспособительными возможностями, которые в полной мере можно охарактеризовать функциональными резервами системы кровообращения. Использование физических нагрузок в этой связи является наиболее адекватным тестом, позволяющим выявить адаптационную тренированность сердечно−сосудистой системы и оценить её эффективность в реализации компенсаторно-приспособительных реакций. Уровень функциональных резервов определялся нами не по величине максимальной мобилизации функций системы кровообращения при предельных физических нагрузках, а по показателям эффективности в обеспечении приспособительного эффекта, при напряжениях субмаксимальной мощности.

Основные гемодинамические показатели обследуемых спортсменов и юношей, не занимающихся спортом, в состоянии покоя и при нагрузочном тестировании представлены в Таблице 3.2.

Более высоким (интенсивным) и как следствие неэкономичным уровнем функционирования системы кровообращения отличались юноши контрольной группы юношей, не занимающихся спортом. Так, частота сердечных сокращений в состоянии покоя у них составляла 78,9±3,1, уд/мин., что на 19,5% (p<0,01) больше, чем в группе спортсменов с большим функциональным резервом системы кровообращения.

Высокие энергетические траты миокарда, определяемые ростом индекса двойного произведения (ДП), при выполнении физической нагрузки у юношей выражался в росте потребления кислорода за счёт хронотропного механизма, о чём косвенно могут свидетельствовать высокие значения ДП, равные 172,8±4,1 усл.ед. и 247,9±5,1 усл.ед. на каждой ступени нагрузочного тестирования.

Таблица 3.2. - Показатели центральной гемодинамики в группах квалифицированных спортсменов (КС) и не занимающихся спортом (К) в покое и при выполнении нагрузочного теста, (n=229), Me(Q_1;Q_2)

Показатели	Группы	Условия			Достоверность		
		Покой (1)	Нагрузка 1 (2) для К- 100 Вт для КС-130Вт	Нагрузка 2 (3) для К- 200 Вт для КС-250Вт	p1-2	p1-3	p2-3
ЧСС, уд/мин	К	78 (72; 86)	127 (119;125)	171 (168;179)	<0,001	<0,001	<0,001
	КС	60 (52; 66)	129 (125;135)	168 (165; 174)	<0,001	<0,001	<0,001
САД, мм рт.ст.	К	119,9 (113,0; 125,0)	135,3 (128; 146)	145,4 (134; 153)	<0,01	<0,01	
	КС	108 (103,0; 114,0)	120,5* (111;130)	135,0* (121;142)	<0,001	<0,001	<0,05
ДАД, мм рт.ст	К	76,0 (69,5; 84,0)	80,1 (79,8; 92,0)	85,2 (79,5; 94,0)			<0,05
	КС	63,9* (59,5; 64,0)	57,6** (63,5; 72,0)	55,0** (52,5; 64,0)			
МОК, л/мин	К	4,3 (3,9; 4,9)	7,9 (6,7; 8,2)	11,9 (8,9; 13,1)	<0,001	<0,001	<0,05
	КС	5,7* (5,2;6,6)	9,0* (7,2;10,2)	12,0 (10,8;13,5)	<0,001	<0,001	
ОПСС, дин/см^5	К	1416,0 (1116,0; 1710,0)	1201,7 (1226,0; 1614,0)	1368,5 (1256,0; 1410,0)		<0,05	
	КС	1162,0** (1032,0; 1431,0)	924,1* (7544,0; 1122,0)	733,9* (654,0; 988,5)	<0,05	<0,05	<0,05
УИ, мл/м^2.	К	42,6 (39,4; 45,3)	40,4 (36,1;43,5)	33,9 ± 3,2		<0,05	
	КС	60,6*** (55,3;71,1)	65,1*** (60,1;78,4)	69,1*** (62,6;76,3)			
ЧДД, цикл/мин	К	20 (17; 21)	26 (23;29)	29 (24;32)	<0,05	<0,05	<0,05
	КС	14* (11; 16)	21* (18;23)	25* (22;29)	<0,05	<0,001	<0,05
VO_2, л/мин	К	0,30 (0,29; 0,35)	1,92 (1,86;2,02)	2,83 (2,77;2,98)	<0,05		
	КС	0,37* (0,33; 0,41)	1,88* (1,67; 2,03)	2,22* (2,01;3,05)	<0,05	<0,05	<0,05

Примечание: Сравнение не зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Манна-Уитни, Me (Q1, Q3); для связанных выборок – критерий Уилкоксона; различия показателей достоверны по сравнению с контрольной группой * – (p<0,05); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001); КС- квалифицированные спортсмены (n=131), К – контроль (n=98)

Более экономичный режим функционирования системы кровообращения отмечался у квалифицированных спортсменов, у которых умеренный рост частоты сердечных сокращений на фоне роста ударного объёма сердца при выполнении стандартной физической нагрузки представляется наиболее благоприятным способом приспособления системы кровообращения при предъявлении организму дополнительных требований. Так показатель ударного индекса (УИ) в группе спортсменов превышал значения группы контроля в покое и при выполнении ступеней нагрузочного теста в среднем более 50% ($p<0,001$).

С ростом физической работоспособности и уровня МПК у спортсменов усиливался эффект экономизации сердечной деятельности, а наименьшие значения индекса ДП не превышали 154,3±1,9 усл.ед. и 226,6±2,5 усл.ед. соответственно ($p<0,05$; $p<0,05$) на ступенях нагрузочного теста.

Важно отметить, что при выполнении стандартных нагрузок теста, мощность выполняемой нагрузки при определении ступеней в группах, сравнения различались. Меньшая удельная физиологическая стоимость единицы велоэргометрической нагрузки по показателям кровообращения и дыхания у спортсменов расценивается как более экономичное расходование физиологических резервов (Таблица 3.3).

Таким образом, выполнение физической нагрузки на определённой частоте сердечных сокращений обеспечивалось у спортсменов более совершенными механизмами адаптации, а в связи с высоким уровнем функционирования системы кровообращения у юношей контрольной группы энергетические траты, связанные с осуществлением насосной функции миокардом в этой группе, были наибольшими.

У квалифицированных спортсменов с более высоким уровнем энергообеспечения отмечались также помимо количественных различий в показателях, характеризующих уровень функционирования системы кровообращения, качественные отличия типов кровообращения.

Таблица 3.3 – 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
Минутнообъёмная 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

Как известно, выделенные в условиях покоя типы кровообращения, оказывают влияние на реакцию сердечно-сосудистой системы во время физической нагрузки (Рисунок 3.1). В этой связи необходимо отметить, что все обследуемые юноши обладали различными типами саморегуляции кровообращения, а значения сердечного индекса (СИ) и общего сосудистого периферического сопротивления сосудов (ОПСС), используемые для определения типа кровообращения, существенно отличались.

Так, 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, ($p<0,05$).

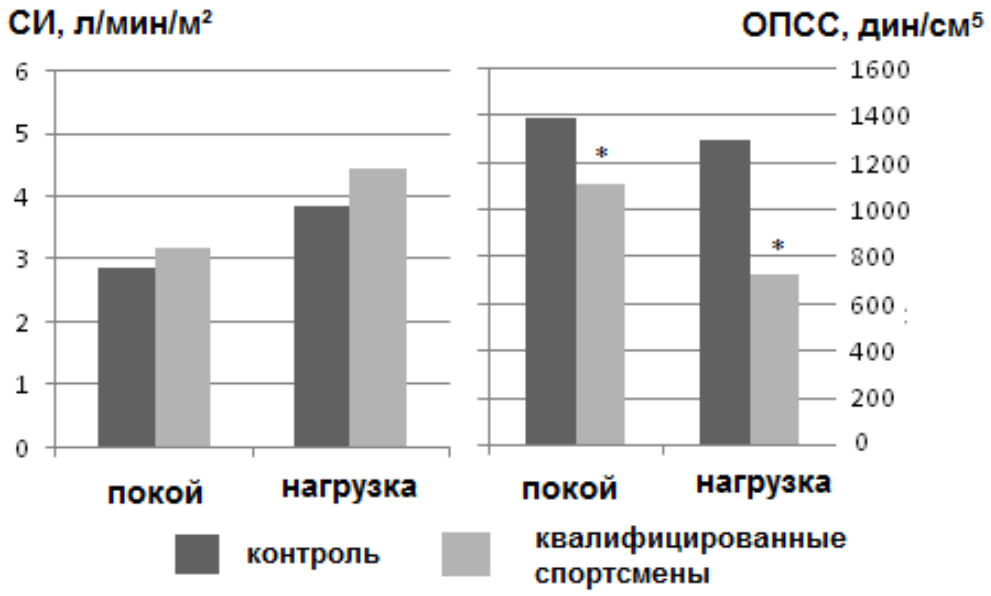


Рисунок 3.1 – Показатели сердечного индекса и общего периферического сосудистого сопротивления у юношей в состоянии покоя и при 2 нагрузке теста

Примечание: ОПСС, дин/см^5 - общее перефирическое сосудистое сопротивление, СИ, л/мин/м² - сердечный индекс

Распределение юношей (%) двух групп сравнения по типам кровообращения представлено на Рисунке 3.2.

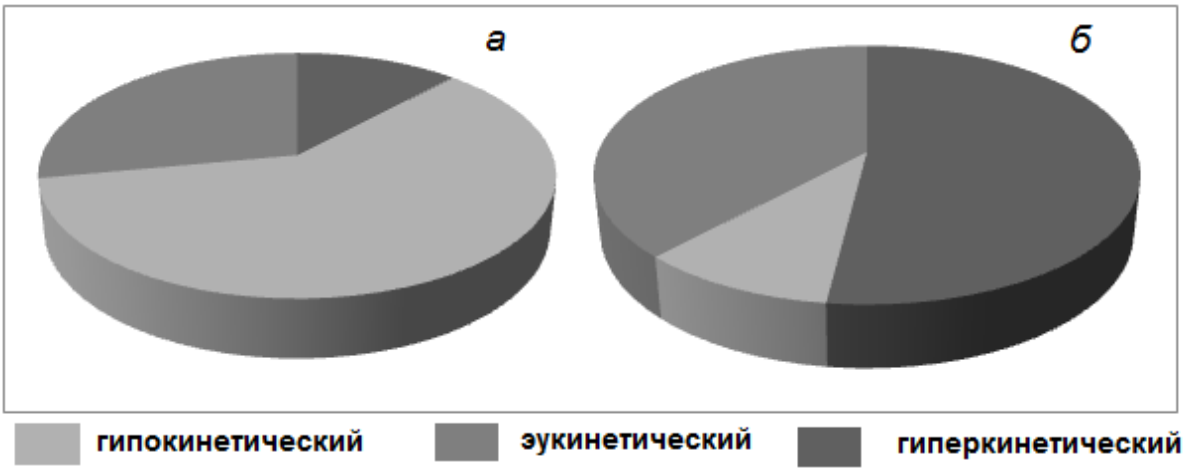


Рисунок 3.2 – Распределение типов кровообращения в группах и спортсменов (а) и контрольной группе юношей (б)

К гипокинетическому типу кровообращения, который является характерным для хорошо тренированных молодых людей и обладает значительным динамическим диапазоном, можно отнести 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×$с^{-1}$×$см^{-5}$ ($p<0,05$). Сниженный уровень ОПСС в группе спортсменов, а также связанное с этим пониженное САД и ДАД, можно объяснить постнагрузочными эффектами в периферическом сосудистом русле и структурными изменениями сосудов сопротивления в виде увеличения внутреннего диаметра и растяжимости артерий за счет снижения содержания кальция в эластиновых волокнах. Дополнительно при сниженном сосудистом сопротивлении создаются благоприятные условия для оттока крови из артериального отдела и снижения диастолического и среднего АД. Усиление положительных инотропных влияний и низкие значения ОПСС, способствовали оптимизации величины сердечного выброса как интегральной характеристики приспособительных возможностей системы кровообращения у спортсменов.

Такой приспособительный эффект позволял на каждой ступени нагрузочного теста спортсменам обеспечивать МОК (в среднем не превышающий значения в группе юношей на каждой ступени теста при достоверно превышающих значениях УИ сердца в среднем) на 55,5% ($p<0,05$), на первой нагрузке и на 104% на второй нагрузке нагрузочного теста ($p<0,01$). Величина минутного объёма кровотока у юношей-юношей с более низким МПК достигала пределов 10,4±4,0 л/мин, когда у спортсменов эти значения увеличивались до 13,33 л/мин, ($p<0,05$).

При этом следует обратить внимание на показатели внешней работы миокарда (ВРМ) у юношей с различным уровнем физической подготовленности и биоэнергетического обеспечения физической деятельности. Наименьшие значения ВРМ как в покое, так и при физической нагрузке, зарегистрированы у юношей группы юношей, что очевидно, можно связать с более низким ударным индексом, величина которого у этой группы была минимальной и составляла около 42,6 мл/м² в покое и характеризовалась падением при выполнении второй нагрузки теста ($p<0,05$). Вместе с тем, величина полезной внешней работы миокарда, характеризуемая снижением индекса напряжения миокарда (ИНМ), была максимальной в группе спортсменов (Таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Показатели работы миокарда в группах квалифицированных спортсменов (КС) и не занимающихся спортом (К) в покое и при выполнении нагрузочного теста, (n=229), Me(Q_1;Q_2)

Показатели	Группы	Условия			Достоверность		
		Покой (1)	Нагрузка 1 для К- 100 Вт для КС-130Вт (2)	Нагрузка 2 для К- 200 Вт для КС-250Вт (3)	p1-2	p1-3	p2-3
ВРМ, усл.ед.	К	4,77 (5,39; 6,06)	4,80 (4,96;5,76)	5,09 (4,78;6,03)	<0,05	<0,01	<0,05
	КС	5,09* (4,58; 5,34)	6,78* (5,33;7,12)	7,32* (5,09;8,34)	<0,05	<0,001	<0,05
ИНМ, усл.ед.	К	7,65 (6,01; 8,22)	7,76 (6,89;8,44)	8,32 (7,67;8,97)			
	КС	5,08*** (5,79; 7,12)	6,56* (5,67; 7,03)	6,85* (6,01;7,05)			

Примечание: Сравнение не зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Манна-Уитни, Me (Q1, Q3); для связанных выборок – критерий Уилкоксона; различия показателей достоверны по сравнению с контрольной группой * – ($p<0,05$); ** – ($p<0,01$); *** – ($p<0,001$); КС- квалифицированные спортсмены (n=131), К – контроль (n=98)

Так, ИНМ у них на 50,0%, (p<0,001) в покое и на 25% (p<0,05) при нагрузке соответственно, был ниже по отношению к группе юношей.

Увеличение инотропизма миокарда у юношей-спортсменов сопровождалось ростом эффективности сердечной деятельности по коэффициенту эффективности миокарда (КЭМ), являющего показателем отношения ВРМ к ИНМ (Рисунок 3.4).

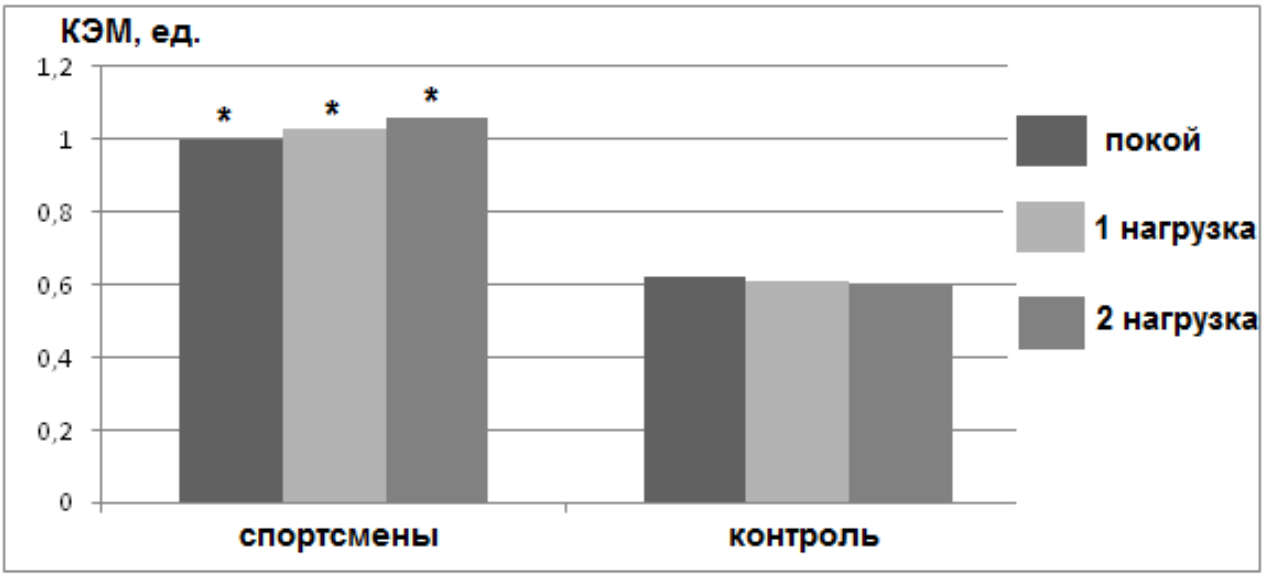


Рисунок 3.3 – Изменение коэффициента эффективности миокарда у обследуемых юношей в состоянии покоя и при выполнении нагрузочного теста

Примечание: КЭМ, усл. ед. - коэффициент эффективности миокарда, различия показателей достоверны по сравнению с контрольной группой * – (p<0,05)

Как в состоянии покоя, так и на каждой ступени нагрузки значения КЭМ у юношей-спортсменов с высоким уровнем работоспособности значительно в среднем на 30% (p<0,05) превышали показатели в группе юношей.

Следовательно, чем выше биоэнергетическая возможность в обеспечение мышечной деятельности у исследуемых юношей двух групп, тем больше функциональные резервы системы кровообращения и тем эффективней приспособительные реакции организма.

3.2. Характеристика регуляторного обеспечения физической работы в группах сравнения

Степень напряжения регуляторных механизмов, влияя на адаптационные возможности, во многом определяется степенью оптимальности вегетативной регуляции. Для сравнения вегетативной регуляции и степени напряжения механизмов регуляции в обеспечении приспособительных процессов у юношей с различным уровнем физической подготовленности, функциональных резервов и биоэнергетической возможности в обеспечении мышечной деятельности, изучали показатели вариабельности сердечного ритма в покое, а также при выполнении ступеней нагрузочного теста.

При сравнении полученных показателей учитывали возрастные изменения вегетативной регуляции юношей 19 − 21 лет. Особенностью этого возраста у мужчин является уже сформированное надсегментарное влияние на ритм сердца и стабилизацией нейроэндокринных процессов. При этом роль блуждающего нерва в процессе полового созревания увеличивается, и высокочастотная компонента сердечного ритма проявляет нестабильность.

Сравнивая вегетативный тонус спортсменов можно отметить, что нормотония была присуща 25% обследованных, остальные 75% имеют ваготонический тип. В группе юношей процент обследованных с нормотонией составил 40%, симпатотония отмечена у 40% и лишь у 20% отмечена ваготония (Рисунок 3.4).

В Таблице 3.5. отражены показатели вегетативной регуляции в группах сравнения в покое и при увеличении внешней нагрузки.

Общим в регуляторной закономерности вегетативного обеспечения функции сердечно-сосудистой системы у юношей контрольной группы являлось усиление симпатических влияний на мышечную нагрузку по показателю ИН в среднем на 65% (<0,01) на первой ступени нагрузочного теста и на 131% (<0,001) на втрой ступени.

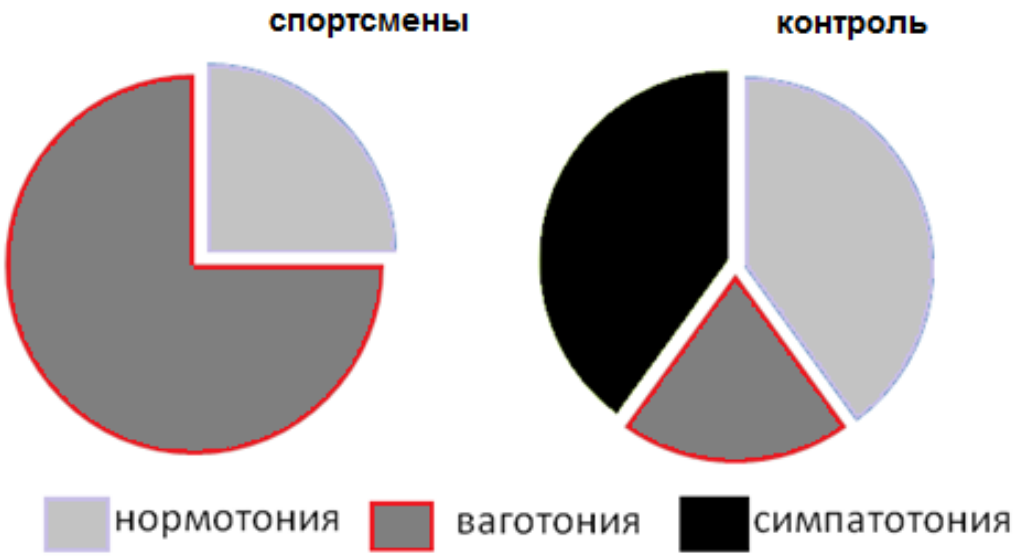


Рисунок 3.4 – Распределение типа вегетативного тонуса в группах квалифицированных спортсменов (*а*) и и контрольной группе юношей (б)

Таблица 3.5 - Показатели регуляции сердечного ритма в группах квалифицированных спортсменов (КС) и не занимающихся спортом (К) в покое и при выполнении нагрузочного теста, (n=229), (M± Sx)

Показа-тели	Груп-пы	Условия			Достоверность		
		Покой (1)	Нагрузка 1 (2) для К- 100 Вт для КС-130Вт	Нагрузка 2 (3) для К- 200 Вт для КС-250Вт	p1-2	p1-3	p2-3
SDNN, мс	К	45,7±2,1	35,4±2,9	28,5±2,2	<0,05	<0,001	<0,01
	КС	75,5±5,4***	55,9±5,2***	40,5±2,4***	<0,01	<0,001	<0,05
LF/HF, усл.ед.	К	1,03±0,03	2,00±0,02	2,91±0,03	<0,01	<0,01	<0,01
	КС	0,70±0,04**	0,90±0,03**	1,51±0,03**	<0,01	<0,01	<0,01
ИН, усл.ед.	К	58,1±2,2	96,0±12,8	134,1±10,1	<0,01	<0,001	<0,001
	КС	38,2±1,7**	57,5±2,4**	72,1±2,0***	<0,01	<0,01	<0,01

Примечание: LF, % - диапазон волн 0,04-0,40 Гц, HF, % - диапазон волн 0,15-0,40 Гц, LF/HF, усл.ед. – коэффициент вагосимпатического баланса, ИН, усл.ед. – стресс-индекс, различия показателей достоверны по сравнению с контрольной группой * – (p<0,05); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001); межгрупповые различия достоверны по t-критерию Стьюдента для несвязанных выборок

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 увеличении энергетического потенциала у спортсменов увеличивался процент юношей с ваготоническим тонусом, которые формировали оптимальный мобилизирующий ответ вегетативной регуляции и соответственно обеспечивали повышающиеся при нагрузке энергетические запросы организма адекватно. Так при исходно большем значении показателя SDNN на 66% (p<0,001) в покое, при падении на нагрузках, значения превышали значения юношей группы контроля на 57% (p<0,001) на первой нагрузке и на 57% (p<0,001) на второй. Удержание вагосимпатического баланса по показателю LF/HF при увеличении внешней нагрузки у квалифицированных спортсменов на уровни эйтонии подтверждалось отсутствием напряжения механизмов регуляции по показателю ИН меньшим, чем в группе контроля на 41% (<0,01) на первой нагрузке и на 47% (p<0,001) на второй.

Таким образом, с уменьшением физической работоспособности и функциональных резервов у юношей группы контроля наблюдалось повышение напряжения регуляторных систем, снижение вариативности сердечного ритма, неоптимальное вегетативное обеспечение деятельности. Вероятно, выявленные черты напряжения адаптации отражали разбалансировку центральных механизмов регуляции, что выразилось, как было показано выше, в деформации вегетативной регуляции в группе юношей и напротив её оптимизации в группе квалифицированных спортсменов.

3.3. Анализ показателей электрической активности миокарда в группах сравнения

Значимым методом исследования сердечно-сосудистой системы по-прежнему остается электрокардиография (ЭКГ), а Европейское сообщество кардиологов и Международный олимпийский комитет считают её неотъемлемой частью алгоритма кардиологического скрининга спортсменов. Электрокардиография отображает изменения, являющиеся результатом адаптивно-компенсаторных реакций сердца, как к напряженной мышечной деятельности, так и к психоэмоциональным стрессовым влияниям тренировочной и соревновательной деятельности.

При статистическом анализе результатов ЭКГ во втором стандартном отведении у юношей 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).

Ритм в обеих группах был синусовый в 90% - в группе квалифицированных спортсменов и в 100% - в группе юношей.

Как известно биоэлектрическую активность левого и правого предсердий, а именно процесс их деполяризации, отображает зубец P, не различался по числовым значениям в группах сравнения (Таблица 3.6).

Процессу распространения возбуждения по предсердиям соответствует интервал P-Q, продолжительность которого у всех обследованных спортсменов и юношей укладывалась в пределы физиологической нормы.

Интервал Q-T определяется как электрическая систола сердца. При сравнении значений во II стандартном отведении наибольшая длительность этого интервала была выявленна у спортсменов, чем в контрольной группе. Однако, статистически значимых различий между исследуемыми величинами выявлено не было.

Таблица 3.6 – Значения ЭКГ - показателей во II стандартом отведении в группе квалифицированных спортсменов (КС) и не занимающихся спортом (К) в покое и при выполнении нагрузочного теста, (n=229), (M± Sx)

Показатели	Группы сравнения		
	Квалифицированные спортсмены (n=131)	Контроль – не занимающиеся (n=98)	Достоверность
Синус.ритм	90 %	100 %	
ЭОС, норм.	92%	95%	
P, mv	0,14±0,03	0,11±0,01	
Q, mv	-0,062±0,009	–0,067±0,004	
R, mv	1,32±0,02	1,19±0,04	<0,05
S, mv	–0,16±0,01	–0,17±0,01	
T, mv	0,43±0,01	0,37±0,01	<0,001
P-Q, c	0,13±0,01	0,17±0,02	
Q-T, c	0,451±0,005	0,443±0,006	
R-R, c	1,06±0,02	0,82±0,03	<0,001

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

Тенденция к снижению высоты зубца P и удлинению интервала P-Q у юношей группы контроля, аргументируется ослаблением распространения возбуждения в мышечных волокнах. Такое состояние характерно ослаблению функции сердца при гипоксическом состоянии миокарда, энергетическом дефиците или метаболическим нарушениям. У квалифицированных спортсменов при сравнении со юношими группы контроля была выявлена тенденция, не носящая достоверного характера уменьшения амплитуды зубца P и удлинение интервала P-Q.

Направленность различий связано с повышением тонуса парасимпатической иннервации сердца квалифицированных спортсменов.

При сравнительном анализе зубца Q, который отражал распространение импульса по межжелудочковой перегородке и начало распространения импульса по желудочкам, статистически значимых различий между показателями в группах сравнения выявлено не было.

Дальнейшее распространение возбуждения по миокарду правого и левого желудочков отражает возбуждение верхушки сердца, что на ЭКГ соответствует зубец R. Было выявлено, что высота зубца R у юношей на 10,1% ($p<0,05$) меньшее в сравнении со спортсменами. Распространение электрического импульса в базальных отделах правого и левого желудочков отражает зубец S, статистически значимой разницы между значениями которого в группах сравнения, не выявлено.

Процесс быстрой реполяризации миокарда желудочков на ЭКГ проявляется зубцом T. Наибольшее значение высота зубца T имела в группе спортсменов, в среднем превосходя значения у юношей на 16% ($p<0,001$). Реполяризация во многом зависит от течения обменных процессов в миокарде, а выявленное увеличение его амплитуды в группе спортсменов, указывает на усиление у них диастолической функциональной способности и к расслаблению сердечной мышцы.

При сравнительном анализе интервала R-R было выявлено рост его значения у спортсменов в среднем на 19% ($p<0,001$) по сравнению со значениями в группе юношей.

Исследование у спортсменов и юношей амплитуды зубца R в грудных отведениях выявило некоторые различия. Так, отмечался рост амплитуды зубца R у юношей в отведениях V1 ($p<0,05$) и V2 ($p<0,05$). В левых грудных отведениях статистически различий выявлено не было. Высота зубца S в отведении V1 была больше у спортсменов ($p<0,05$). В других грудных отведениях статистически значимых изменений не выявлено. У всех

обследуемых переходная зона находилась в позиции V2 – V3, которая соответствует проекции межжелудочковой перегородки на переднюю грудную стенку. Этот факт отражает её сдвиг вправо и отсутствие гипертрофии желудочков (в норме переходная зона расположена между V2 – V4).

Таким образом, 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.

3.4. Анализ фазографических показателей электрической активности миокарда в группах сравнения

Предложена и реализована методика определения функционального «электрофизиологического» резерва электрической активноси сердца на основе фазографического анализа скоростных характеристик электрической активности сердца (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.)

Для оценки фазографических показателей электрической активности сердца, изучали следующие признаки ФГИ в группах юношей с различным уровнем функциональных миокардиальных резервов:

- показатель симметричности фрагмента реполяризации усредненной траектории фазовой графической иллюстрации (ФГИ) (β_T, ед.);
- показатель рассеивания точек фазовых траекторий ФГИ (σ_{QRS}, ед.);

- показатель угла ориентации усредненной фазовой траектории ФГИ (α_{QRS}, град.);
- показатель отношения площадей петель зубца Т и комплекса QRS усредненной фазовой траектории ФГИ (S_{TR}, ед.).

Был проведён сравнительный анализ фазографических показателей электрической активности сердца в покое (Таблица 3.7) и при выполнении физической нагрузки (Таблица 3.8).

Таблица 3.7 – Фазографические показатели электрической активности сердца в группах квалифицированных спортсменов и в группе контроля в покое, (n=229), Me(Q_1;Q_3)

ФСП ЭАС	Группы сравнения								Д
	Контроль – не занимающиеся (n=98)				Квалифицированные спортсмены (n=131)				
	M± Sx	Me	Q_1	Q_3	M± Sx	Me	Q_1	Q_3	
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 показатели электрической активности сердца; Д – достоверность, рассчитанная по критерию Манна-Уитни

Итак, первый показатель симметричность зубца Т. На Рисунке 3.5. представлены ФГИ, фрагменты реполяризации и динамика симметричности зубца Т на протяжении 500 циклов у квалифицированного спортсмена (*I*) и юноши контрольной группы (*II*).

Таблица 3.8 – Фазографические показатели электрической активности сердца в группах квалифицированных спортсменов и в группе контроля при физической нагрузке, 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: Сравнение не зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Манна-Уитни

Зубец Т отражает реполяризацию желудочков, а реполяризация эпикарда совпадает с пиком зубца Т. Вторая часть зубца Т соответствует относительному рефрактерному периоду. Нарушение различных звеньев реполяризации приводит к электрической неоднородности миокарда и снижению сократительной способности, падению адаптационных возможностей сердечной мышцы [3]. В различных зонах миокарда именно форма волны Т зависит от длительности и величины трансмембранных потенциалов действия [59, 68, 125].

Оценка асимметрии зубца Т явилась важным диагностическим критерием ишемии миокарда. Однако клиническая ценность анализа симметрии волны Т, продемонстрированная еще 30 лет назад, по причине сложности реализации измерений, не использовалась в клинической практике [257].

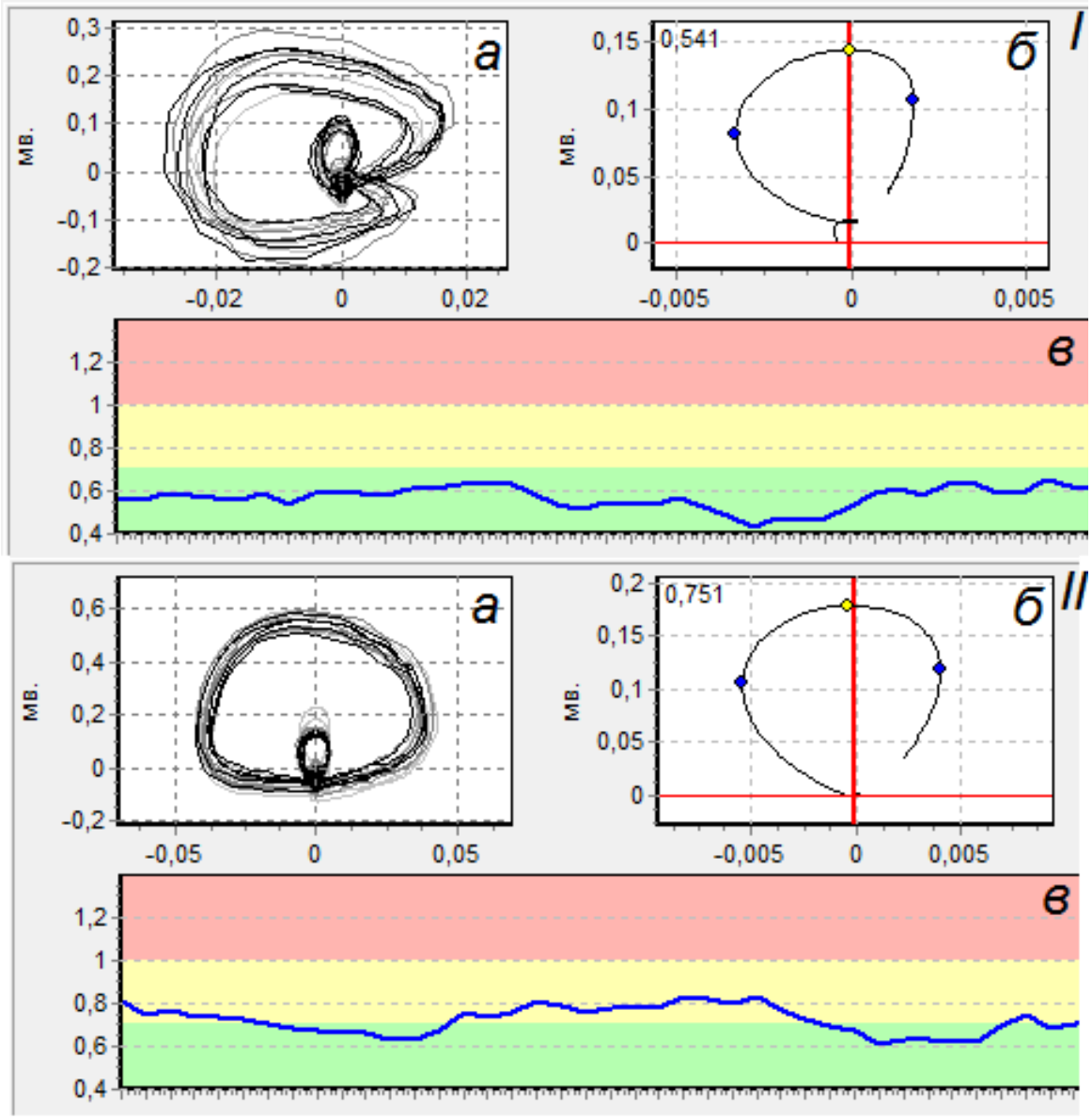


Рисунок 3.5 – Фазовая графическая иллюстрация (ФГИ) (а); участок реполяризации ФГИ (б); динамика изменения симметричности зубца Т на протяжении 100 циклов (в) квалифицированного спортсмена (I) юноши контрольной группы (II)

Фазометрический подход к измерению симметричности зубца Т (β_T), позволил анализировать его форму и количественно оценивать степень его симметричность.

У квалифицированных спортсменов с высоким уровнем функциональных резервов миокарда зубец Т в фазовой плоскости

отображался ассиметрично, а при снижении резервов у юношей контрольной группы зубец Т имел тенденцию к симметричности. Эту симметричность можно аргументировать повышением дисперсии региональной реполяризации сердечной мышцы.

Установлено, что у спортсменов высокой квалификации (мастер спорта) (в переходный период независимо от вида спорта) показатель β_T соответствовал значениям 0,45–0,66 ед. (Таблица 3.7). Такая направленность оптимизации функционирования механизмов регуляции свидетельствовала о повышении эффективности механизмов долговременной адаптации.

Как критерий эффективности приспособительных механизмов использовали не только значение β_T, но и дисперсия этого показателя $D\beta_T$.

Так, в группе спортсменов размах $D\beta_T$, характеризующий электрическую неоднородность и нестабильность миокарда, находился в пределах 0,052 ± 0,005 ед., в то время как у лиц, которые не занимались спортом, $D\beta_T$ было выше на 52,5% ($p < 0,05$).

Увеличение внешней нагрузки при нагрузочном тестировании и на фоне роста ЧСС до значений 130 уд/мин на первой ступени приводило к приросту значения показателя β_T на 11% ($p<0,001$) в группе нетренированных обследованных и на 9% ($p>0,05$) в группе спортсменов (Рисунок 3.6).

Как видно из рисунка, показатель прироста значений показателя β_T при выполнении 2 нагрузки на фоне роста ЧСС до значений 170 уд/мин в контрольной группе юношей контрольной группы превышал показатели исследуемых спортсменов среднем на 20,0% ($p<0,01$).

Таким образом, динамика роста β_T не дублировала прирост ЧСС при выполнении ступеней нагрузочного теста, что указывало на самостоятельную значимость изучаемого показателя.

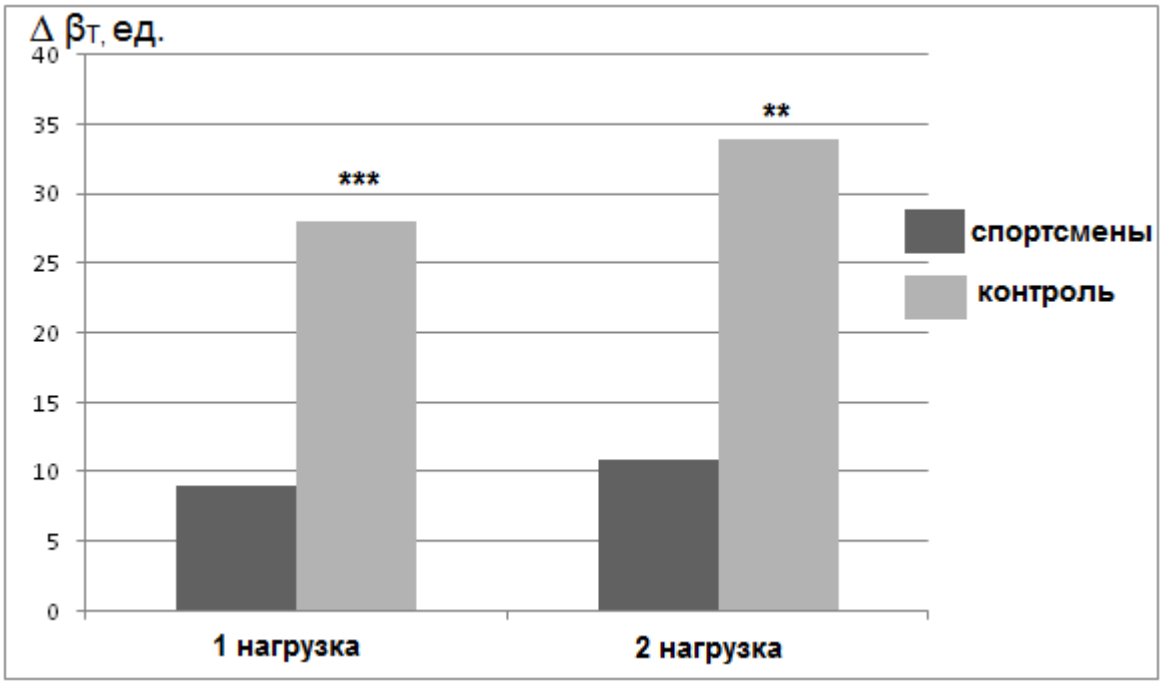


Рисунок 3.6 – Прирост значений β_T на ступенях нагрузочного теста в группах квалифицированных спортсменов и юношей группы контроля

Сравнение диагностической эффективности (информативности) количественного и качественного определения показателей ФГИ осуществлялось с помощью ROC-анализа (Receiver Operating Characteristic) с построением ROC-кривых и оценкой AUC (площади под кривой).

На Рисунке 3.7 отображена ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя β_T в группах сравнения – квалифицированных спортсменов и юношей группы контроля.

Площадь под ROC-кривой (AUC) равна 0,840 ед. Такая оценка указывает на высокое качество данного классификатора. Стандартная ошибка AUC равна 0,028, а доверительный интервал AUC для вероятности 95% имеет границы от 0,786 до 0,885 при p=0,95.

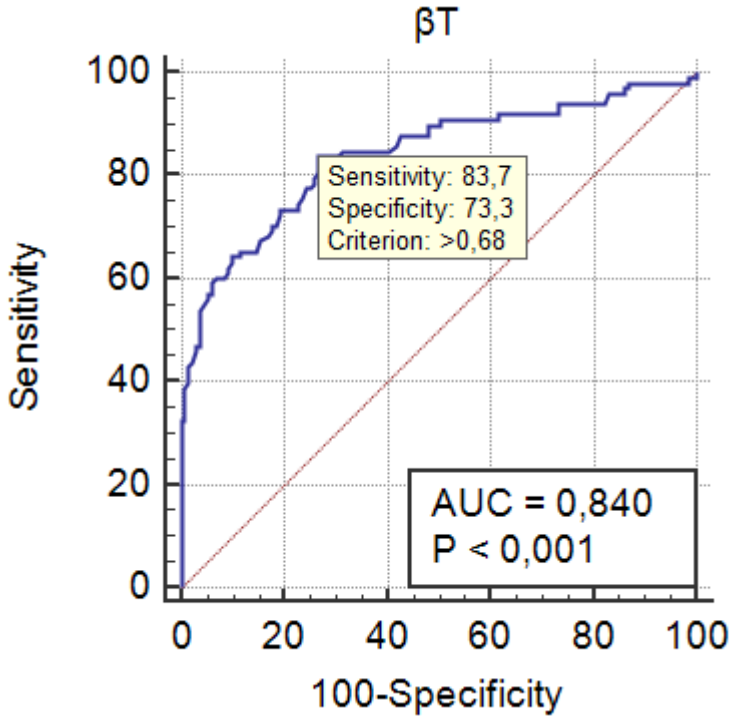


Рисунок 3.7 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя β_T в группах сравнения

Полученное значение AUC статистически значимо отличается от площади над диагональю (0,5) с достоверностью p<0,001. Доля истинно положительных результатов классификации или чувствительность ROC-модели по показателю симметричности зубца T при определении уровня функциональных резервов сердца составляет 83,7%. Доля истинно отрицательных результатов классификации или специфичность изучаемого метода составляет 73,3%, что является высоким результатом, так как больше 80%.

Таким образом, применение β_T в качестве классификатора уровня функциональных резервов миокарда у спортсменов должно давать не более 16,3% ложноотрицательных результатов при гиподиагностике и не более 26,7% ложноположительных результатов при гипердиагностике. Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая классифицировать

юношей на 2 группы с различающимися уровнями функциональных резервов сердечной деятельности, соответствует значению 0,68 единиц.

Схожесть фазовой графической иллюстрации ЭКГ на плоскости $z(t), \dot{z}(t)$ и привычной векторкардиограммы даёт основание предположить, что уменьшение угла ориентации α_{QRS} фазовой графической иллюстрации ЭКГ несет важную информацию о формировании электронегативной ткани в ущерб электропозитивной и свидетельствует об увеличении доли несократительных элементов в миокарде. Известно, что состояние пучка Гиса сердечной мышцы и, в определенной мере, анатомическая позиция сердца определяют электрическую ось сердца (ЭОС). Сопоставление данных 12-канальной ЭКГ-диагностики и значений показателя угла ориентации α_{QRS} ФГИ показало, что увеличение α_{QRS} сопровождалось отклонением электрической оси сердца вправо. У 80,2% обследованных квалифицированных спортсменов наблюдалась вертикальная миграция оси сердца, что, как известно, является следствием увеличения в первую очередь правых отделов сердца под влиянием спортивных тренировок [24, 25]. На ЭКГ спортсменов, как правило, выделяют не прямые признаки гипертрофии правого желудочка, характерные для так называемой систолической перегрузки при патологии, а косвенные, указывающие на увеличение объема правого желудочка, характерное для спортсменов, тренирующих выносливость. К ним относятся отклонение электрической оси вправо, появление признаков неполной блокады правой ножки пучка Гиса и выраженных зубцов S в правых прекардиальных отведениях.

Полученные нами данные подтверждают, что морфофункциональные особенности ремоделированного миокарда влияют на разворот ФГИ по часовой стрелке или против часовой стрелки (Рисунок 3.8).

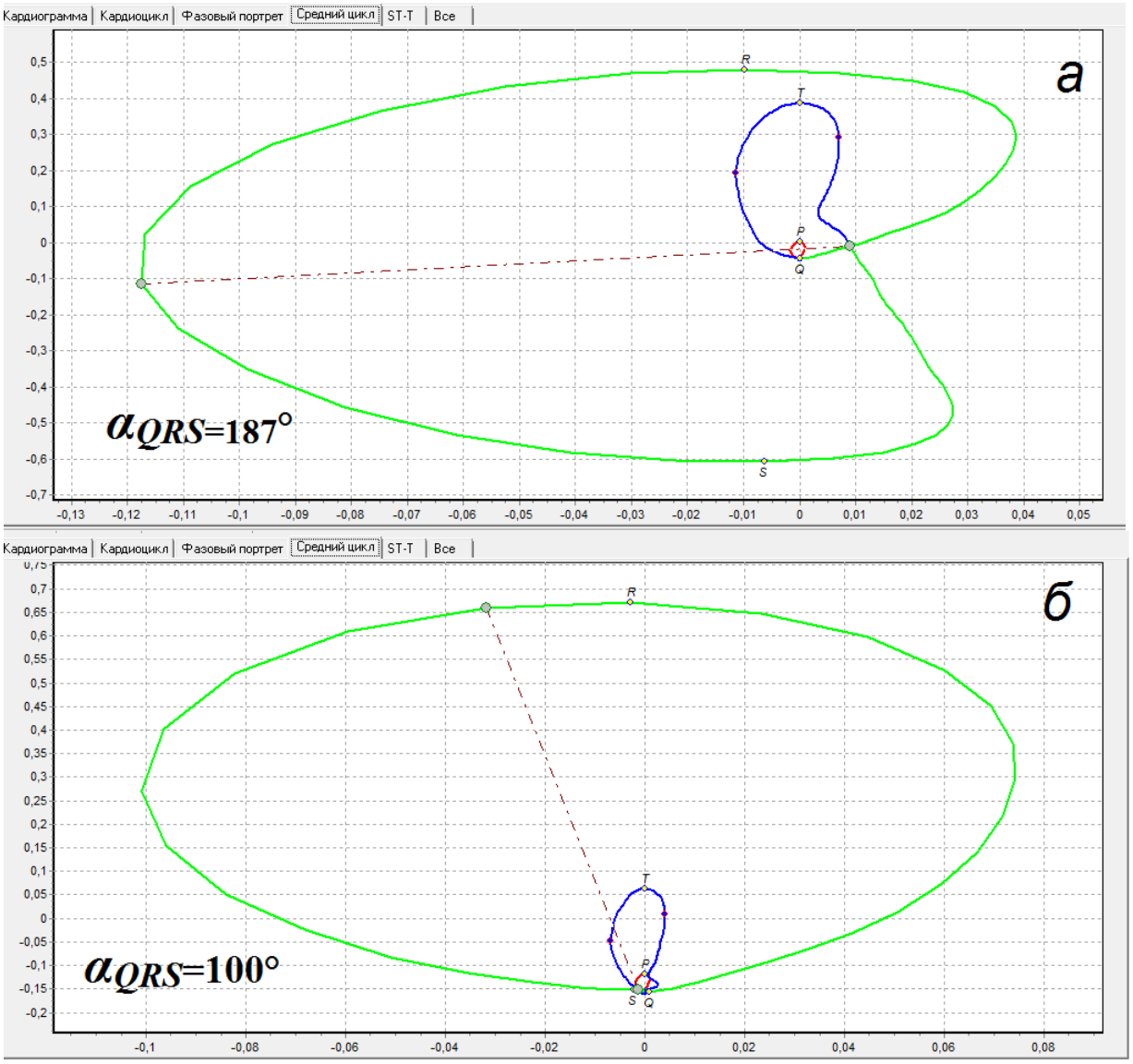


Рисунок 3.8 – Сравнение формы и угла поворота усреднённой траектории ФГИ квалифицированного спортсмена (а) и юноши контрольной группы (б)

Следовательно, результаты наших исследований [243] указывали на взаимосвязь угла ориентации α_{QRS} с электрофизиологическим состоянием миокарда, а его значения характеризовали увеличение уровня тренированности и гипертрофии отделов сердца.

Сопоставление данных α_{QRS} с результатами обработки 12-канальной ЭКГ показали высокую степень корреляции r=0,659 (p<0,001) между

направлением ЭОС ($\alpha_{ЭОС}$), которое определялось традиционным способом по 12-канальной ЭКГ, и углом ориентации α_{QRS} ФГИ (Рисунок 3.9).

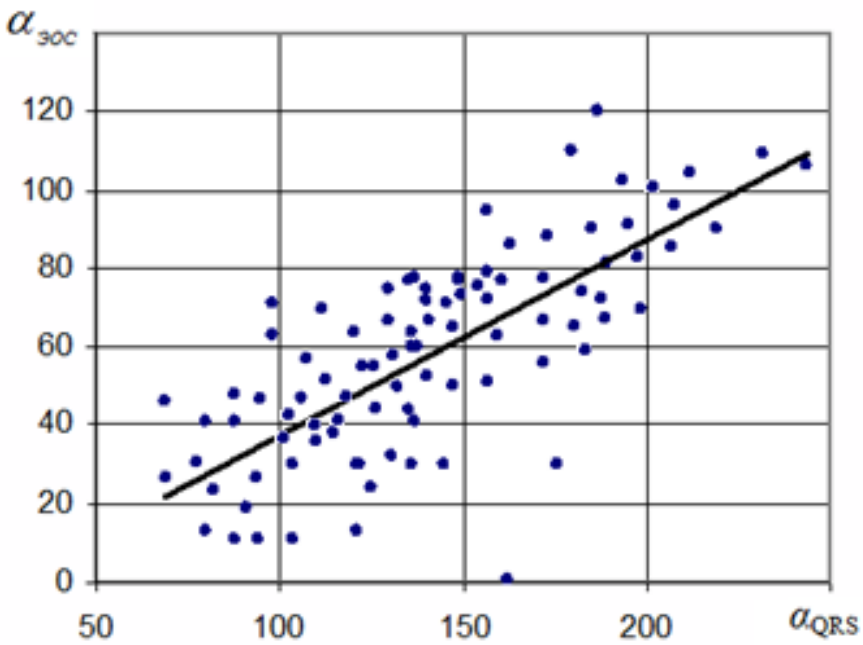


Рисунок 3.9 − Взаимосвязь направления электрической оси сердца $\alpha_{ЭОС}$ и угла α_{QRS}.

Указанная зависимость может быть описана линейным уравнением регрессии

$$\alpha_{ЭОС}=0{,}49339\alpha_{QRS} - 11{,}8581$$

Результаты исследования показали, что с относительно высокой точностью по фазометрическому показателю α_{QRS} одноканальной ЭКГ, можно оценивать направление электрической оси сердца, что еще раз подтверждает диагностическую ценность анализа фазовой графической иллюстрации ЭКГ. Уменьшение значений показателя α_{QRS} характеризовало падение электропозитивного проявления миокарда, а рост α_{QRS} свидетельствовал о расширении резервных возможностей электрической активности сердца.

Важно отметить, что при увеличении внешней нагрузки (при выполнении теста PWC_{170}) в конце нагрузочного тестирования наблюдались

значимые различия в приращении значения угла α_{QRS} у спортсменов и у лиц, не занимающихся спортом. Так, при увеличении мощности физической нагрузки в группе спортсменов увеличение значения угла α_{QRS} в среднем происходило на 20,5 градусов ($p<0,05$) ко второй ступени нагрузочного теста. При этом у лиц, не занимающихся спортом, наблюдались лишь незначительные увеличения α_{QRS}. Данный факт подтверждает гипотезу о том, что показатель α_{QRS} в большей степени несет информацию о функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы, чем об антропометрических особенностях пациента.

На Рисунке 3.10 отображена ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя α_{QRS}.

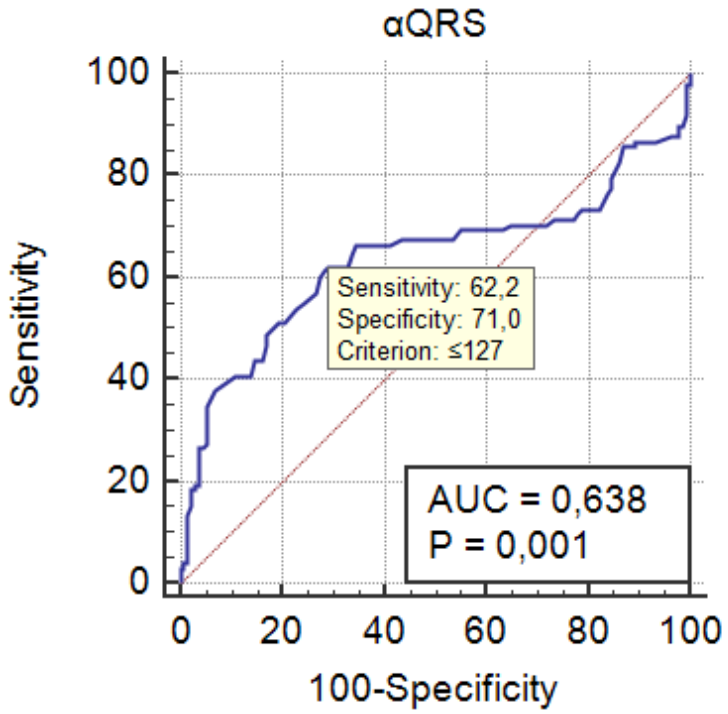


Рисунок 3.10 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя α_{QRS} в группах сравнения

Так как площадь под ROC-кривой (AUC) равна 0,638, то уровень данного классификатора можно оценить, как низкий. Стандартная ошибка AUC равна 0,041. Доверительный интервал AUC для вероятности 95% имеет

границы от 0,572 до 0,700 при p=0,95. Полученное значение AUC статистически значимо отличается от площади над диагональю (0,5) с p<0,001. Чувствительность ROC-модели составляет 62,2%, что является низким результатом, так как меньше 70%, специфичность составляет 71,0% – средний по точности результат, так как выше 70 и ниже 80%. Таким образом, классификация с применением показателя α_{QRS} должна давать не более 37,8% ложноотрицательных результатов (гиподиагностика) и не более 29,0% ложноположительных результатов (гипердиагностика). Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая разделять исследуемых по уровню функциональных резервов, соответствует значению 127 градусов.

Следующий исследуемый показатель - разброса траекторий фазовой графической иллюстрации σ_{QRS}. Как установили результаты исследований, средний показатель в группе юношей контрольной группы σ_{QRS} соответствовал значению 21,1±1,1 ед. При этом с ростом уровня тренированности показатель размаха фазовых траекторий падал в среднем до 15 ед. (Рисунок 3.11).

Вероятно, как снижение эффективности адаптационных процессов, так и совершенствование саморегуляторных механизмов при увеличении тренированности приводило к установлению определённого допустимого размаха траекторий ФГИ, как результата смещения управляющих показателей, достаточного для обеспечения адекватного функционирования. В таблице 3.9 представлены результаты оценки парных корреляций показателя σ_{QRS} с амплитудой моды AMo, стандартным отклонением SDNN и мощностью высокочастотных компонент HF массива R-R интервалов сердечного ритма в группах сравнения.

Как показали полученные результаты, величина разброса фазовых траекторий, отражая функциональное состояние и адаптационные возможности регуляции сердечно-сосудистой системы, обусловлена суммарным эффектом вегетативной регуляции, и проявляла

однонаправленные корреляционные взаимосвязи с высокочастотными компонентами регуляции сердечного ритма.

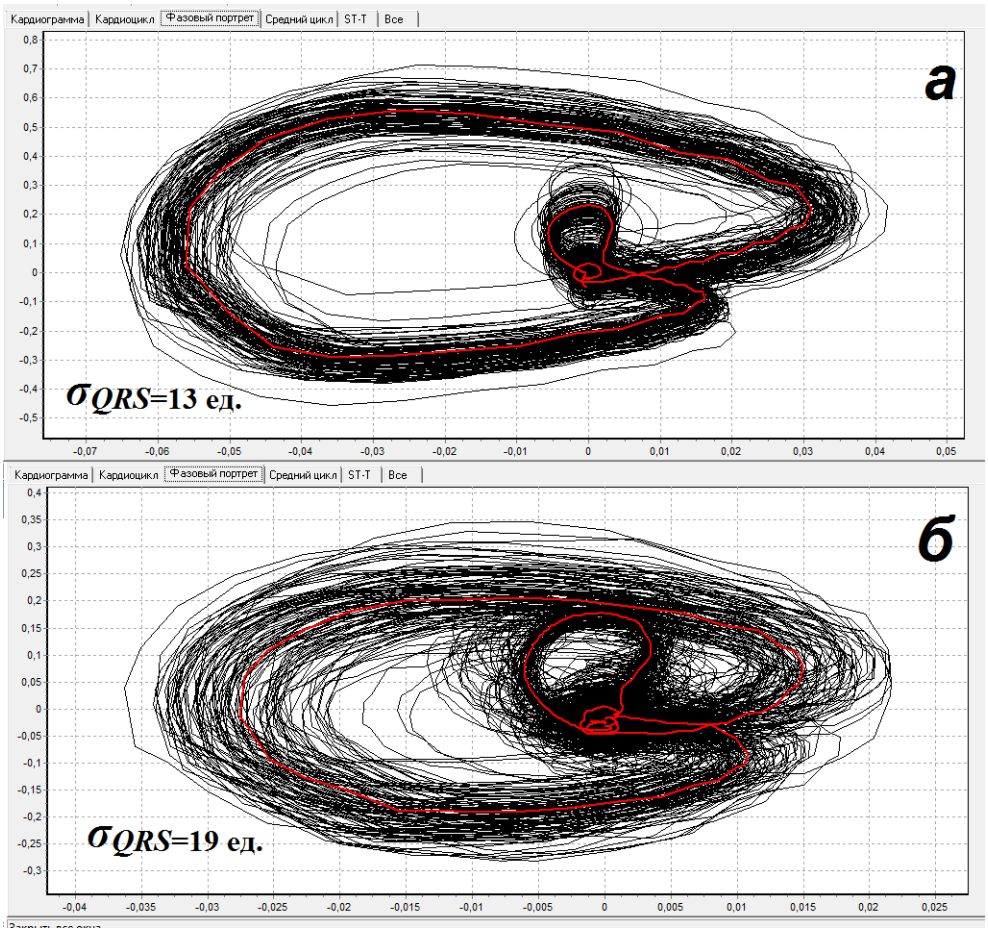


Рисунок 3.11 – ФГИ квалифицированного спортсмена (а) и юноши контрольной группы (б)

Таблица 3.9 – Корреляционные взаимосвязи показателя σ_{QRS} с параметрами сердечного ритма в группах с разным уровнем адаптационного потенциала

Контингент	Коэффициенты ранговой взаимосвязи		
	σ_{QRS}–AMo	σ_{QRS}– SDNN	σ_{QRS}–HF
Квалифицированные спортсмены	0,62**	–0,65***	–0,61**
Контроль	–0,60**	0,67***	0,59**

Примечание: значимость коэффициентов определена по критерию Спирмена* – ($p < 0,05$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,001$)

Так, у исследуемых спортсменов стрессопротекторные проявления парасимпатической части нервной системы проявлялись отрицательными корреляционными зависимостями с показателем σ_{QRS}, а юношей контрольной группы – прямой зависимостью. На фоне более низких значений σ_{QRS} в покое прирост значения этого показателя при выполнении физической нагрузки был значительно выше у обследованных спортсменов с более высокими функциональными резервами. При изучении особенностей изменения показателя σ_{QRS} при выполнении ступеней нагрузочного теста на фоне одинаковых значений ЧСС была выявлена различная динамика разброса ФГИ у спортсменов высокой квалификации и у лиц, не занимающихся спортом.

Установлено, что при нарастании нагрузки у спортсменов наблюдалось изменение средних значений параметра σ_{QRS} ко второй ступени нагрузочного теста в среднем в два раза ($p<0,01$), в то время как у лиц, не занимающихся спортом, значения σ_{QRS} увеличивались не значительно (Рисунок 3.12).

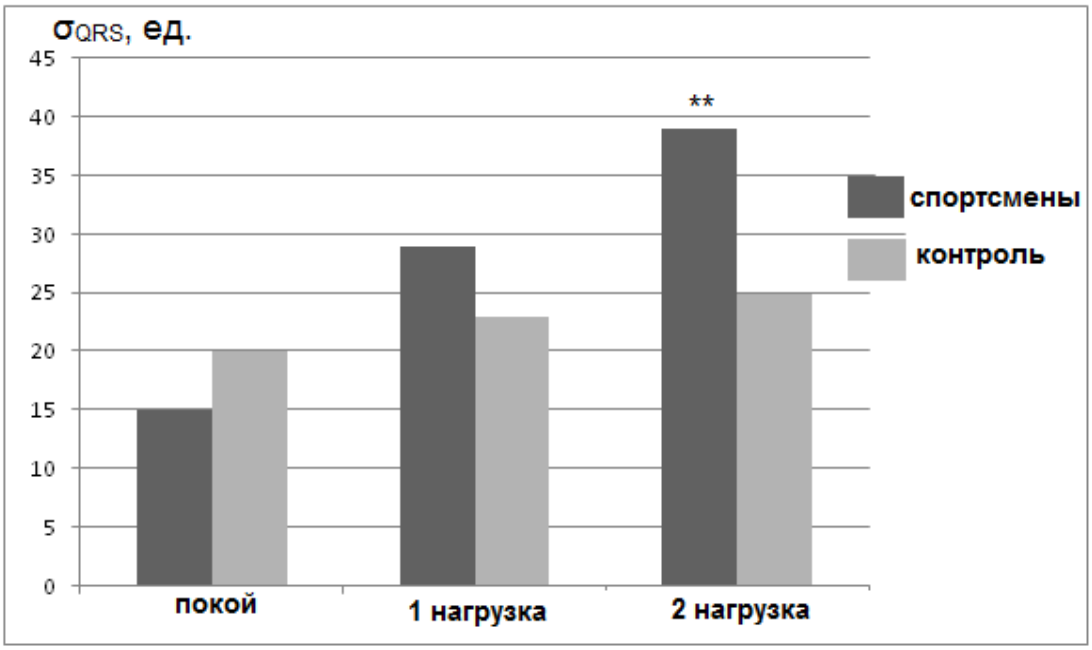


Рисунок 3.12 – Особенности роста величины разброса фазовых траекторий (σ_{QRS}, ед.) в группе спортсменов и группе контроля

Расширение резервов адаптации в обеспечении высокого уровня работоспособности в процессе систематических физических тренировок у спортсменов проявлялась и в возможности функциональной избыточности сердечно-сосудистой системы при возможности выбирать более эффективные методы управления.

Так же производили оценку диагностической информативности данного показателя (Рисунок 3.13).

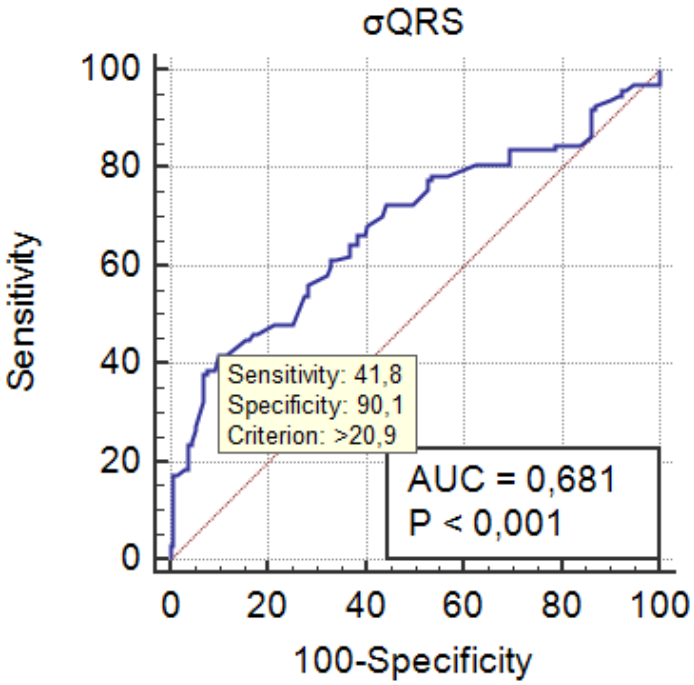


Рисунок 3.13 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя σ_{QRS} в группах сравнения

ROC-анализ показал низкое качество данного показателя как классификатора (AUC=0,681 ед.). Полученное значение AUC статистически значимо отличается от площади над диагональю (0,5) с достоверностью $p<0,001$. Чувствительность ROC-модели составляет 41,8%, что является низким результатом, так как меньше 70%, специфичность составляет 90,0% – высокий по точности результат, так как выше 80%. Таким образом, применение показателя σ_{QRS} для ранжирования уровня адаптационных

резервов миокарда должно давать не более 58,2% ложноотрицательных результатов (гиподиагностика) и не более 10,0% ложноположительных результатов (гипердиагностика). Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая классифицировать исследуемых на группы с различающимся уровнем фнкциональных резервов, соответствует значению 20,9 ед.

Оптимальность электрической активности миокарда в течение сердечного цикла также можно количественно оценить показателем S_{TR} – отношением площади петли реполяризации (зубца Т) к площади петли деполяризации (комплекса QRS) (Рисунок 3.14).

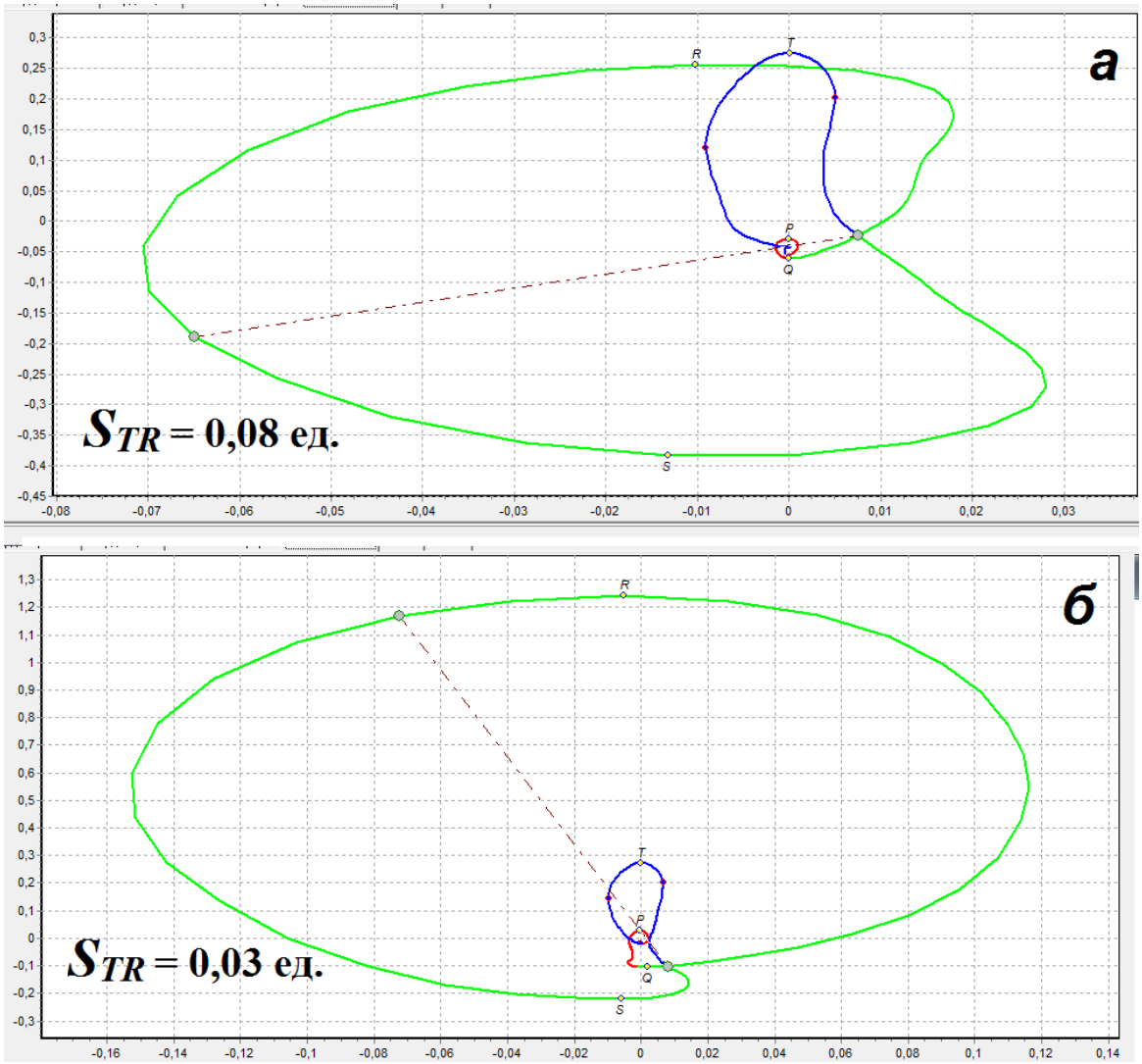


Рисунок 3.14 – Усреднённая траектория ФГИ и значение показателя S_{TR} квалифицированного спортсмена (а) и юноши контрольной группы (б)

Следовательно, показатель S_{TR}, полученный на основании обработки фазовой графической иллюстрации одноканальной ЭКГ, количественно отражал соотношение процессов деполяризации и реполяризации. При увеличении внешней нагрузки в группе спортсменов данный показатель имел тенденцию к стабильности, а у юношей он значимо уменьшался на 0,02 ед. на второй ступени нагрузочного теста ($p<0,05$).

Производили оценку диагностической информативности показателя STR (Рисунок 3.15). Анализ характерологической кривой показал на низкое качество данного классификатора (AUC=0,640 ед.), так как меньше 0,70.

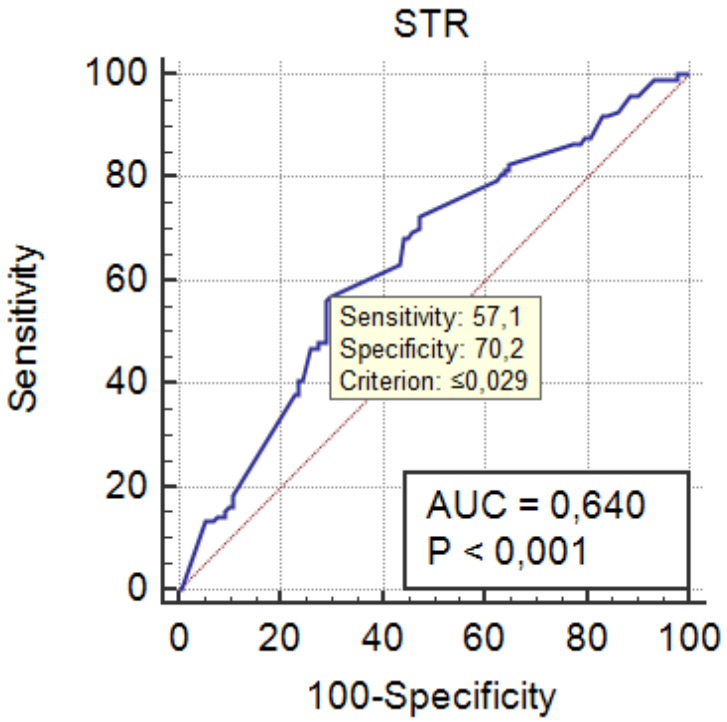


Рисунок 3.15 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя S_{TR} в группах сравнения

Чувствительность ROC-модели составляет 57,1%, что является низким результатом, так как меньше 70%, специфичность составляет 70,2% – средний по точности результат, так как выше 70 и ниже 80%.

Таким образом, данный классификатор должен давать не более 29,8% ложноотрицательных результатов (гиподиагностика) и не более 10,0%

ложноположительных результатов (гипердиагностика). Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая классифицировать исследуемых по уровню резервов миокарда, соответствует значению 0,029 ед.

Подводя итог первого этапа исследований можно констатировать, что методика определения резервов миокарда с применением фазографических показателей электрической активности сердца может являться информативным диагностическим приёмом в определении и ранжировании спортсменов в различные периоды учебно-тренировочного процесса.

В Таблице 3.10 представлены сводные значения диагностической эффективности показателей ФГИ в исследуемых группах сравнения.

Таблица 3.10 − Сводные результаты вычисления чувствительности и специфичности показателей ФГИ по результатам ROC-анализа при определении уровня функциональных резервов у 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 функциональных резервов миокарда по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца проявил показатель β_T, ед. Так интегральный индекс Юдена наибольший у данного показателя (0,57 ед.).

Таким образом, можно установить следующие пороговые решающие правила:

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

Высокий уровень резервов, если 127 >α_{QRS}< 185 град[1]. ……(2)

Высокий уровень резервов, если, если 10 у.е.[2].> σ_{QRS}< 20,9 у. е…….(3)

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

Таким образом, алгоритмы (1-4) можно считать информативными диагностическими решениями, а показатели ФГИ в выявленных референтных границах достаточно чувствительны и специфичны для выявления снижения функциональных резервов сердечной деятельности.

Однако, как видно, вклад различных показателей в окончательное решение не равнозначен.

Для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам юношей или спортсменов использовали метод множественной бинарной логистической регрессии.

В результате статистической обработки были получены параметры линейного уравнения регрессии:

$$y = a_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots$$

y – значение функции логистической регрессии;

a_0 – свободный член уравнения;

b_1, b_2 … - весовые коэффициенты регрессии, отражающие вклад каждого фактора во влияние на результат классификации пациентов.

[1] – отражено в: 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] – отражено в: Минина Е. Н. Оптимизация скрининг-оценки кардиогемодинамики с использованием алгебраической модели конструктивной логики / Е. Н. Минина. Монография под ред. А. А. Хадарцева, В. А. Хромушина. – Москва. – 2017.–143 с.

Результаты анализа показали, что в совокупности исследуемые факторы оказывают статистически значимое влияние (χ^2=94,6; p<0,001) на итоги классификации.

Алгоритм (№1) классификации с учётом вклада каждого показателя имело следующий окончательный вид:

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

Вероятность принадлежности исследуемых к одной из двух групп рассчитывали по формуле:

$$p = 1/(1+e^{-y})$$

Если рассчитанная вероятность превышала значение априорной вероятности, то пациента относили к группе спортсменов. Априорная вероятность соответствует доле спортсменов, которая составляла 131/229*100%=57%.

Анализ адекватности полученной регрессионной модели показан в Таблице 3.11.

Таблица 3.11 − Результаты адекватности классификации с помощью регрессионной модели

Наблюдаемые результаты	Предсказанные результаты		Процент верных предсказаний	Общий процент верных предсказаний	Отношение шансов
	Контроль	Спортсмены			
Контроль	65	33	93,2	76,9	10,9
Спортсмены	20	111	84,7		

Таким образом, полученная модель приблизительно одинаково пригодна для прогнозирования принадлежности как к группе спортсменов (высокая чувствительность), так и к группе юношей (высокая специфичность), точность предсказания 93,2% и 84,7% соответственно. Величину общего

процента верных классификаций (76,9) можно считать высокой. Такой же вывод можно сделать по высокому значению отношения шансов.

Выводы по главе:

1. Получение скоростных характеристик электрической активности сердца было реализовано путём регистрации первой производной этого процесса с применением фазографических измерений.
2. Установлено, что анализ биосигнала одноканальной ЭКГ в фазовой плоскости обеспечил введение ряда дополнительных диагностических признаков сердечной деятельности. В определении уровня функциональных резервов в группе квалифицированных спортсменов при сравнении с юношами контрольной группы с более низкми функциональными резервами установлены референсные границы нормы фазографических показателей электрической активности сердца и их соответствующие чувствительность и специфичность, характеризующие высокой уровень резервов у спортсменов:

$\boldsymbol{\beta_T} < 0{,}68$ ед. (83,7% и 73,3%);

$127 < \boldsymbol{\alpha_{QRS}} < 185$ град. (62,2% и 71,0%),

$10 < \boldsymbol{\sigma_{QRS}} < 20{,}9$ у. е. (41,8% и 90,0%);

$\boldsymbol{S_{TR}} > 0{,}029$ у. е. (57,1% и 70,2%)

3. По интегральному индексу Юдена (0,57 ед.) наилучшую способность классифицировать уровень функциональных резервов миокарда по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца проявил показатель β_T, ед.
4. Так же вклад различных фазографических показателей электрической активности сердца в окончательное решение классификации уровня функциональных резервов миокарда не равнозначен. С применением метода множественной бинарной логистической регрессии получено уравнение для классификации уровня миокадиальных резервов с учётом вклада каждого показателя:

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

5. Определена 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 одноканальной ЭКГ α_{QRS}, что подтверждается математическим уравнением $\alpha_{ЭОС} = 0{,}49 \text{ x } \alpha_{QRS} - 11{,}95$.

ГЛАВА IV
ВЫЯВЛЕНИЕ СНИЖЕННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ПРИ НАРУШЕНИИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАЗОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

(результаты собственных исследований)

Как известно первая стадия модификации скорости электровозбудительного процесса характеризуется только изменением скорости ЭАС и соотношением де- и реполяризации. При этом изменение скоростных характеристик ЭАС запускает механизм электромагнитных и биоэлектрических реакций в кардиомиоцитах, а масса и геометрия миокарда в этот период остаются неизменными. На выявление количественных индикаторов дисфункционального процесса электрического ремоделирования миокарда у квалифицированных спортсменов был направлен второй этап исследования. На втором этапе исследования были проведены 2 серии исследований:

Серия 1 – Оценка нарушений функции миокарда с учётом количественных значений фазографических показателей электрической активности миокарда в 3 группах спортсменов – спортсменов с патологическим нарушением ритма сердца (НР), спортсменов нарушением процессов реполяризации (НПР), в контрольной группе спортсменов без нарушений.

Серия 2 – Сопоставление результатов оценки функционального резерва, полученных с применением изучаемой методики с данными, полученными при УМО.

4.1. Оценка нарушений функции миокарда у спортсменов с учётом количественных значений фазографических показателей электрической активности миокарда

Возможность миокарда потреблять кислород, являясь чувствительным индикатором приспособления при увеличении внешней нагрузки, может быть лимитирующим фактором аэробных функциональных возможностей всего организма. При этом повышение потребности миокарда в кислороде и неспособность организма её обеспечивать, приводят к ишемическим нарушениям. При состоянии ишемии в миокарде страдают все процессы мембранного электрогенеза: возбудимость клеток миокарда, автоматизм биоэлектрических процессов в миокарде, и в том числе процессы де- и реполяризации. Mitchell JH и соавторами отмечают: - «…что с увеличением требований к аэробной производительности в процессе тренировочной деятельности по показателю МПК, увеличивается процент спортсменов с зафиксированными нарушениями кардиогемодинамического функционирования» [250]. В связи с этим, 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.

Активных жалоб никто не предъявлял. Однако при настойчивом сборе и изучении анамнеза у спортсменов, было определено, что состояние дискомфорта в разной степени в области сердца, эпизоды снижения работоспособности и недовосстановления испытывали все спортсмены.

Спортсмены находились в середине подготовительного периода годичного цикла спортивной подготовки. Все спортсмены были сформированы в 3 группы:

Группа НР – 74 спортсмена характеризовались признаками хронического 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 НПР – 67 спортсмена характеризовались признаками хронического 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 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 – группа контроля.

Во всех группах была оценена сократительная способность сердца, особенности нейрогуморальной регуляции в покое и при ступенчато возрастающей нагрузки при велоэргометрии, оценена физическая работоспособность и дана характеристика фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца. В Таблице 4.1 представленна динамика изменения функциональных показателей миокарда в группах квалифицированных спортсменов 19-22 лет с нарушениями кардиогемодинамического функционирования и в контрольной группе в покое и при физической нагрузке. В контрольной группе при ступенчато-повышающейся нагрузке ЧСС повышалось пропорционально и наиболее

экономично, за счёт инотропных механизмов. Так при нагрузке в 100 Вт ЧСС составило в среднем 85,5 уд/мин (p<0,001), т.е. увеличилось на 30,6% от показателей покоя. При нагрузке в 250 Вт ЧСС составило в среднем 165 уд/мин (p<0,001), что составляет 140% по отношению к покою. В восстановительном периоде на 3 минуте достигнут возврат ЧСС к исходному значению.

В группе НПР ЧСС в покое, отражая активность симпатического отдела вегетативной регуляции, был в среднем по группе большим на 20% (p<0,05), чем в группе контроля, а прирост ЧСС проявлял интенсивную динамику, достоверно превышая значения в группе контроля на каждой ступени нагрузочного теста (кроме 150 Вт). Так на 1 ступени превышенние составило 31% (p<0,01), на 2 ступени - 32% (p<0,05), на 4 ступени рост был зафиксирован на 14% (p<0,05), а на 5 - на 10% (p<0,05). В восстановительном периоде к 3 минуте в группе НПР восстановление ЧСС у спортсменов не произошло и значительно отличалось от показателей контрольной группы на 69% (p<0,01).

В группе НР показатели были несколько ниже группы НПР как в покое, так при нагрузке, однако достоверных различий не выявлено. При увеличении к сердечно-сосудистой системе повышенных требований на ступенях нагрузочного теста динамика ЧСС проявляла схожую картину по отношению к группе НПР. Так же установлены достоверные отличия при сравнении ЧСС в нагрузке с группой контроля. Так прирост на 1 ступени различался на 23% (p<0,05), на 2 - на 17% (p<0,05), на 4 - на 12% (p<0,05), на 5 - на 14% (p<0,01). В восстановительном периоде к 3 минуте в группе НПР восстановление ЧСС у спортсменов не произошло и значительно отличалось от показателей контрольной группы на 41% (p<0,01).

Таблица 4.1 - Динамика изменения функциональных показателей миокарда в группах квалифицированных спортсменов 19-22 лет с нарушениями кардиогемодинамического функционирования и в контрольной группе в покое и при физической нагрузке , (M± Sx), n = 182

Показатели/ группа		Условия						
		покой	50 Вт	100 Вт	150 Вт	200 Вт	250 Вт	РВП 3 мин
ЧСС, уд./мин	НР	61,5±3,1	73,0±2,9*	97,0±3,5*	124,1±3,2	151±3,1*	172±4,1**	101,4±3,2***
	НПР	71,5±3,1*	83,0 ± 2,9**	113,0 ± 3,5***	132,0±2,1	162,3±2,5*	183,1±1,0*	112,1±2,0***
	К	58,7± 3,5	63,4 ± 3,1	85,5 ± 2,1	129,1±2,5	141,3±3,5	165,1±3,0	69,6 ± 3,1
УИ,ед.	НР	40,4±5,1	41,5 ± 4,0*	39,4 ± 3,5*	37,1 ± 5,2*	38,4±4,5*	***31,6±3,2****	37,9 ± 4,2*
	НПР	39,1± 4,1	39,6 ± 4,8*	35,4 ± 4,9*	***30,1 ± 5,2****	31,4±5,3*	30,6±5,2*	36,9 ± 3,2*
	К	46,6± 4,0	60,1 ± 3,1	57,1 ± 6,1	55,7 ± 5,5	55,9±3,7	56,4±3,8	51,8 ± 4,1
QTc Bazett, мс	НР	390±29	413±27	418±23	413±21	385±20	387±15	420±25
	НПР	400±31	408±28	402±27	390±15	389±20	379±19	390±21
	К	405±20	430±12	420±21	404±15	390±23	380±13	408±18

Примечание: * – различия показателей достоверны относительно группы контроля (p<0,05); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001) различия достоверны по t-критерию Стьюдента; ***курсивом*** – различия показателей достоверны относительно группы контроля (p<0,05) межгрупповые различия достоверны по t-критерию Стьюдента для несвязанных выборок; НР – нарушение ритма (n = 74); НПР – нарушение поцессов реполяризации (n = 67); К – контроль (n = 39)

В группах сравнения на протяжении нагрузочного тестирования динамика ударного индекса (УИ) различалась. Успортсменов в условиях умеренной нагрузки УИ характеризуется почти 2-кратным увеличением и возрастает за счет резервного объема (РО) крови. Использования РО крови уменьшается и прирост УИ значительно замедлялся по мере утомления.

Как видно из Таблицы 4.1 в течение нагрузочного теста было выявлено падение УИ в группе НР на 35% ($p<0,05$) относительно покоя при выполнении последней нагрузки 250 Вт, что свидетельствовало о снижении сократительной способности миокарда. В группе НПР снижение УИ зарегистрировано на 34% ($p<0,05$) относительно покоя уже при выполнении нагрузки 150 Вт.

У спортсменов вследствии спортивной брадикардии, формирования «рабочей» гипертрофии миокарда и в результате замедленной реполяризации, обосновывает подсчет в таких группах лиц коррегированного интервала QT (QTc), а не продолжительности интервала QT. 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). Динамика этого показателя при увеличении нагрузки отображена в Таблице 4.1. Длительность QTc в контрольной группе выросла на первой нагрузке ($p<0,05$), имела тенденцию к увеличению на второй ступенях теста и стабильности на третьей. При незначительном росте ЧСС QTc увеличиваясь или оставаясь стабильным, отражал независимое от ЧСС удлинение электрической систолы у спортсменов контрольной группы с большими возможностями миокарда. На пике нагрузки 250 Вт было отмечено укорочение этого показателя относительно состояния покоя в среднем на 7,1 % ($p<0,05$). В восстановительном периоде произошло возвращение этого показателя к исходному состоянию.

Свидетельства дизадаптации и кардиальной дисфункции, требующей дополнительного углублённого обследования с целью дальнейшей коррекции, были выявлены у 2 спортсменов группы НПР (без электролитных нарушений)

при укорочении QTc на пике нагрузки 250 Вт до пограничных значений 360 мс и у 3 спортсменов из группы НР при отсутствии восстановления значения QTc к исходным значениям к 3 минуте и напротив его рост до пограничных значений 445 мс.

Значительная роль нервно-психического фактора на фоне усиленных тренировочных нагрузок в развитии сердечно-сосудистых нарушений у квалифицированных спортсменов аргументирует изучение вегетативной дисфункции у юношей с нарушением процессов реполяризации и при нарушении ритма. Как известно, нарушение вегетативной деятельности может иметь решающее значение в развитии АВ-блокад, экстрасистолий и других нарушений ритма. Так же показана ведущая роль вегетативной дисфункции в развитии дистрофии миокарда физического перенапряжения.

В Таблице 4.2. отображены особенности нейрогуморальной регуляции сердечного ритма квалифицированных спортсменов 19-22 лет с нарушением процессов реполяризации, нарушением ритма и в контрольной группе.

В группах спортсменов с реполяризационным и аритмическим синдромом, в отличие от группы контроля были выявлены особенности вегетативной регуляции ритма сердца. С изменением типа вегетативной регуляции от симпатической к парасимпатической в группах с ЭКГ-нарушениями происходило выраженное отклонение физиологических параметров.

Так, в группе НР относительно контрольной группы наблюдалось значительное снижение ИН в среднем на 45% ($p<0,05$) и показателя вагосимпатического баланса LF/HF более чем в 4 раза ($p<0,001$), на 50% ($p<0,01$) показателя очень низких частот ритма сердца (VLF, мс^2), который тесно связан с психоэмоциональным напряжением. Эти факты свидетельствовали о преобладании влияния центров парасимпатической регуляции на деятельность сердца.

При этом наиболее значительные различия, по сравнению с контролем, по показателю SDNN выявлены в группе спортсменов из группы НР.

Таблица 4.2 - Показатели нейрогуморальной регуляции сердечного ритма квалифицированных спортсменов 19-22 лет с нарушениями кардиогемодинамического функционирования и в контрольной группе (M± Sx), n = 182

Показатели	Условия	Группы			Достоверность 1-3
		НР (n = 74) (1)	НПР (n = 67); (2)	К (n = 39) (3)	
VLF, мс^2	покой	654,9±145,3	1599,5±324,4	1226,2±453,6	1-2,3 (<0,01)
	РВП	355,7±98,5**	690,5±150,5*	1010,6±237,5	1-2 (<0,01) 1-3 (<0,001) 2-3 (<0,001)
LF/HF, у.е.	покой	0,25±0,05	2,10±0,63	1,25±0,23	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,05) 2-3 (<0,05)
	РВП	0,56±0,05**	4,56±0,58**	1,54±0,39*	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,01) 2-3 (<0,001)
ИН, у.е.	покой	25,0±2,5	205,3±55,8	55,9±18,6	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,05) 2-3 (<0,001)
	РВП	94,7±3,2**	295,9±54,6*	90,3±22,9*	1-2 (<0,01) 2-3 (<0,001)
SDNN, мс	покой	95,9±5,8	27,5±1,5	49,6±2,2	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,01) 2-3 (<0,001)
	РВП	66,4±4,5***	20,4±1,7***	36,5±2,5**	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,01) 2-3 (<0,05)

Примечания: * – различия показателей достоверны относительно группы контроля (p<0,05); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001) различия достоверны по t-критерию Стьюдента

Увеличение значений этого показателя в группе с НР в среднем на 65% (p<0,01) в сравнении с груп пой контроля отражают «функцию разброса» длительностей кардиоинтервалов. Механизм регуляции сердечного ритма у спортсменов этой группы характеризовал перестройку на автономный контур регулирования. Усиление влияния парасимпатического отдела с минимальной централизацией управления проявляется дыхательной синусовой аритмией.

В данном случае можно говорить о реакциях дезадаптации при несбалансированности ответа отделов автономной нервной системы.

Значения VLF-спектра, количественно отражающие активность сердечно-сосудистого подкоркового нервного центра или надсегментарных уровней регуляции, были значительно снижены в группе НР по сравнению со спортсменами контрольной группы. Известно, что гуморально-метаболическая система является самой медленной системой регуляции. Она связана с активностью тканевых гормонов, циркулирующих в крови гормонов и отражает уровень основного обмена, терморегуляции, эрготропных функций.

В группе спортсменов НПР установленно, что мощность волн очень низкой частоты была больше в два раза ($p<0,01$), чем в группе спортсменов НР и не различалась от значений группы контроля. Однако на фоне большего на 60% ($p<0,05$) показателя вагосимпатического баланса в группе НПР и в 4 раза большего ИН ($p<0,001$) было выявлено снижение значения SDNN в среднем в два раза ($p<0,001$) в данной группе относительно группы контроля, что отображало преобладание симпатической регуляции. При этом избыточная активация симпатоадреналовой системы, сопровождалась не оптимальной реактивностью парасимпатического отдела ВНС.

Исследование вегетативного обеспечения деятельности на основании спектрального и временного анализа сердечного ритма после физической нагрузки установило, что в группе НПР происходило достоверное увеличение коэффициента LF/HF в два раза ($p<0,001$), увеличивался ИН на 43% ($p<0,05$), что свидетельствовало об избыточной активации симпатоадреналовой системы. Данный факт подтверждает и снижение SDNN на 36% ($p<0,001$).

В группе НР в 2 раза ($p<0,01$) уменьшается показатель очень низких частот ритма сердца (VLF, мс^2), что свидетельствовало о недостаточной активации механизмов гуморальной и симпатической регуляции деятельности сердечной мышцы. Такой механизм переэкономизации деятельности сердечно-сосудистой системы нарушает мобилизацию функции и в конечном счёте снижает

адаптацию к физической нагрузки, что может свидетельствовать о функциональном дисбалансе сердечно-сосудистой системы спортсменов группы НР.

Таким образом, нейрогуморальная регуляция в группе НПР при регуляции сердечным ритмом характеризовалась эрготропными церебральними симпатическими влияниями на фоне снижения парасимпатического влияния. Напротив в группе НР отмечалось преувеличенное влияние парасимпатического отдела нервной системы на фоне падения симпатических и гуморальних воздействий. Такое смещение вегететивных механизмов в исследуемых группах не обеспечивало рациональное обеспечение деятельности и характеризовало симпатическое влияние в группе НПР как избыточное, а в группе НР – как недостаточное.

Полученные результаты подтверждают тезис о вегетативной дисфункции на системном или органном уровне и как результате вегетативном дисбалансе, как главном патогенетическом звене в формировании кардиологических нарушений, в том числе нарушения реполяризации миокарда и нарушении ритма.

Результатом снижения эффективности и экономичности функционирования на фоне вегетативного дисбаланса, выраженного в группах сравнения в разной степени, явилось падение уровня физической работоспособности и напряжение механизмов адаптации у квалифицированных спортсменов в группах НПР и НР (Таблица 4.3).

Так, падение значений физической работоспособности у квалифицированных спортсменов в группе НР относительно юношей группы контроля произошло на 18% ($p<0,001$), а в группе НПР на 27% ($p<0,001$). Несмотря на отсутствие различий между группами НР и НПР, наименьшие значения были присущи ношам из группы НПР.

Таблица 4.3 - Показатели физической работоспособности и адаптационного потенциала квалифицированных спортсменов 19-22 лет с нарушениями кардиогемодинамического функционирования и в контрольной группе (M± Sx), n = 182

Показатели	Группы			Достовер ность
	НР (n = 74) (1)	НПР (n = 67); (2)	К (n = 39) (3)	
PWC_{170}/кг, Вт/кг	3,01±0,13	2,68±0,25	3,65±0,15	1-3 (<0,001) 2-3 (<0,001)
АП, у.е.	2,13±0,03	2,25±0,03	1,90±0,03	1-2 (<0,01) 1-3 (<0,001) 2-3 (<0,001)

Примечания: * – различия показателей достоверны относительно группы контроля (p<0,05); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001) различия достоверны по t-критерию Стьюдента

Высокий уровень работоспособности у юношей контрольной группы сопровождался оптимальними соотношениями адаптационных резервов по показателю АП, значение котрого характеризовало состояние высоких резервов адаптации. Напротив, в группе НПР у исследуемых юношей АП указывает 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 росте АП на 12% (p<0,001).

Таким образом, дисфункциональная напраленность регуляторных механизмов у квалифицированных спортсменов в группах НР и НПР привела к снижению физической работоспособности и напряжению механизмов адаптации.

Для раннего выявления нарушения стресс-индуцированных нарушений миокарда актуально использовать диагностические методы, позволяющие в режиме мониторинга информативно и объективно оценивать динамику значимых показателей. При этом производить такую оценку не только на плановых углублённых медицинских осмотрах 2 раза в год, а в процессе

учебно-тренировочной и соревновательной деятельности в рамках оперативного тестирования, что дополнительно позволит выявлять особенности адаптационных резервов сердечной деятельности. При этом важна их простота и возможность применения в широком диапазоне условий.

К таким информативным показателям можно отнести изучаемые фазографические показатели электрической активности сердца. Фундаментальные электрокардиологические исследования показали, что именно скорость изменения потенциалов сердца и её неоднородность отражает степень электрогенности ионных насосов, состояние клеточных мембран и их способность к стабильному функционированию. Так же отмечается, что при увеличении внешнего стресс-фактора, изменение скоростных показателей ЭАС происходит раньше, чем изменение величины ТМП.

В данном исследовании была проведена сравнительная оценка фазографических показателей электрической активности сердца в группах квалифицированных спортсменов с нарушением процессов реполяризации (НПР), нарушениями ритма (НР) и в группе контроля (Таблица 4.4).

Выявлено, 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 так же было выше значения относительно группы контроля на 32% ($p<0,001$). При этом на основе этого показателя группы НПР и НР различалиссь на 11% ($p<0,001$).

Вероятно, увеличение симметрии волны Т в группах квалифицированных спортсменов с нарушениями ритма и реполяризации свидетельствовало об увеличении электрической неоднородности миокарда, по-видимому, как региональной, так и трансмуральной. Это предположение подтверждает исследование [24], в котором продемонстрировано увеличение как трансмуральной, так и глобальной дисперсии реполяризации при увеличении ЧСС и нагрузке миокарда.

Таблица 4.4 – 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); ФСП ЭАС – фазографические показатели электрической активности сердца

Как видно из таблицы, показатель α_{QRS}, град. оказался не информативен у представителей исследуемых групп. Так, достоверных и значимых различий между группой контроля и спортсменами с нарушеним процессов реполяризации и нарушением ритма по данным этого показателя не выявлено.

Несмотря на то, что площадь под ROC-кривой (AUC) равна 0,708, что указывает на хорошее качество данного классификатора, а чувствительность ROC-модели составляет 83,6%, специфичность составляет всего 56,8% – неудовлетворительный по точности результат. Применять данный показатель для дифференциальной диагностики дисфункциональных состояний НПР и НР оказалось не информативным (Рисунок 4.1).

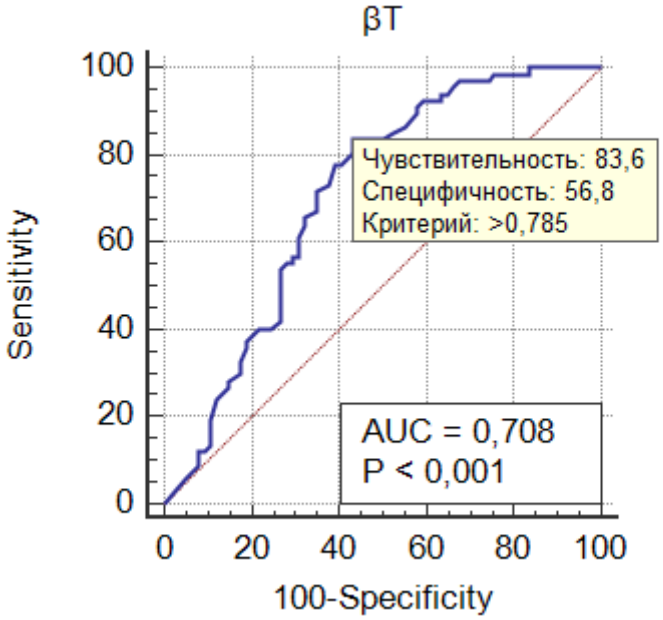


Рисунок 4.1 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя β_T в группах сравнения НПР и НР

Показатели σ_{QRS}, ед. и S_{TR}, ед. достоверность в различиях проявили только с группой контроля, соответственно на 5 ед. ($p<0,001$) и 0,05 ед. ($p<0,001$).

Таким образом, рационально рассмотреть и количественно оценить диагностическую эффективность в определении нарушений процессов реполяризации и нарушений ритма при сравнении с группой контроля с применением следующих фазографических показателей электрической активности сердца: β_T, σ_{QRS}, и S_{TR}.

По результатам ROC-анализа построены ROC-кривые и оценена их диагностическая эффективность в оценке снижения функциональных резервов

миокарда при нарушении ритма и реполяризации у квалифицированных спортсменов. На Рисунке 4.2. представлена ROC-кривая показателя β_T в группах НР и контроля. Отличное качество данного классификатора, оценивается по площади под ROC-кривой (AUC), которая равна 0,922 ед. Полученное значение AUC статистически значимо отличается от площади над диагональю (0,5) с $p<0,001$. Чувствительность ROC-модели составляет 77,0%, что является хорошим результатом, так как больше 70%, составляет 100,0% – отличный по точности результат, так как выше 90%.

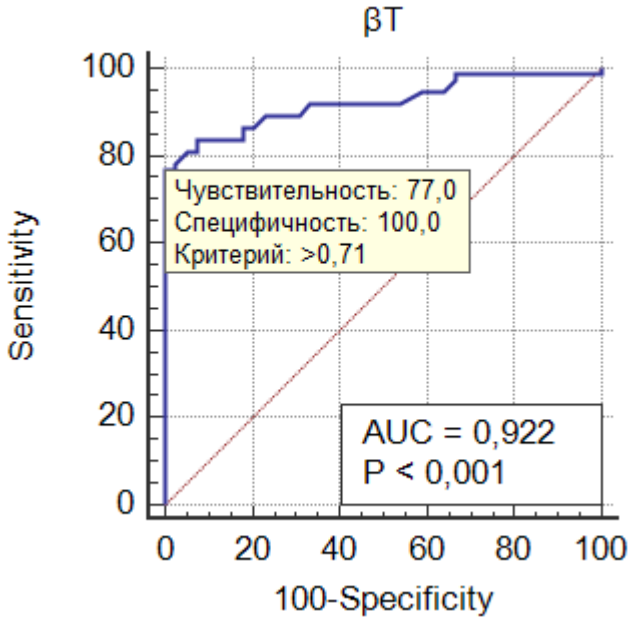


Рисунок 4.2 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя β_T в группах сравнения НР и контроля

Таким образом, случаи гиподиагностики данный классификатор должен давать не более 23,0%, а случаев гипердиагностики (ложноотрицательных результатов) не более 0%.

Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая относить спортсменов к группе с нарушением процессов реполяризации, соответствует значению 0,71 ед. Данный классификатор является лучшим для

этих группы с нарушением ритма, так как имеет максимальный индекс Юдена (0,77).

Следующий рассматриваемый показатель для группы НР разброса траекторий ФГИ - σ_{QRS}. При построении ROC-кривой (AUC) площадь равнялась 0,666 ед. Это указывает на среднее качество данного классификатора, так как больше 0,6 и меньше 0,7. При этом стандартная ошибка AUC=0,050. Полученное значение AUC статистически значимо отличается от площади над диагональю (0,5) с p<0,001 (Рисунок 4.3).

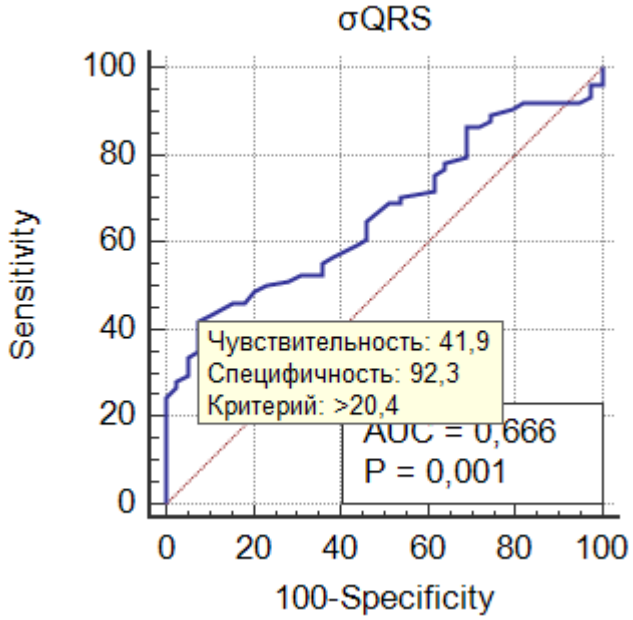


Рисунок 4.3 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя σ_{QRS} в группах сравнения НР и контроля

Чувствительность ROC-модели составила 41,9%, что является слабым результатом, так как меньше 50%. Специфичность составила 92,3% – отличный по точности результат, так как выше 90%.

Таким образом, данный классификатор должен давать не более 58,1% ложноотрицательных результатов (гиподиагностика) и не более 7,7% ложноположительных результатов (гипердиагностика). Точка отсечения, позволяющая классифицировать спортсменов с нарушением ритма,

соответствует значению 20,4 ед. Однако данный классификатор имеет не высокий индекс Юдена (0,34) и не может являться самостоятельным диагностическим критерием.

Показатель отношения площадей зубца Т и комплекса QRS ФГИ - S_{TR} также демонстрировал незначительную классификационную способность по значению индекса Юдена, который равнялся 0,58. Данный показатель так же не может являться самостоятельным диагностическим критерием. На Рисунке 4.4. предствленна экспериментальная ROC-кривая (AUC), площадь под которой равна 0,841, что указывает на очень хорошее качество данного классификатора, так как больше 0,8 и меньше 0,9.

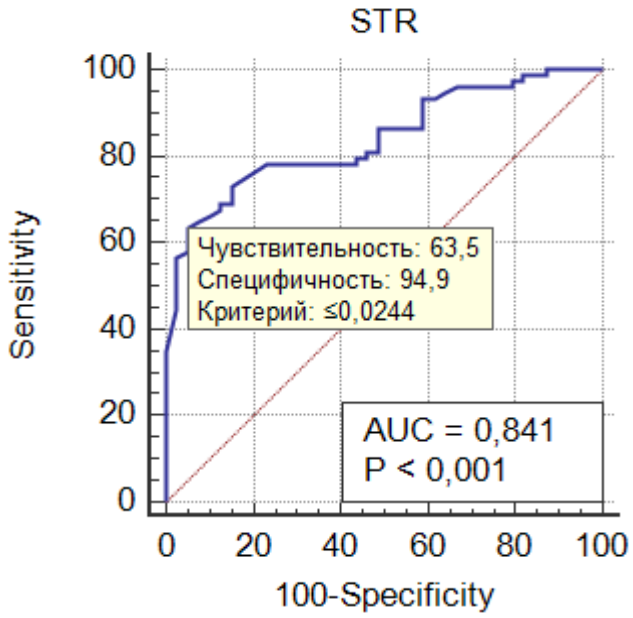


Рисунок 4.4 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя S_{TR} в группах сравнения НР и контроля

Стандартная ошибка AUC равна 0,036. Доверительный интервал AUC для вероятности 95% имеет границы от 0,760 до 0,903. Полученное значение AUC статистически значимо отличается от площади над диагональю (0,5) с $p<0,001$. Однако чувствительность ROC-модели составляет 63,5%, что является средним

результатом, а специфичность составляет 94,9% – отличный по точности результат, так как выше 90%. Таким образом, данный классификатор должен давать не более 36,5% ложноотрицательных результатов (гиподиагностика) и не более 5,1% ложноположительных результатов (гипердиагностика). Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая классифицировать спортсменов с нарушением ритма, соответствует значению 0,024 ед.

При рассмотри группы спортсменов с нарушением процессов реполяризации наилучшим классификатором явился показатель β_T, так как имеет максимальный индекс Юдена равный 0,98. На Рисунке 4.2. представлена ROC-кривая показателя β_T в группах НР и контроля. На Рисунке 4.5. представлена ROC-кривая показателя β_T в группах НПР и контроля.

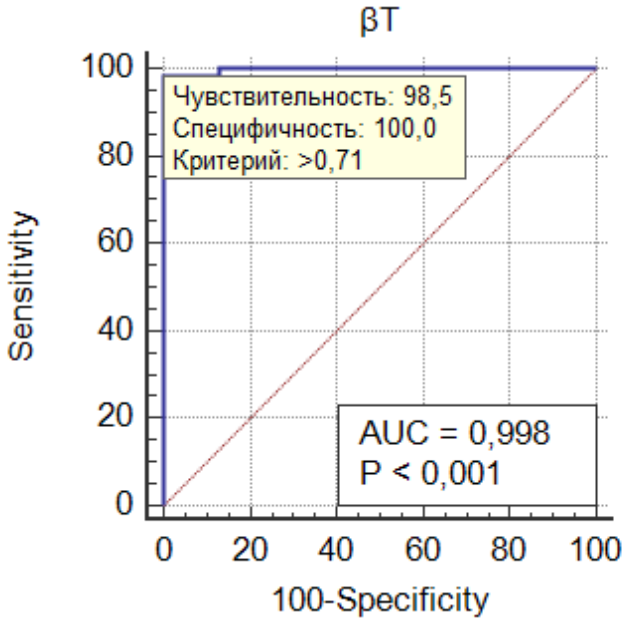


Рисунок 4.5 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя β_T в группах сравнения НПР и контроля

Площадь под ROC-кривой (AUC) равна 0,998, что указывает на отличное качество данного классификатора, так как больше 0,9. Стандартная ошибка AUC равна 0,002. Доверительный интервал AUC для вероятности 95% имеет границы от 0,964 до 1,000. Полученное значение AUC статистически значимо

отличается от площади над диагональю (0,5) с p<0,0001. Чувствительность ROC-модели составила 98,5%, что является отличным результатом, так как больше 90%, специфичность - 100,0% .

Таким образом, данный классификатор должен давать не более 1,5% ложноотрицательных результатов (гиподиагностика) и не более 0,0% ложноположительных результатов (гипердиагностика). Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая классифицировать спортсменов с нарушением процессов реполяризации соответствует значению 0,71 ед.

Следующий рассматриваемый показатель для группы НПР разброса траекторий ФГИ - σ_{QRS}.

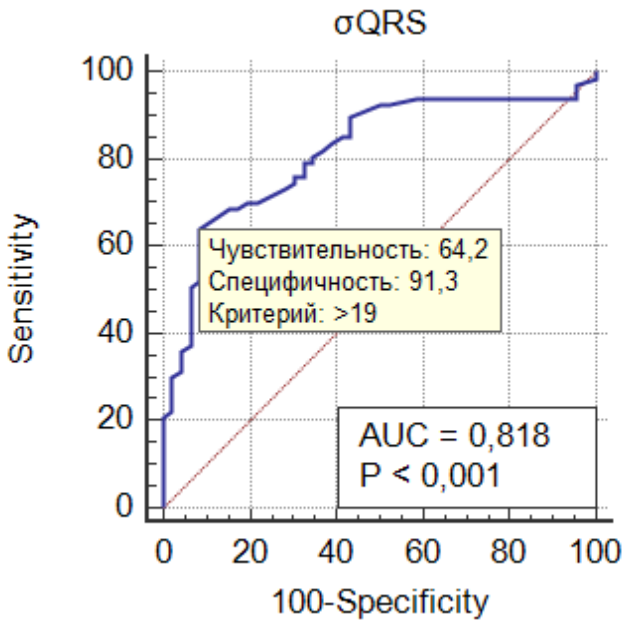


Рисунок 4.6 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя σ_{QRS}.в группах сравнения НПР и контроля

Площадь под ROC-кривой (AUC) равна 0,818, что указывает на очень хорошее качество данного классификатора, так как больше 0,8 и меньше 0,9. Стандартная ошибка AUC равна 0,041. Доверительный интервал AUC для вероятности 95% имеет границы от 0,735 до 0,885. Полученное значение AUC статистически значимо отличается от площади над диагональю (0,5) с p<0,0001.

Чувствительность ROC-модели составила 64,2%, что является средним результатом, а специфичность - 91,3% – отличный по точности результат, так как выше 90%. Таким образом, данный классификатор должен давать не более 35,8% ложноотрицательных результатов (гиподиагностика) и не более 8,7% ложноположительных результатов (гипердиагностика). Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая классифицировать спортсменов с нарушением процессов реполяризации, соответствует значению 19 ед. Однако данный классификатор имеет не высокий индекс Юдена (0,55) и не может являться самостоятельным диагностическим критерием. Показатель отношения площадей зубца Т и комплекса QRS ФГИ - S_{TR} для различения групп НПР и контроля также демонстрировал достаточную классификационную способность по значению индекса Юдена, который равнялся 0,69. Данный показатель так же может являться самостоятельным диагностическим критерием. На Рисунке 4.7. предствленна экспериментальная ROC-кривая (AUC), площадь под которой 0,905, что указывает на отличное качество данного классификатора, так как больше 0,9.

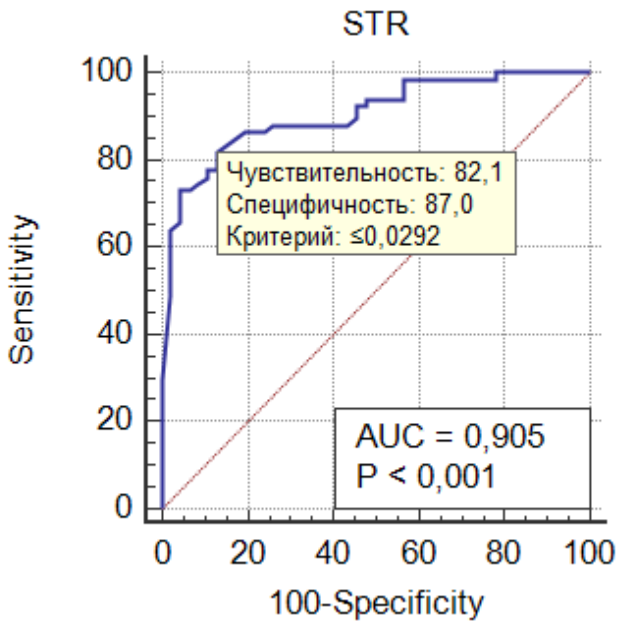


Рисунок 4.7 – Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя S_{TR} в группах сравнения НПР и контроля

Стандартная ошибка AUC равна 0,028. Доверительный интервал AUC для вероятности 95% имеет границы от 0,836 до 0,952. Полученное значение AUC статистически значимо отличается от площади над диагональю (0,5) с $p<0,0001$.

Чувствительность ROC-модели составила 82,1%, что является очень хорошим результатом, так как больше 80% и меньше 90%, специфичность 87,0% – очень хороший по точности результат, так как выше 80%. Таким образом, данный классификатор должен давать не более 17,9% ложноотрицательных результатов (гиподиагностика) и не более 13,0% ложноположительных результатов (гипердиагностика). Точка отсечения (cut-off value, критическая точка), позволяющая классифицировать спортсменов с НПР соответствует значению 0,029 ед.

В Таблице 4.4. представлены сводные результаты вычисления чувствительности и специфичности фазографических показателей электрической активности сердца по результатам ROC-анализа при определении риска нарушения сердечной деятельности у квалифицированных спортсменов.

Таблица 4.4 – Сводные результаты вычисления чувствительности и специфичности фазографических показателей электрической активности сердца по результатам ROC-анализа

Показатель	Нарушение	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

Как было показано выше самостоятельной классификационной способностью обладали только показатель симметричности зубца Т для спортсменов с нарушением реполяризации и ритма и показатель отношения площадей Т и комплекса QRS для группы спортсменов с нарушение реполяризации. Однако в совокупности фазографические показатели электрической активности сердца показывали наилучшие результаты.

Для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам НР и Контроль и НПР и Контроль использовали метод множественной бинарной логистической регрессии с построением соответствующих уравнений.

Уравнение (алгоритм №2) для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам НР и Контроль имело следующий окончательный вид:

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

Вероятность принадлежности пациентов к одной из двух групп рассчитывали по формуле:

$$p = 1/(1 + e^{-y})$$

Если рассчитанная вероятность превышала значение априорной вероятности, то пациента относили к группе спортсменов. Априорная вероятность соответствует доле спортсменов группы НР, которая составляла 74/113*100%=65,5%.

Анализ адекватности полученной регрессионной модели показан в Таблице 4.5, из которой видно, что полученная модель приблизительно одинаково хорошо пригодна для прогнозирования принадлежности как к группе НР (высокая чувствительность), так и к группе Контроль (высокая специфичность), так как точность предсказания выше 70% (89,2% и 79,5% соответственно). Величину общего процента верных классификаций (85,8%)

можно тоже считать высокой. Такой же вывод можно сделать по высокому значению отношения шансов.

Таблица 4.5 – Результаты адекватности классификации с помощью регрессионной модели

Наблюдаемые результаты	Предсказанные результаты		Процент верных предсказаний	Общий процент верных предсказаний	Отношение шансов
	Контроль	НР			
Контроль	31	8	79,5	85,8	32,0
НР	8	64	89,2		

Уравнение (алгоритм №3) для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам НПР и Контроль имело следующий окончательный вид:

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

Вероятность принадлежности пациентов к одной из двух групп рассчитывали по формуле:

$$p = 1/(1 + e^{-y})$$

Если рассчитанная вероятность превышала значение априорной вероятности, то пациента относили к группе спортсменов. Априорная вероятность соответствует доле спортсменов группы НПР, которая составляла 67/106*100%=63,2%.

Анализ адекватности полученной регрессионной модели показан в Таблице 4.6, из которой видно, что полученная модель приблизительно одинаково хорошо пригодна для прогнозирования принадлежности как к группе НПР (высокая чувствительность), так и к группе Контроль (высокая специфичность), так как точность предсказания выше 70% (97,0% и 100,0% соответственно). Величину общего процента верных классификаций (98,1%)

тоже очень высокая. Отношение шансов рассчитать невозможно, так происходит деление на ноль.

Таблица 4.6 – Результаты адекватности классификации с помощью регрессионной модели.

Наблюдаемые результаты	Предсказанные результаты		Процент верных предсказаний	Общий процент верных предсказаний	Отношение шансов
	Контроль	НПР			
Контроль	39	0	100,0	98,1	-
НПР	2	65	97,0		

Таким образом, к информативным подходам, определяющим риск возникновения снижения функциональных резервов у спортсменов при психофизическом перенапряжении можно отнести исследование скоростных показателей электрической активности сердца, отображённых графически в условной фазовой плоскости при регистрации первой производной от времени. Наилучшей диагностической эффективностью обладает участок ЭКГ, выражаемый зубцом Т, количественно выраженный его симметричностью. Чрезмерные физические и психоэмоциональные нагрузки при выполнении спортивных тренировок и достижений, а также в условиях соревновательной критической деятельности в сочетании с другими факторами риска, приводят к нарушениям деятельности миокарда, а иногда к сердечно-сосудистым катастрофам. Своевременное различение симметричности зубца Т одноканальной электрокардиограммы и сравнение с установленной индивидуальной нормой позволит снизить риск возникновения патологических состояний в процессе спортивной деятельности.

4.2. Сопоставление результатов, полученных с применением фазографических показателей электрической активности сердца с данными, полученными при УМО

Во второй серии второго этапа исследования было проведено одномоментное когортное исследование. 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.

Анализ данных неинвазивной ненагрузочной оценки функционального состояния спортсменов показал, что результаты, полученные при использовании количественной оценки функциональных резервов квалифицированных спортсменов с применением фазографическми скоростными показателями электрической активности сердца (ФСП ЭАС) сопоставимы с результатами, полученными по результатам углубленного обследования на основании заключений врачей-специалистов при проведении УМО (Таблица 4.7).

Важно отметить, что с применением ФСП ЭАС по определённым классификационным правилам устанавливался факт снижения функциональных резервов миокарда без уточнения диагноза.

Методом Мак-Нимара мы провели проверку достоверности применения ФСП ЭАС для оценки функциональных резервов миокарда квалифицированных спортсменов.

Таблица 4.7 – Результаты сопоставления результатов, полученных при использовании методики оценки резервов миокарда с применением ФСП ЭАС и полученными по результатам УМО

Дисфункциональные состояния	Зарегистрированных фактов снижения миокардиального резерва с применением ФСП ЭАС, абс. (% от УМО)	Выявленных и уточнённых на УМО, абс.	Значение критерия Хи-квадрат	Достоверность
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- и 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

Достоверность определения сниженных функциональных резервов миокарда была установлена у спортсменов во всех группах дисфункциональных состояний, за исключением гипертрофии левого желудочка. Вероятно, структурное ремоделирование является компенсаторно-приспособительным звеном адаптации не информативно распознаваемым разрабатываемой методикой оценки функционирования миокарда, направленной на детекцию электрофизиологического функционирования.

Таким образом, возможность адекватно адаптироваться при увеличении нагрузки различной природы у спортсменов можно количественно оценивать по качеству реполяризация желудочков. Нарушение этого процеса приводит к электрической неоднородности миокарда и падению сократительной способности, напряжению функционального состояния и снижению адаптационных возможностей [172, 173]. Как известно именно форма волны Т зависит от длительности и величины трансмембранных потенциалов действия в различных зонах миокарда [53].

При отсутствии патологии сердца следует говорить о существовании определенного функционального резерва миокарда, который может быть мобилизован для реализации механического сокращения при предъявлении к сердцу дополнительных требований (например, при физической нагрузке) [86]. В случае же патологии сердечной мышцы этот резерв может быть затрачен на компенсацию нарушенной функции сердца, причем еще до появления признаков сердечной патологии.

Клинический пример №1

Спортсмен Д.К. 19 лет, рост – 174 см, вес – 66 кг, ИМТ – 21,8 кг/м^2. Стаж занятий футболом- 11 лет, член сборной команды U-19 «Таврия», кандидат мастера спорта. Амплуа – защитник. Исходные значения, зарегистрированные: ЧСС – 72, SDNN – 48,1; ИН – 52 ед., АДс – 110, АДд – 65.

Изменений на ЭКГ покоя и стресс-ЭКГ не выявлено. На УЗИ с Доплер-картированием: Полости сердца нормальных размеров. Клапаны не изменены. Патологических внутрисердечных потоков не отмечается. Сократительная способность миокарда левого желудочка не нарушена. Синдром ранней реполяризации желудочков.

МПК, определённое в челночном тесте соответствовал значению 173 мл·мин-1·кг$^{-0,75}$, что соответствовало низкому уровню функциональной подготовленности. Время бега в челночном тесте (только фаза ступенчато-возрастающей нагрузки), мин:с составила 7 мин 50 с, (при макимальном в группе защитнков данной команды – 9 мин 30 сек, минимальное – 6 минут).

При опросе спортсмен жалоб не предъявлял. В анамнезе: смена клуба и тренерского состава, условий и места жизни. Спортсмен отличается трудолюбием и ответсвенным подходом к тренировочному процессу. Эпизод потери сознания при сдачи крови из вены. При прохождении планового УМО поставлен диагноз: I42.8 - Синдром Бругада (подтверждён генетически).

Анализ данных оценки функционального состояния миокарда по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца:

β_T= 0,7 ед., α_{QRS}= 113 град., σ_{QRS}= 18 ед., S_{TR} = 0,03 ед.

Применив расчётные классификационные модели (1, 2, 3) был определён факт сниженных резервов миокарда. Так же выявленно снижение функциональных резервов по показателю β_T ед., прирост которого на нагрузке 250 Вт превысил нормативные средние значения и составил 135% ($p<0,001$) (Рисунок 4.8).

При этом прирост σ_{QRS}, ед. был не значительным (+7 ед.), что досьоверно отличало данного спортсмена от когорты спортсменов с высоким уровнем функциональных резервов миокарда.

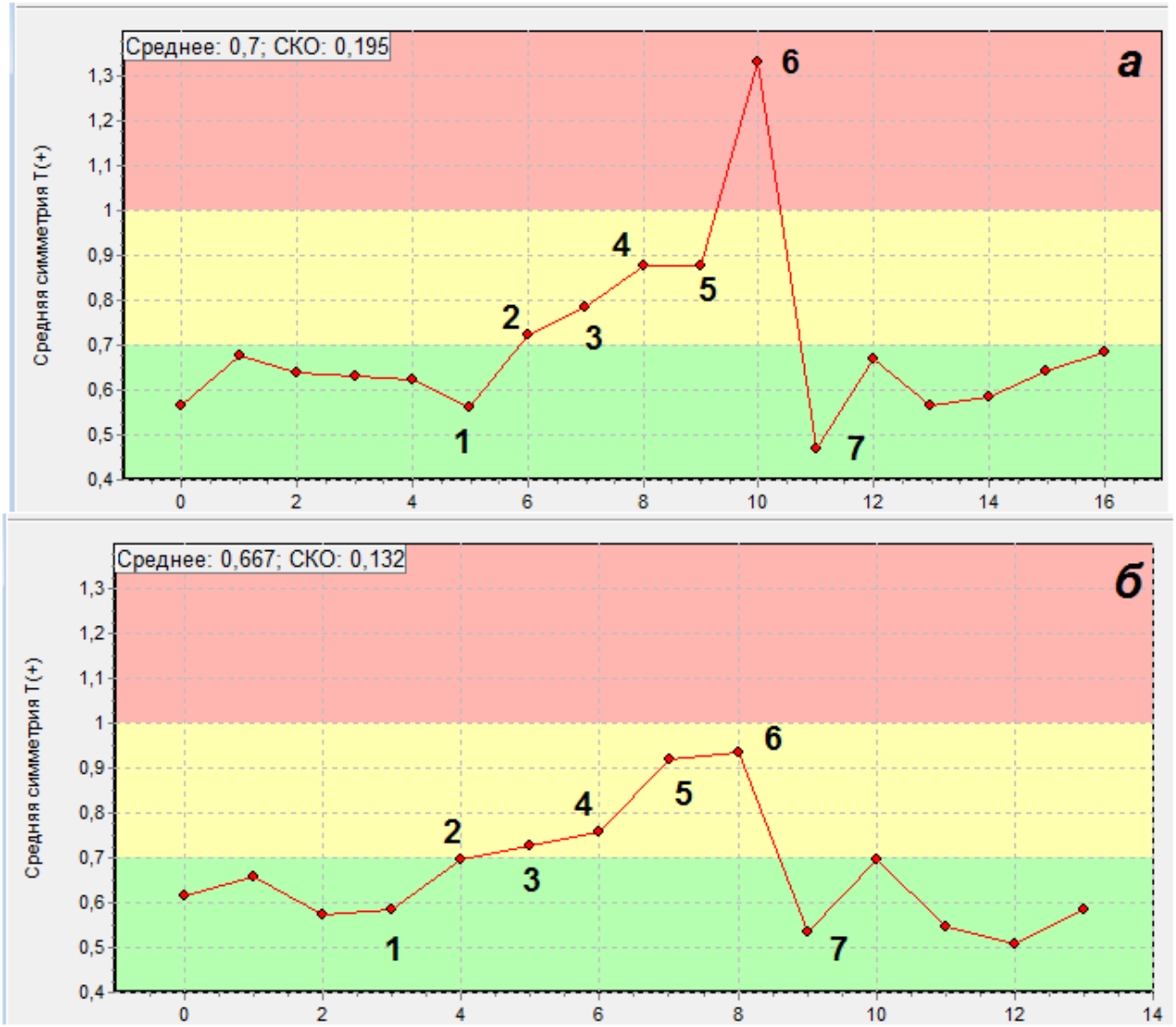


Рисунок 4.8 - Динамика показателя β_T в покое и при физической нагрузке у исследуемых квалифицированных спортсменов со сниженными функциональными резервами (а), с достаточнми функциональными резервами и (б)

Примечания: 1- покой, 2 – 50 Вт, 3 – 100 Вт, 4 – 150 Вт, 5 – 200 Вт, 6 – 250 Вт, 7 – РВП 3 мин

Таким образом, с применением фазографических скоростных показателей ЭАС у квалифицированного спортсмена по определённым классификационным правилам был устанавливлен факт снижения функциональных резервов миокарда, подтверждённый в дальнейшем на УМО с уточнением нозоологии.

Клинический пример № 2

Спортсмен К.Г. 18,5 лет, рост – 180 см, вес – 69 кг, ИМТ – 21,3 кг/м^2. Стаж занятий футболом- 12 лет, член сборной команды U-19 «Таврия», кандидат мастера спорта. Амплуа – полузащитник. Исходные значения, зарегистрированные: ЧСС – 61, SDNN – 75,5; ИН – 32 ед., АДс – 115, АДд – 70. На ЭКГ покоя – Неполная Блокада Правой Ножки Пучка Гисса. На УЗИ с Доплер-картированием: Полости сердца нормальных размеров. Клапаны не изменены. Патологических внутрисердечных потоков не отмечается. Сократительная способность миокарда левого желудочка не нарушена.

МПК, определённое в челночном тесте соответствовал значению 166 мл·мин-1·кг$^{-0,75}$, что соответствовало очень низкому уровню функциональной подготовленности. Время бега в челночном тесте (только фаза ступенчато-возрастающей нагрузки), мин:с составила 7 мин 20 с, (при макимальном в группе защитнков данной команды – 9 мин 10 сек, минимальное – 6 мин 40 сек).

При опросе спортсмен жалоб не предъявлял. При прохождении планового УМО отклонений в органах и системах не выявленно. На ЭКГ - Блокада правой ножки пучка Гисса. При настойчивом опросе выявлены жалобы на быструю утомляемость в тренировочном процессе, плохую восстанавливаемость после тренировок, падение работоспособности в течение двух месяцев.

Анализ данных оценки функционального состояния миокарда по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца:

β_T= 0,70 ед., α_{QRS}= 120 град., σ_{QRS}= 17 ед., S_{TR} = 0,03 ед.

Динамика показателя β_T и его тренд на протяжении месяца была неудовлетворительна (Рисунок 4.9).

Применив расчётные классификационные модели (1, 2, 3) был определён факт сниженных резервов миокарда.

Рисунок 4.9 - Динамика показателя β_T и его тренд на протяжении месяца у исследуемых квалифицированных спортсменов с достаточными функциональными резервами и (А) и со сниженными функциональными резервами (Б)

Таким образом, с применением ФСП ЭАС у квалифицированного спортсмена по определённым классификационным правилам был устанавливлен факт снижения функциональных резервов миокарда, подтверждённый в дальнейшем на УМО и при тестировании физической работоспособности. Как известно, что при ряде нарушений БПНПГ может отражать перегрузку давлением правых отделов сердца. Хотя на настоящий момент нет данных о связи БПНПГ у практически здоровых спортсменов с неблагоприятным прогнозом, данные изменения обнаруживали у спортсменов

гораздо чаще, чем, по данным популяционных исследований, у здоровых молодых лиц.

Особенно важно определение уровня функциональных резервов, в том числе и миокарда, у спортсменов в различные тренировочные периоды. Это имело важное диагностическое значение в своевременном предотвращении нарушений функционирования миокарда и при оптимальном дозировании физических упражнений, а так же позволяет подбирать оптимальные реабилитационные мероприятия и контролировать их эффективность.

Клинический пример № 3

Спортсмен О.Е. 20 лет, рост – 190 см, вес – 92 кг, ИМТ – 23,1 кг/м^2. Стаж занятий боксом - 8 лет, кандидат мастера спорта, на момент обследования – весовая категория >92 кг, победитель Первенства Крыма в тяжёлом весе. Исходные значения, зарегистрированные: ЧСС – 60, SDNN – 105,5; ИН – 22 ед., HF/LF – 0,35 ед., АДс – 110, АДд – 65. На ЭКГ покоя – отклонений нет. На УЗИ с Доплер-картированием: Полости сердца нормальных размеров. Клапаны не изменены. Патологических внутрисердечных потоков не отмечается. Сократительная способность миокарда левого желудочка не нарушена. МПК, определённое при велоэргометрии 59,5 мл·мин-1·кг$^{-1}$, что соответствовало высокому уровню функциональной подготовленности для боксёра.

При прохождении планового УМО: при опросе спортсмен предъявлял жалобы на боль в области горла, трудность при глотании, слабость, субфибрилитет, артралгии, СОЭ – 16 мм/час по Панченкову. Диагноз – J03.0 Острый тонзиллит. Назначено соответствующее лечение.

Анализ данных оценки функционального состояния миокарда по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца в межсоревновательный период:

В покое β_T= 0,62 ед., α_{QRS}= 140 град., σ_{QRS}= 15 ед., S_{TR} = 0,04 ед.

После тренировки β_T= 0,77 ед., α_{QRS}= 132 град., σ_{QRS}= 18 ед., S_{TR} = 0,03 ед.

Применив расчётные классификационные модели (5, 6, 7) был определён факт сниженние резервов миокарда после физической нагрузки. После применения соответсующего патогенетического лечения состояние спортсмена стабилизировалось, функциональные резервы миокарда восстановились.

Выводы по главе:

1 В течение нагрузочного теста было выявлено падение УИ в группе НР на 35% ($p<0,05$) относительно покоя при выполнении последней нагрузки 250 Вт, что свидетельствовало о снижении сократительной способности миокарда. В группе НПР снижение УИ зарегистрировано на 34% ($p<0,05$) относительно покоя уже при выполнении нагрузки 150 Вт.

2 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). Свидетельства дизадаптации и кардиальной дисфункции, требующей дополнительного углублённого обследования с целью дальнейшей коррекции, были выявлены у 2 спортсменов группы НПР при укорочении QTc на пике нагрузки 250 Вт до пограничных значений 360 мс и у 3 спортсменов из группы НР при отсутствии восстановления значения QTc к исходным значениям к 3 минуте и напротив его рост до пограничных значений 445 мс.

3 В группе НР относительно контрольной группы наблюдалось значительное снижение ИН в среднем на 45% ($p<0,05$) и показателя вагосимпатического баланса LF/HF более чем в 4 раза ($p<0,001$), увеличение значений SDNN в среднем на 95% ($p<0,01$), что отражало «функцию разброса» длительностей кардиоинтервалов, а механизм регуляции сердечного ритма у спортсменов этой группы характеризовал перестройку на автономный контур регулирования

4 В группе НПР на фоне большего на 60% ($p<0,05$) показателя LF/HF и в 4 раза превышающего значения контрольной группы ИН ($p<0,001$) было

выявлено снижение значения SDNN в среднем в два раза ($p<0,001$), что отображало преобладание симпатической регуляции.

5 Оценка вегетативного обеспечения деятельности на основании спектрального и временного анализа сердечного ритма после физической нагрузки установил, что в группе НПР происходило достоверное увеличение коэффициента LF/HF в два раза ($p<0,001$), увеличивался ИН на 43% ($p<0,05$), снижение SDNN на 36% ($p<0,001$), что свидетельствовало об избыточной активации симпатоадреналовой системы.

6 В группе НР при вегетативном обеспечении деятельности в 2 раза ($p<0,01$) уменьшается показатель очень низких частот ритма сердца (VLF, мс^2), что свидетельствовало о недостаточной активации механизмов гуморальной и симпатической регуляции деятельности сердечной мышцы.

7 Избыточное симпатическое влияние в группе НПР, недостаточное симпатическое влияние в группе НР приводило к падение значений физической работоспособности у квалифицированных спортсменов в группе НР относительно юношей группы контроля на 18% (<0,001), а в группе НПР на 27% (<0,001). АП группе НПР указывает на функциональное напряжение адаптационных механизмов, будучи увеличенным на 18% (<0,001), относительно группы контроля. В группе НР также отмечался рост напряжения адаптационных механизмов при росте АП на 12% (<0,001).

8 Дисфункциональная напраленность 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 и для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам сравнения использовали метод множественной бинарной логистической регрессии с построением соответствующих уравнений.

9 В определении снижения функциональных резервов миокарда при нарушении ритма и процессов реполяризации в группе квалифицированных спортсменов при сравнении со спортсменами контрольной группы без нарушений и с более высокими функциональными резервами установлены референсные границы нормы фазографических показателей электрической активности сердца и их соответствующие чувствительность и специфичность:

10 Для классификации снижения функциональных резервов миокарда при нарушении ритма установлен алгоритм №2 с установленными показателями:

$\boldsymbol{\beta_T} \geq$ 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.

11 Для классификации снижения функциональных резервов миокарда при нарушении процессов реполяризации установлен алгоритм №3 с установленными показателями:

$\boldsymbol{\beta_T} \geq$ 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.

12 Анализ данных функциональной диагностики и данных неинвазивной оценки функционального состояния спортсменов показал, что результаты, полученные при использовании методики оценки функциональных резервов миокарда квалифицированных спортсменов с применением ФСП ЭАС сопоставимы с результатами, полученными по результатам углубленного обследования на основании заключений врачей-специалистов при проведении УМО. Методом Мак-Нимара мы провели проверку достоверности применения ФСП ЭАС для оценки функциональных резервов миокарда квалифицированных спортсменов. Достоверность определения сниженных функциональных резервов миокарда была установлена у спортсменов во всех группах дисфункциональных состояний, за исключением гипертрофии левого желудочка.

ГЛАВА V
АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ С УЧЁТОМ ОЦЕНКИ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

(результаты собственных исследований)

Важнейшем научным и практическим вопросом подготовки спортсменов является определение оптимального соотношения в проявлении уровня развития отдельных компонентов функциональной подготовленности и поиск новых информативных методик их мониторинга и оперативного оценивания. Своевременное и индивиадулизированное выявление у отдельно взятого спортсмена тех аспектов функциональной подготовленности, по которым еще возможно дальнейшее повышение уровня показателей и на которые нужно сделать акцент при планировании схем тренировок, может значительно повысить эффективность выполнение специфических спортивных функций за счёт оптимальной адаптации к нагрузке и при контролируемом восстановлении после утомления.

Исследование функциональных резервов миокарда и физической подготовленности квалифицированных спортсменов с одновременной регистрацией фазографических показателей электрической активности сердца, квалифицированных составили 3 этап исследования. 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. В Таблице 5.1. представлены Показатели

антропометрических характеристик и функционального состояния в группе квалифицированных футболистов и группе контроля.

Таблица 5.1 - Показатели антропометрических характеристик и функционального состояния в группе квалифицированных футболистов и группе контроля 20-22 лет, (n=90), (M± Sx)

Показатель	Футболисты	Контроль	Достоверность
Длина тела, см	180,3±1,2	177,3±2,2	-
Масса тела, кг	72,4±1,3	74,4±1,9	-
Индекс массы тела,	22,04±0,15	22,68±0,19	-
ЧСС, уд/мин	61,3±5,4	77,6±4,1	0,001
АДс, мм рт. ст.	110,5±1,5	120,0±2,5	0,001
АДд, мм рт. ст.	65,0±1,5	70,5±2,0	
МПК, мл/мин/кг$^{+}$	55,5±1,6	43,4±1,6	0,001
SDNN, мс	82,2±10,5	46,2±7,5	0,001
ИН, ед.	62,4±7,2	97,6±13,4	0,001

Примечание: межгрупповые различия достоверны по t-критерию Стьюдента для несвязанных выборок; + - данные, получены по результатам велоэргометрии

Группы сравнения спортсменов–футболистов и здоровых волонтёров, не занимающихся спортом, не различались по показателю индекса массы тела. На фоне высоких значений МПК, превышающих уровень физической работоспособности на 30% (p<0,001) у всех спортсменов–футболистов по сравнению с группой контроля, на момент осмотра выявлена артериальная нормотензия. Средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) была закономерно более низкой, составляла 61,3±5,4 ударов, что превышало значения группы контроля на 18% (p<0,001). Номотонический и парасимпатотонический тонус вегетативной регуляции по показателю SDNN на 90% (p<0,001), меньшему чем в группе контроля и незначительное наряжение механизмов регуляции по

сниженному ИН на 37% (p<0,001), характеризовал оптимальные условия для адаптации в группе спортсменов–футболистов.

В Таблице 5.2 сопоставлены показатели морфометрии миокарда в группах футболистов и группе контроля.

Таблица 5.2 − Морфофункциональные показатели сердца в группе квалифицированных футболистов и группе контроля 20-22 лет, (n=90), (M± Sx)

Показатели	Футболисты	Контроль	Достоверность
ЛП, см	4,2±0,2	3,60±0,11	p<0,05
КДР ЛЖ, см	5,7±0,2	5,00±0,12	p<0,001
КСР ЛЖ, см	4,1±0,2	3,60±0,09	p<0,05
ТЗСЛЖ, см	0,95±0,03	0,85±0,03	p<0,05
ТМЖП, см	1,08±0,06	0,87±0,02	p<0,01
ФВЛЖ, %	65,0±2,1	55,6±0,7	p<0,001
ПЖ, см	2,24±0,09	2,17±0,08	

Примечания: ЛП – левое предсердие, КДР ЛЖ, см – конечно-диастолический размер левого желудочка, КДР ПЖ – см конечно-диастолический размер правого желудочка, ТЗСЛЖ, см – толщина задней стенки ЛЖ, ТМЖП, см – толщина межжелудочной перегородки, ФВЛЖ, % – фракция выброса левого желудочка, ПЖ, см – диаметр правого желудочка в диастолу; межгрупповые различия достоверны по t-критерию Стьюдента для несвязанных выборок

В группе футболистов морфофункциональные характеристики левых отделов сердца - левого предсердия (ЛП) на 5% и конечно-диастолического размера левого желудочка (КДР ЛЖ) на 3%, превышали должные значения и были близки к верхним границам нормы для здоровых мужчин молодого возраста. Так, эти показатели незначительно превышали должные значения у 8 спортсменов (17%). При этом в группах сравнения не различались только показатели диаметра правого желудочка в диастолу. Утолщение миокарда по показателю ТЗСЛЖ на 11% (p<0,05) и ТМЖП на 24% (p<0,01), а также умеренная дилятация левых отделов сердца по показателю КДР ЛЖ,

превышающему значения в группе контроля на 14% (p<0,001), и левого предсердия на 16% (p<0,05), отражала особенности высокого уровня физичекской подготовленности у футболистов.

При проведении сравнительного анализа биохимических показателей крови в группе футболистов и группе сравнения мужчин того же возраста, некоторые из них приведены в Таблице 5.3, значимых различий не выявлено.

Таблица 5.3 – Биохимические показатели футболистов высокой квалификации и группы контроля, (n=90), (M± Sx)

Показатели	Группы		
	Футболисты	Контроль	Достоверность
Гемоглобин (RBC), г/л	147,6±2,0	143,9±1,9	-
Мочевина, моль/л	6,88±0,32	6,01±0,29	
Глюкоза, моль/л	5,22±0,13	5,25±0,14	-
Средний объём эритроцитов (MCH), пг	27,87±0,31	27,54±0,38	-
MCHC, г/дл	33,32±0,16	32,91±0,18	-

На равне с общепринятыми показателями, характеризующими миокардиальный резерв, был проведен сравнительный анализ фазографических показателей электрической активности сердца (Таблица 5.4).

В группе спортсменов-футболистов показатель β_T был на 20% (p<0,001) меньше, α_{QRS}на 20 градусов больше (p<0,001), σ_{QRS} на 30% (p<0,001) меньше, а значения показателя S_{TR} превышали значения юношей группы контроля на 100% (p<0,001).

Как известно, стресс при спортивной деятельности носит комплексный характер и включает эмоциональное напряжение, физическое утомление, рабочую гипертермию, гипоксию и ацидоз [20, 118, 144, 156, 163, 178, 179, 226, 251, 252, 276].

Таблица 5.4 − Фазографические показатели электрической активности сердца в группах квалифицированных спортсменов и в группе контроля в покое, (n=90) M± Sx

Показатели	Футболисты	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

Все факторы оказывают значительное воздействие на организм спортсменов и его системы. Одним из проявлений такого воздействия является транзиторная иммуносупрессия, как врожденного, так и адаптивного иммунитета. Продолжительная ишемия кишечной стенки с последующей реперфузией, а также обусловленное напряженной мышечной работой повышение температуры тела инициируют деструктивные изменения в слизистой оболочке кишечника и повреждение целостности кишечного барьера. Это, в свою очередь, ведет к поступлению в портальный кровоток различных бактериальных компонентов, среди которых особый интерес представляет липополисахарид (ЛПС) или эндотоксин.

Всвязи свыше сказанным были изучены особенности гуморального иммунного ответа на липополисахариды энтеробактерий у спортсменов в соревновательном и в межсоревновательном периодах, а также у юношей из контрольной группы. Полученные результаты представлены в таблице (Таблица 5.5).

Установлено, что у спортсменов-футболистов в соревновательном периоде при отсутствии статистически значимых различий до и после коррекции по уровням сывороточных анти-ЛПС-IgA уровни анти-ЛПС-IgM и анти-ЛПС-IgG

в крови достоверно повышены 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 ($p<0,001$)).

Таблица 5.5 − Уровни сывороточных анти-ЛПС-АТ разных классов и β_T у спортсменов в различных периодах после проведённого респираторного тренинга (M± Sx), n=90

Условия		Уровни анти-ЛПС-АТ, усл. ед.			β_T, ед.
		анти-ЛПС-IgA	анти-ЛПС-IgM	анти-ЛПС-IgG	
Футбо-листы, n=45	Соревновательный	0,176±0,029	0,515±0,065 ***	0,853±0,091 ***	0,698±0,042 **
	Переходный 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

В этой связи своевременное выявление и коррекция этих состояний на грани перехода компенсаторно-приспособительных процессов в патологические будет способствовать снижению риска дисфункциональных состояний. Таким образом, после коррекции в переходном периоде, включающей в себя респираторный тренинг, увеличение физической работоспособности в среднем на 10,1% сопровождалось тенденцией к снижению уровней анти-ЛПС-АТ классов M и G, нивелированием различий по указанным показателям между спортсменами и юношами из контрольной группы и отсутствием корреляционных взаимосвязей между изучаемыми показателями ЭК, что свидетельствовало о расширении приспособительных возможностей при уменьшении лимитирующих факторов и цены адаптации.

У спортсменов-футболистов в переходном периоде после проведённого респираторного тренинга с использованием дыхательного тренажёра ДТМ-2, наблюдалась тенденция к снижению уровней сывороточных анти-ЛПС-IgA,

анти-ЛПС-IgM и анти-ЛПС-IgG по сравнению с их уровнями в соревновательном периоде (в среднем соответственно на 6,8%, 11,5% и 13,8%), однако по сравнению с юношами из контрольной группы уровни анти-ЛПС-IgM и анти-ЛПС-IgG продолжают оставаться повышенными.

Очевидно, что рост содержания сывороточных анти-ЛПС-АТ классов M и G характеризует расширенные адаптационные возможности организма регулярно тренирующихся спортсменов по отношению к ЛПС, попадающему в портальный и системный кровоток. Однако степень и направленность адаптационных модификаций кардиореспираторной системы при сбалансированном физиологическом ответе в различные периоды спортивной деятельности влияют как на адаптационные, так и на компенсаторные механизмы, что может являться лимитирующим фактором физической работоспособности спортсменов и в конечном итоге спортивного результата и/или риска возникновения.

Таким образом, гуморальный иммунный ответ на липополисахариды энтеробактерий и динамика индивидуальных уровней анти-ЛПС-АТ разных классов в различные периоды тренировочного цикла могут служить важной интегральной характеристикой иммунореактивности организма спортсменов и способности адаптироваться к транзиторной эндотоксемии, обусловленной значительными физическими нагрузками.

В связи с установленным фактом влияния ЛПС на кардиогемодинамические показатели можно предположить, что существенное усиление гуморального иммунного ответа на энтеробактериальные ЛПС у юношей-спортсменов формируется более широкий коридор долговременной адаптации кардиореспираторной системы. Анализ корреляционных взаимосвязей между кардиореспираторными показателями и уровнями сывороточных анти-ЛПС-АТ разных классов у спортсменов в соревновательном периоде и юношей из контрольной группы показал наличие корреляции активности сывороточного анти-ЛПС-IgA с вегетативной

регуляцией, в большей степени, выраженной у обследованных спортсменов (Таблица 5.6).

Таблица 5.6 − Корреляционные связи между кардиореспираторными показателями и уровнями сывороточных анти-ЛПС-АТ разных классов у спортсменов-футболистов в соревновательном периоде и у юношей контрольной группы

Показатели	Коэффициент корреляции между показателями, r					
	анти-ЛПС-IgA		анти-ЛПС-IgM		анти-ЛПС-IgG	
	Футболисты	Контроль	Футболисты	Контроль	Футболисты	Контроль
CV, ед.	–0,66*	–0,79***	–	–	–	–
SDNN, с	–	–0,70*	–	–	–	–
AMo, %	–	0,78***	–	–	–	–
СИ, ед.	–	–	–	–	0,83**	–
Период напряжения, с	–	–	0,89***	–	–	–
Период изгнания л.ж., с	–	–	0,89***	–	–	–
Фаза изометр. сокращения, с	–	–	0,90***	–	–	–
Фаза быстрого изгнания, с	–	–	0,83***	–	–	–
β_T, ед.	0,79**				0,75*	
QT, с			0,81**			
МСНС, ед.	–	–	–	–	–0,73**	–
ЧД, цикл/мин	–0,72**	–	–	–	–	–
МП, %	–	–	–	–	–0,76**	–

Примечание: * – корреляции значимы на уровне $p < 0,05$; ** – корреляции значимы на уровне $p < 0,01$; *** – корреляции значимы на уровне $p < 0,001$.

У спортсменов была установлена положительная корреляционная взаимосвязь показателей антиэндотоксического иммунитета с фазографическим скоростным показателем:

β_T - анти-ЛПС-IgA, r=0,79 (p<0,01),

β_T - анти-ЛПС-IgG, r=0,75 (p<0,05),

при её отсутствии у исследуемых в контрольной группе.

Таким образом, у спортсменов существенно повышается адаптивный иммунный ответ на ЛПС энтеробактерий и формируются адаптационные резервы, выступающие в роли буферных механизмов защиты от повреждающих факторов и способствующие снижению потенциально негативного воздействия ЛПС на организм, а β_T и показатели ФУК отражали эффективность резервов адаптации. Это сопровождалось повышением степени централизации управления регуляторными механизмами и влияния симпатического звена вегетативной регуляции по данным прямой зависимости этого показателя со значениями амплитуды моды (AMo, %) и статистическими характеристиками динамического ряда кардиоинтервалов: квадратического отклонения (Standard Deviation- SD) и коэффициента вариации (CV, ед.).

Важно отметить, что в обеих группах CV, отражая нормированный показатель суммарного эффекта регуляции, находился в реципрокных взаимоотношениях со значениями анти-ЛПС-IgA. При этом у спортсменов рост анти-ЛПС-IgM отмечался во взаимосвязи и на фоне увеличенных инотропных возможностей миокарда, а рост уровня анти-ЛПС-IgG напрямую был связан с оптимизацией сердечного выброса и, вероятно, как следствие, улучшением микроциркуляции, в том числе в кишечной стенке. Связь этого показателя со степенью насыщения эритроцита гемоглобином (MCHC, ед.) и объёмом мертвого пространства в процессе дыхания (МП, %) отражает зависимость его роста от возможностей кислородтранспортной системы.

Соревновательный период у футболистов отличался повышенным объемом и интенсивностью напряжения тренировочной работы в соответствии со спецификой и направленностью вида спорта. Для количественной оценки уровня функциональных резервов по раннее установленным алгоритмам, в том числе и миокарда в различные тренировочные периоды (в соревновательный и переходный период до и после восстановительных мероприятий в покое и после тренировочной нагрузки) в группе спортсменов-футболистов 20-22 лет

определенно количество спортсменов со сниженным резервом миокарда по ФСП ЭАС (Таблица 5.7), а также была проанализирована динамика показателей β_T и АСТ/АЛТ (Таблица 5.8).

Таблица 5.7 − Количественная оценка уровня функциональных резервов по установленным алгоритмам у квалифицированных спортсменов-футболистов в различные периоды учебно-тренировочного цикла, (x±Sx), n=45

Условия	В конце соревновательного периода до реабилитации	После реабилитации в переходный период	Достоверность
% случаев нарушений ритма (алгоритм 2)	12(26,6%)	3(6,6%)	<0,05
% случаев нарушений реполяризации (алгоритм 3)	17(37,7%)	2(4,4%)	<0,01

Как видно из Таблицы 5.7, достоверное снижение случаев нарушения ритма более чем на 20% (p<0,05) и случаев нарушений реполяризации на 30% (p<0,01), определённое с применением ФСП ЭАС отражают значимость проведения реабилитационных мероприятий после перода соревнований. Как известно избыточная интенсивность или длительность тренировочного процесса и недостаток времени, отведенного на восстановление функционального состояния аппарата кровообращения, способны вызвать нарушение адаптации и несут в себе опасность перенапряжения.

Как видно из Таблицы 5.8, показатель β_T количественно отражал эффективность проведенных реабилитационных процедур. Важно отметить, что у футболистов 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 в переходный период после востановительных мероприятий отображало ослабление процессов цитолиза

кардиомиоцитов, сопровождающих стресиндуцированные повреждения миокарда в период интенсивных соревновательных нагрузок.

Таблица 5.8 − 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)

Полученную информацию различных показателей целесообразно свести к нескольким комплексным обобщённым характеристикам, каждая из которых включала бы влияние целого ряда взаимосвязанных признаков. Для проверки первоначальных предположений и гипотезы, а также для сравнения и ранжирования каждого фактора с остальными по силе воздействия в Группе футболистов был проведён факторный анализ. Факторный анализ основан на линейном корреляционно-регрессионном анализе, поэтому перед его проведением необходимо провести проверку распределения переменных на соответствие закону нормального распределения. Эта проверка была выполнена путём расчёта параметров асимметрии и эксцесса и сравнения их собственных дисперсий с критическими значениями (Приложение 2, Таблица 5.9). Оказалось, что 51 переменная из 72 имели нормальное распределение:

Белок, Глюкоза, Мочевина, Креатинин, Холестерин, АлАТ, АсАТ, Железо, Гемоглобин, Эритроциты, Гематокрит, MCV, MCH, MCHC, PLT, MPV, Эозинофилы, СЯ, Лимфоциты, Моноциты, Ph, ЧСС, АДС, АДД, АДср, УО, УИ, МОК, СИ, КДДЛЖ, РЛЖ, ИРЛЖ, Симметрия Т, dST, Ампл Р, Ампл R, Ампл Т, Q-T, CV, HRV, LFn, HFn, ВСЦ, Аорта, ЛП, КДРЛЖ, КСРЛЖ, МЖП, ЗСЛЖ, ФВЛЖ, ПЖ.

21 переменная не подчинялась нормальному закону распределения, это: Билирубин, Билирубин пр, Билирубин непр, Фосфатаза, СОЭ, RDW, WBC, ПЯ, ДСК, ОПС, СКО симм Т, Прод Р, QRS, P-Q, SDNN, RMSSD, pNN50, Amo, ИН, Альфа, Str.

Таким образом, факторный анализ был выполнен для указанного списка из 51 переменной. Вначале был проведён корреляционный анализ по Пирсону, результаты которого отражены в корреляционной матрице (фрагмент) (Таблица 5.10). В таблице показаны коэффициенты факторных нагрузок на первичные переменные. Значимыми являются большие 0,65 по модулю.

На основании критерия значимости в каждой из групп выделено 13 основных фактора. Итоговые результаты факторного анализа:

Фактор 1 (Сосудистый): АДС=0,86; АДД=0,94; АДср=0,94; ИРЛЖ=0,85.

Фактор 2 (Инотропный): Белок= –0,79; УО=0,66.

Фактор 3 (Дилатационный): Аорта=0,79; ЛП=0,75; КДРЛЖ=0,69; КСРЛЖ=0,73.

Фактор 4 (Реполяризационный): Симметрия Т=0,72; Амплитуда Т= –0,73.

Фактор 5 (Повреждение клеток): АлАТ=0,75; АсАТ=0,80; dST= –0,68.

Фактор 6 (Кровь): Гемоглобин=0,79; МЖП= –0,74.

Фактор 7 (Ацидоз): Моноциты= –0,74; Ph= –0,74; HRV= –0,67.

Фактор 8(Иммунитет): Сегментоядерные=0,96; Лимфоциты= –0,96.

Фактор 9 (Гемолиз): Эритроциты= –0,81; Гематокрит= –0,81.

Таблица 5.10 – Коэффициенты факторных нагрузок на первичные переменные

Variable	Factor Loadings (Varimax normalized) (Биохим. анализ++) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,650000)												
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Factor 11	Factor 12	Factor 13
Белок	0,25	-0,79	-0,03	-0,07	0,18	-0,14	-0,13	0,10	-0,03	0,11	0,11	0,25	0,12
Глюкоза	0,41	-0,25	0,15	0,46	0,01	-0,06	0,05	0,13	0,23	-0,27	0,13	0,01	0,42
Мочевина	0,33	-0,12	0,15	0,13	-0,07	-0,06	-0,09	0,10	-0,11	-0,80	-0,20	0,00	0,17
Креатинин	0,27	0,06	0,17	-0,15	0,29	0,05	0,01	-0,47	-0,14	-0,05	-0,07	0,12	0,52
Холестерин	0,30	-0,24	0,05	0,03	0,31	-0,11	-0,24	-0,01	0,03	0,74	-0,24	-0,06	0,07
АлАТ	0,03	0,01	-0,00	-0,24	0,75	-0,02	-0,12	0,28	0,06	0,24	-0,14	-0,03	0,27
АсАТ	0,14	0,03	-0,13	0,19	0,80	0,05	-0,12	0,14	0,10	0,05	0,06	-0,02	0,12
Железо	-0,00	0,04	0,11	0,00	0,03	0,11	0,00	0,01	0,04	0,05	0,79	0,04	0,12
Гемоглобин	0,05	-0,01	-0,09	0,04	0,01	0,79	0,11	0,16	-0,26	0,23	-0,16	0,16	0,03
Эритроциты	-0,27	0,14	0,18	0,13	-0,15	-0,09	0,02	-0,11	-0,81	-0,09	-0,06	0,01	0,08
Гематокрит	-0,02	-0,26	-0,04	0,05	0,07	0,17	0,05	0,23	-0,81	0,12	-0,04	0,00	-0,03
MCV	-0,05	-0,06	0,23	0,03	-0,20	0,37	0,12	0,07	0,23	-0,18	0,14	0,42	-0,14
MCH	0,05	-0,40	-0,18	-0,07	0,17	0,30	0,07	0,18	0,29	0,05	-0,20	0,12	-0,26
MCHC	-0,16	-0,03	0,11	0,07	-0,16	0,10	0,03	0,02	0,16	0,13	-0,40	0,66	0,19
PLT	0,19	-0,51	-0,08	-0,25	0,06	0,37	-0,13	-0,20	-0,28	-0,35	0,02	-0,15	-0,16
MPV	-0,23	-0,26	-0,08	-0,15	0,18	0,13	-0,10	0,12	-0,07	-0,07	-0,05	0,00	0,74
Эозинофилы	0,29	0,04	0,01	0,42	0,28	-0,23	0,10	0,29	-0,17	-0,51	0,14	-0,23	0,05
СЯ	0,01	-0,04	0,06	-0,00	0,06	0,11	0,10	0,96	-0,05	0,01	0,01	0,07	0,02
Лимфоциты	-0,03	0,05	-0,06	-0,06	-0,14	-0,12	0,02	-0,96	0,06	0,07	0,01	-0,04	0,05
Моноциты	0,13	0,15	0,09	-0,18	0,05	0,14	-0,74	-0,20	0,33	0,09	-0,16	0,06	-0,12
Ph	-0,21	-0,08	-0,10	0,25	0,25	-0,07	-0,74	0,05	-0,03	0,23	0,10	0,02	0,00
ЧСС	0,40	-0,52	-0,46	0,15	-0,05	0,04	0,23	0,10	-0,09	-0,13	-0,26	-0,09	0,20
АДС	0,86	-0,07	0,14	0,07	0,06	0,06	-0,04	-0,03	0,01	-0,21	0,04	-0,10	0,17
АДД	0,94	-0,14	-0,08	0,05	0,03	0,07	0,02	0,05	0,07	0,03	-0,12	0,02	-0,11
АДср	0,94	-0,16	-0,02	0,13	0,06	0,10	-0,06	0,04	0,08	-0,07	-0,00	0,05	0,01
УО	-0,00	0,66	-0,01	-0,30	0,11	-0,44	-0,17	-0,01	0,18	0,07	0,03	0,09	0,19
УИ	0,34	0,49	0,28	0,08	-0,06	-0,08	0,00	-0,34	-0,26	0,28	0,17	-0,31	-0,00
МОК	0,21	0,25	0,02	0,05	0,06	-0,13	0,01	-0,10	0,02	-0,04	0,29	-0,01	0,73
СИ	0,34	0,13	0,37	0,14	0,05	0,12	-0,06	0,09	0,02	-0,12	0,30	-0,29	0,58
КДДЛЖ	-0,04	-0,06	0,01	-0,30	0,10	-0,08	-0,30	0,17	0,05	-0,11	0,40	0,10	-0,59
РЛЖ	0,41	0,17	0,21	0,31	0,27	-0,28	0,24	-0,16	0,04	-0,31	0,39	-0,04	0,14
ИРЛЖ	0,85	0,17	0,21	0,07	0,10	0,01	0,12	-0,10	0,08	-0,09	0,23	-0,06	0,14
Симметрия Т	0,34	0,12	0,01	0,72	-0,13	0,21	0,09	-0,11	-0,36	-0,04	0,15	-0,07	0,08
dST	-0,04	0,28	0,15	0,11	-0,68	0,09	-0,16	0,17	0,05	0,24	-0,18	0,15	0,18
Ампл P	0,35	-0,30	-0,06	-0,13	-0,03	-0,37	0,43	-0,09	0,07	0,07	-0,02	-0,24	-0,17
Ампл R	0,29	-0,15	0,25	0,13	0,10	0,17	0,06	-0,08	0,26	-0,71	-0,09	-0,01	0,03
Ампл T	0,19	0,10	0,26	-0,73	-0,28	0,17	0,14	-0,02	0,19	0,20	0,19	-0,00	-0,19

Variable	Factor Loadings (Varimax normalized) (Биохим. анализ++) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,650000)												
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Factor 11	Factor 12	**Factor 13**
CV	-0,12	0,11	-0,07	0,04	-0,18	-0,62	-0,05	0,03	-0,17	0,28	-0,17	0,11	-0,17
HRV	0,15	-0,16	-0,06	-0,12	-0,21	-0,11	-0,67	-0,01	-0,39	-0,11	0,15	-0,15	0,28
LFn	0,16	0,38	-0,15	-0,18	0,03	0,29	0,14	0,14	-0,14	0,18	0,03	-0,64	0,13
HFn	0,13	0,04	-0,15	-0,18	0,03	-0,04	-0,01	0,14	-0,24	0,08	0,18	0,80	-0,12
ВСЦ	0,42	-0,39	-0,01	0,13	-0,11	0,21	-0,12	-0,04	-0,04	0,07	0,48	-0,29	0,00
Аорта	-0,06	-0,10	0,79	0,15	-0,05	0,35	0,05	0,05	0,03	0,08	0,13	-0,01	0,06
ЛП	0,11	-0,07	0,75	0,12	0,01	-0,28	-0,04	-0,08	-0,14	-0,02	0,11	-0,35	0,07
КДРЛЖ	0,25	0,13	0,69	-0,12	-0,10	-0,13	0,01	0,06	-0,11	-0,21	0,03	0,24	-0,12
КСРЛЖ	0,20	0,20	0,73	-0,12	-0,10	0,07	0,08	0,09	0,14	-0,22	-0,21	0,05	0,15
МЖП	-0,13	0,03	-0,01	-0,13	0,25	-0,74	0,21	-0,15	-0,04	0,12	-0,26	0,13	0,06
ЗСЛЖ	-0,08	0,10	0,38	-0,45	0,18	-0,07	0,30	0,19	-0,19	-0,27	-0,27	0,17	0,06
ФВЛЖ	0,01	-0,00	-0,54	0,12	-0,02	-0,11	-0,54	-0,05	0,10	-0,10	-0,04	-0,02	-0,31
ПЖ	-0,17	0,09	0,60	-0,02	-0,29	-0,46	-0,06	-0,07	-0,04	-0,13	0,14	0,14	-0,16
Expl.Var	5,58	3,15	4,05	3,17	2,75	3,36	2,71	2,93	2,62	3,17	2,41	2,55	3,16
Prp.Totl	0,11	0,06	0,08	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06

Фактор 10 (Обмен веществ): Мочевина= –0,80; Холестерин=0,74; Ампл R= –0,71.

Фактор 11 (Гомеорез): Железо=0,79; σ_{QRS} =0,48.

Фактор 12 (Вегетативная регуляция): МСНС=0,66; LFn= –0,64; HFn=0,80.

Фактор 13(Гемодинамика): MPV=0,74; МОК=0,73.

ФСП ЭАС β_T, отражавший изменения ремоделированного миокарда у футболистов, наравне с гемодинамическими и морфофункциональными показателями составил ведущие первые 4 фактора, характеризующие степень функционирования и соответственно отражают не только уровень функциональных резервов «спортивного сердца», но прогнозируют наступление нарушений сердечной деятельности.

Однако морфофункциональные показатели, констатируют факт деформации структуры и функции сердца, а изменение электрофизиологических свойств миокарда является составляющей динамики патологического процесса, и их нарушение предшествуют механическим нарушениям.

Можно высказать суждение, что высокая диагностическая эффективность разрабатываемого метода обусловлена, прежде всего тем, что при различных отклонениях от нормы функционирования миокарда, приводящих к снижению функциональных резервов, изменяется не только последовательность пути, но и скорость распространения волны деполяризации и реполяризации по миокарду, что является информативным показателем в диагностике пограничных состояний, что особенно актуально в спортивной кардиологической практике.

Обследование спортсменов для оценки их уровня функциональной подготовленности проводилось в полевых условиях с использованием комплекса нагрузок максимального и умеренного характера. В полевых условиях у 45 спортсменов-футболистов, среди них 6 нападающих, 4 вратаря, 20 полузащитников, 15 защитников была определена функциональная подготовленность с использованием комплекса нагрузок максимального и

умеренного характера. Уровень функциональной подготовленности спортсменов определялся по функциональным проявлениям системы дыхания и кровообращения в ответ на выполняемые тестирующие нагрузки и по достигаемым при этом показателям работоспособности. Использовались следующие инструментальные методы исследования: эргометрия (челночный бег), газоанализ, пульсометрия. Измерения 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 (Рисунок 5.1).

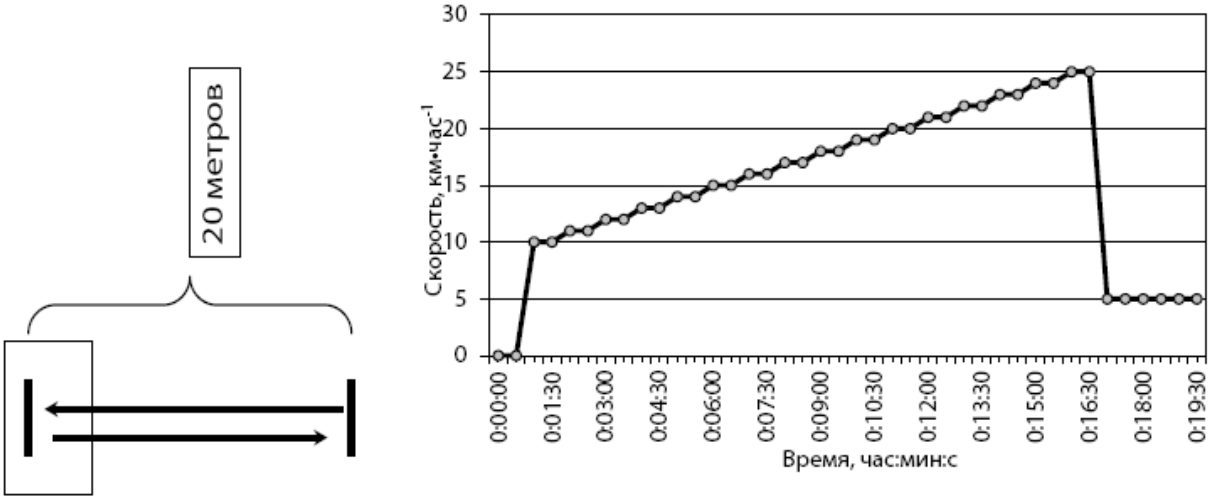


Рисунок 5.1. – Схема проведения челночного теста у футболистов

Темп скорости бега задается и контролируется предварительно записанными аудиосигналами. Выполнение теста считается законченным, если спортсмен дважды не успевает до следующего маркера по сигналу. После этого испытуемый переходит в фазу восстановления.

Продолжительность теста от 10 до 15 минут в зависимости от индивидуального времени прохождения фазы максимальной нагрузки. Программа тестирования проводилась в следующей последовательности с использованием следующих фаз тестирования:

1) 1 минута в состоянии покоя в положении стоя;

2) 5-15 минут ступенчато возрастающий челночный непрерывный бег, начиная со скоростью 10 км·час^{l} + 0,5 км$_{x}$ч$^{-1}$ каждую минуту;

3) 3 минуты челночная ходьба со скоростью 5 км·час$^{-1}$ (восстановление).

В футболе игрокам не требуется иметь экстраординарные величины показателей по отдельным факторам функциональной подготовленности, а нужно рационально развивать их комбинацию с учетом индивидуальной склонности (T. Stolen et al., 2005). Однако без минимально достаточного уровня функциональной подготовленности по каждому из компонентов игрок не сможет выполнять свои функции на поле на надлежащем уровне (В. Пшибыльски et al., 2005).

Проведенное обследование позволило получить данные общего уровня функциональной подготовленности спортсменов, а также степень развития таких ее ведущих свойств как аэробная мощность, экономичность и скорость восстановления функциональных систем в различные периоды учебно-тренировочного цикла. Одновременно проводили измерения показателя β_T в покое. В Таблице 5.11 представлены показатели функциональной подготовленности исследуемых футболистов.

Во время игровой активности в футболе, большая часть энергии (приблизительно 92-98 %) поставляется за счет аэробного метаболизма (J. Bangsbo, 1994a, В. Пшибыльски et al., 2005), поэтому МПК является важным показателем, который обуславливает способность футболистов выполнять свои функции во время матча (J. Bangsbo, 1994b).

Таблица 5.11 - Показатели функциональной подготовленности исследуемых футболистов и β_T в различные периоды учебно-тренировочного цикла, M± Sx (n=45)

Показатель	Период		%	Достоверность
	Переходный (перед началом подготовительного периода)	Соревновательный (перед началом второго круга игр)		
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

Ведущие специалисты в области спортивной физиологии и теории подготовки считают, что для эффективного выступления на международном уровне футболисты должны обладать минимальными показателями МПК>60 мл·мин$^{-1}$·кг$^{-1}$ (В. Пшибыльски et al., 2005) или 200 мл·мин$^{-1}$·кг$^{-0,75}$ (T. Stolen et al., 2005).

У исследуемых футболистов перед началом подготовительного периода 11 спортсменов имели значение МПК<60 мл·мин$^{-1}$·кг$^{-1}$, что характеризовало их резервы аэробной мощности как недостаточные. В соревновательном периоде перед началом второго круга игр было зафиксировано повышение МПК в среднем на 15% ($p<0,01$) в абсолютных значениях и на 5% ($p<0,001$) в относительных к массе тела. У исследуемых футболистов в соревновательном периоде перед началом второго круга относительно периода перед началом подготовительного периода время бега в тесте выросло на 18% ($p<0,001$).

Экономичность отображала способность организма к минимизации энергетических затрат его деятельности в условиях выполнения тренировочных (специфичного и неспецифичного характера) и соревновательных нагрузок. При работе одинаковой интенсивности потребление кислорода значительно отличалось у спортсменов с приблизительно с одинаковыми показателями МПК до 20 % между игроками и кореллировало с работоспособностью. Точные механизмы в отношении различия в экономичности точно не ясны.

Однако в большей степени на экономичность бега влияет анатомическое строение тела, техника бега, эффективность метаболических процессов, состав мышечных волокон, наследственная предрасположенность и т.д., а также период учебно- тренировочного цикла. Так показатели потребления кислорода в соревновательном периоде перед началом второго круга относительно периода перед началом подготовительного периода в абсолютных значениях увеличились на 15% ($p<0,01$), а в относительных на 10% ($p<0,001$).

Характерным критерием резервов эффективности для условий тренировочной и соревновательной деятельности в футболе является

подвижность функциональных проявлений организма при восстановлении, что указывает на его способность адекватным образом реагировать на изменение темпа и интенсивности выполняемой физической нагрузки. Скорость восстановления ЧСС после максимальной нагрузки отражало скорость реактивации парасимпатической системы. Так увеличение скорости восстановления ко 2 минуте на 17% ($p<0,01$) отображало рост резервов эффективности к соревновательному периоду. На фоне повышения уровня функциональной подготовленности футболистов было зафиксировано уменьшение значения показателя β_T в среднем по группе на 10% ($p<0,01$).

При регистрации β_T сразу после завершения челночного теста при определении МПК путём прямого газоанализа у квалификацированных спортсменов-футболистов 20–22 лет была выявлена высокая степень отрицательной корреляции показателя

$$\beta_T \text{ и МПК (мл/мин}^{-1}\text{кг}^{-0,75}) – r = –0,79 \ (p < 0,01),$$

которая подтвердила значимость этого показателя как маркера кардиометаболических процессов. В таблице 5.12 представлены результаты изменения ФСП ЭАС после нагрузочного теста.

Таблица 5.12 − Фазографические показатели электрической активности сердца в группе квалифицированных спортсменов-футболистов после нагрузочного теста, M± Sx (n=45)

Показатели	Футболисты после нагрузки	Δ, %	Достоверность
β_T, ед	0,99±0,04	+65%	<0,001
α_{QRS}, град.	180,6±1,1	+28%	<0,01
σ_{QRS}, ед.	39,4±0,9	+178%	<0,001
S_{TR}, ед.	0,03±0,02	-100%	<0,001

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

Прирост значения показателей α_{QRS} на 28% (<0,01) и σ_{QRS} на 178% (<0,001) подтвердило раннее выявленную динамику увеличения этих показателей при нагрузке у спортсменов с высоким уровнем миокардиальных резервов. В таблице 5.13 представлены корреляционные взаимосвязи функциональной подготовленности и β_T у исследуемых футболистов.

Рассчитана зависимость β_T и пороговой способности миокарда потреблять кислород, что выражалось уравнением линейной регрессии

$$МПК = 213{,}97–58{,}06 \times \beta_T \text{ (Рисунок 5.2).}$$

Таблица 5.13 – Корреляционные взаимосвязи функциональной подготовленности и показателя β_T у квалифицированных спортсменов-футболистов, (M± Sx) n = 45

Показатели функциональной подготовленности		r (β_T)
1	МПК, мл/мин$^{-1}$кг$^{—0,75}$	–0,79
	Время бега в челночном тесте (только фаза ступенчато-возрастающей нагрузки), мин:с	–0,77
2	ПК, мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$	–0,58
3	Восстановление ЧСС за 2 минуты, на кол. уд. мин$^{-1}$	0,72

Примечание: 1 – показатели аэробной мощности; 2 – показатель экономичности; 3 – показатель эффективности; ранговые корреляции Спирмена значимы на уровне $p < 0{,}05$

В результате полученных данных и экспертной оценки была рассчитана таблица значений, позволяющая экспресс-методом определить уровень функциональной подготовленности спортсмена-футболиста и уровня его функциональных резервов (Таблица 5.14).

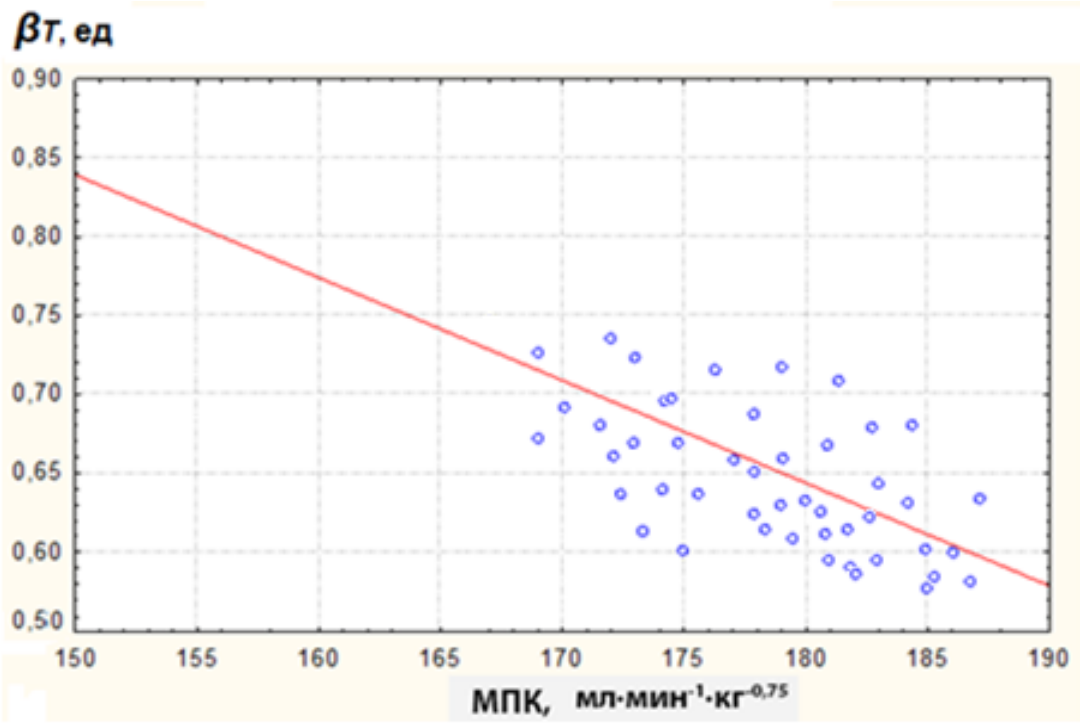


Рисунок 5.2 – Диаграмма зависимости показателей максимального потребления кислорода (МПК)(мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$) и симметрии зубца Т (β_T, ед.) у квалифицированных спортсменов-футболистов

Таблица 5.14 – Таблица определения уровня функциональной подготовленности (без учёта амплуа) по показателю симметрии зубца Т

Значения показателя симметрии зубца Т	Соответствующие значения МПК	Характеристика функциональной подготовленности
≥ 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

Результаты обследования спортсменов позволили получить данные, характеризующие их общий уровень функциональной подготовленности, а также степень развития ее ведущих свойств – аэробная мощность, экономичность и эффективность систем энергообеспечения. В дальнейшем были определены особенности взаимосвязи этих показателей с

фазометрическими показателями. Таким образом, показатель β_T наиболее точно и достоверно отражал уровень функциональных резервов и спортивной подготовленности организма спортсмена-футболиста и может использоваться в практическом решении актуальной проблемы прогностической экспресс-оценки функциональных резервов миокарда и физической подготовленности спортсменов.

Выводы по главе:

1. На фоне высоких значений МПК, превышающих уровень физической работоспособности на 30% ($p<0,001$) у всех спортсменов–футболистов по сравнению с группой контроля, на момент осмотра выявлена артериальная нормотензия. Средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) была закономерно более низкой, составляла 61,3±5,4 ударов, что превышало значения группы контроля на 18% ($p<0,001$). Номотонический и парасимпатотонический тонус вегетативной регуляции по показателю SDNN на 90% ($p<0,001$), меньшему чем в группе контроля и незначительное наряжение механизмов регуляции по сниженному ИН на 37% ($p<0,001$), характеризовал оптимальные условия для адаптации в группе спортсменов–футболистов.
2. Утолщение миокарда по показателю ТЗСЛЖ на 11% ($p<0,05$) и ТМЖП на 24% ($p<0,01$), а так же умеренная дилятация левых отделов сердца по показателю КДР ЛЖ, превышающему значения в группе контроля на 14% ($p<0,001$), и левого предсердия на 16% ($p<0,05$), отражала особенности «спортивного сердца» у футболистов.
3. ФСП ЭАС β_T, отражавший изменения ремоделированного миокарда у футболистов, наравне с гемодинамическими и морфофункциональными показателями составил ведущие первые 4 фактора, характеризующие степень функционирования и соответственно отражают не только уровень функциональных резервов «спортивного сердца», но прогнозируют наступление нарушений сердечной деятельности.

4. В группе спортсменов-футболистов показатель β_T был на 20% ($p<0,001$) меньше, α_{QRS} на 20 градусов больше ($p<0,001$), σ_{QRS} на 30% ($p<0,001$) меньше, а значения показателя S_{TR} превышали значения юношей группы контроля на 100% ($p<0,001$).

5. Установлено, что у спортсменов-футболистов в соревновательном периоде при отсутствии статистически значимых различий до и после коррекции по уровням сывороточных анти-ЛПС-IgA уровни анти-ЛПС-IgM и анти-ЛПС-IgG в крови достоверно повышены 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 ($p<0,001$)).

6. У спортсменов была установлена положительная корреляционная взаимосвязь показателей антиэндотоксического иммунитета с фазографическим скоростным показателем: β_T - анти-ЛПС-IgA, $r=0,79$ ($p<0,01$), β_T - анти-ЛПС-IgG, $r=0,75$ ($p<0,05$).

7. После коррекции в переходном периоде зафиксировано у футболистов достоверное снижение случаев нарушения ритма более чем на 20%(<0,05) и случаев нарушений реполяризации на 30% (<0,01), определённое с применением ФСП ЭАС. 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.

8. Гемодинамические и морфофункциональные показатели, отражавшие изменения ремоделированного миокарда у футболистов, наравне с показателями ФСП ЭАС составили ведущие первые 4 фактора.

9. При регистрации β_T сразу после завершения челночного теста при определении МПК путём прямого газоанализа у квалификацированных спортсменов-футболистов 20–22 лет 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 хβ_T

10. В результате полученных данных и экспертной оценки была рассчитана таблица значений, позволяющая экспресс-методом определить уровень функциональной подготовленности спортсмена-футболиста и уровня его функциональных резервов

ГЛАВА VI
ПРИМЕНЕНИЕ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕХАНИЗМОВ СРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

(результаты собственных исследований)

6.1. Сравнительная характеристика показателей срочной адаптации к вестибулярной нагрузке в группах боксёров с разным уровнем квалификации

Обеспечение высокого уровня тренированности напрямую связано с совершенствованием регуляторных механизмов в ответ на внешние стимулы. Ведущее значение в сложной нейродинамике, лежащей в основе реакций равновесия, ориентации в пространстве и координации движений в динамических условиях бокса, принадлежит вестибулярному анализатору и сложной системе безусловных вестибулосоматических и вестибуловегетативных рефлексов. При действии вестибулярных стимулов во время тренировки у боксёров участие вегетативных компонентов в ответных реакциях организма резко возрастает и может привести к возникновению реакции напряжения. При этом включается весь комплекс защитно-восстановительных реакций и значительно повышает «цену» адаптации. Следовательно, вестибулярное раздражение является типичным стрессовым фактором, вызывающим в организме характерные для этого фактора реакции. В этих случаях снижается функциональная устойчивость вестибулярной сенсорной системы и ее чувствительность, что вызывает не только неадекватные вегетативные реакции, но и нарушение точности выполнения

перемещений тела в пространстве. Уровень указанных изменений связан с исходным функциональным состоянием вестибулярной системы во взаимосвязи с вегетативной регуляцией, что предполагает возможность активного воздействия на эти системы в процессе тренировочных занятий с целью повышения функциональных возможностей и расширения резервов.

Особенностью вестибулярного аппарата является возможность его тренировки, основу которой должны составляют упражнения, подавляющие тонические и вегетативные рефлексы, а также упражнения на координацию и равновесие. Так, для выявления механизмов формирования вегетостибулярной адаптивности при сравнении исходного уровня боксёров с разным уровнем квалификации и стажем занятий было выявлено значительное различие уровня как общих, так и специфических резервов адаптации.

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.

В первой серии 4 этапа исследовании принимали участие 140 спортсменов мужского пола 18-23 лет, занимающихся боксом, 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 Н** состояла из 70 здоровых мужчин, занимающихся боксом менее года.

Для определения уровня вестибулярной устойчивости определялся коэффициент устойчивости (Ку) по формуле: Ку = ЧСС1 / ЧСС2, где Ку – коэффициент устойчивости ЧСС1 – частота сердечных сокращений после теста „бой с тенью”, ЧСС2 – частота сердечных сокращений после вестибулярной нагрузки [10]. В Таблице 6.1 указано количество обследованных боксёров, разделённых в соответствии с уровнем вестибулярной устойчивости и

квалификацией. Для выявления адекватности вегетативного обеспечения деятельности организма, исследования проводили как в состоянии покоя, так и после вестибулярной нагрузки (вращательной пробе по Воячеку на кресле Барани). Значение Ку <0,5 соответствовало компенсируемому уровню, Ку=0,5 – 1,5 - устойчивому, Ку> 1,5 - недостаточному уровню.

Таблица 6.1 – Распределение исследованных в соответствии с уровнем вестибулярной устойчивости и квалификацией (кол-во человек)

Квалификация\Уровень	Устойчивый уровень	Компенсированный уровень	Недостаточный уровень
Квалифицированные	25	33	12
Начинающие	9	31	30

В каждой группе изучали динамику индекса напряжения по Баевскому после проведенной кардиоинтервалографии с помощью аппаратного комплекса «Cardiolife». Индекс напряжения (ИН) вычислялся по формуле ИН = АМо/ (2Δx · Мо), где Мо (Мода) - число наиболее часто встречающейся продолжительности R-R интервалов среди 100 последовательных за 100 R-R интервалов в секундах; АМо (амплитуда моды) - количество значений Мо за 100 R-R интервалов; Δx - разность максимального и минимального значения R-R интервалов за 100 R-R интервалов).

При выполнении ступеней нагрузочного теста выявлены различия в вегетативном обеспечении регуляции функции сердечно-сосудистой системы (Таблица 6.2).

Закономерно у квалифицированных спортсменов как в покое ЧСС был меньшим на 20% ($p<0,05$), на 33% ($p<0,05$) на первой ступене и на 15% ($p<0,01$) на второй ступене нагрузочного теста.

Таблица 6.2 – Показатели сердечно-сосудистой системы у боксёров разной квалификации в покое и после нагрузок теста, (x±Sx), n=140

Показатель	Квал	Покой (1)	100 Вт (2)	200 Вт (3)	Достовер-ность
ЧСС, уд/мин	К	62 (52;67)	102 (67;123)	145 (94; 137)	1-2 (<0,01) 1-3 (<0,001) 2-3 (<0,001)
	Н	75 (69; 80)	136 (112;143)	165 (121; 168)	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,001) 2-3 (<0,05)
Достоверность		<0,05	<0,05	<0,01	
ИН, ед	К	45 (33; 67)	95 (72; 112)	98 (82; 123)	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,001)
	Н	89 (31; 112)	145 (114; 167)	157	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,001)
Достоверность		<0,001	<0,001	<0,001	

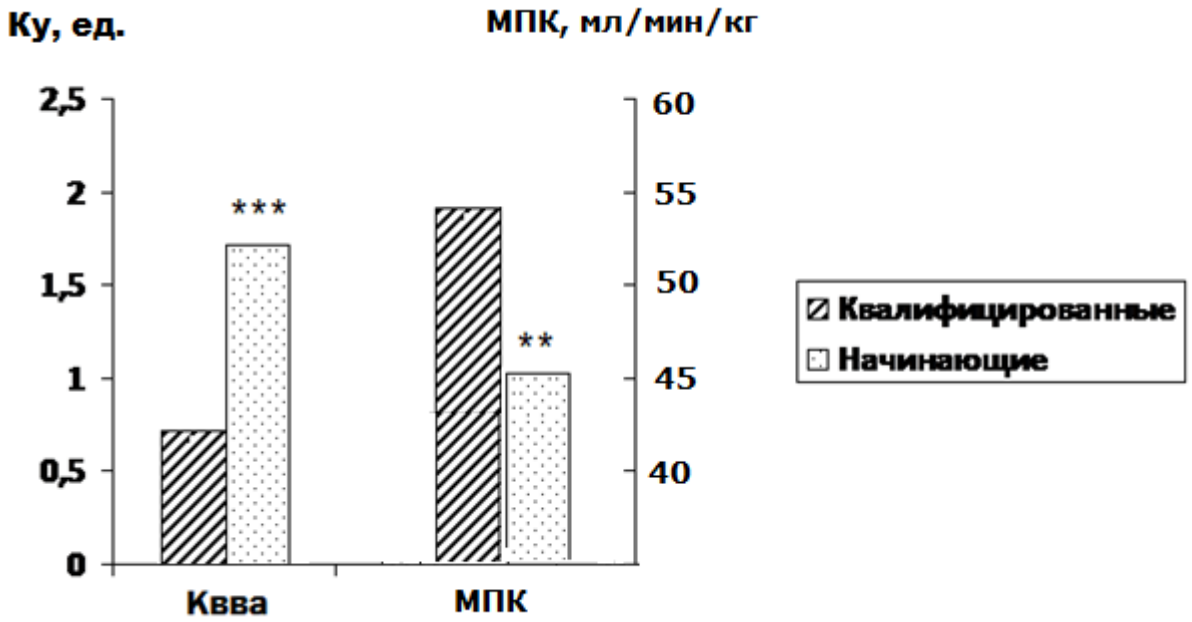


Рисунок 6.1 – Коэффициент устойчивости (Ку) и максимальное потребление кислорода (МПК) у боксёров с разным уровнем квалификации

Как видно из Рисунка 6.1, отражая сниженные резервы приспособления к вестибулярной нагрузке, Ку в группе начинающих спортсменов в два раза превышал данные в группе квалифицированных боксёров (p<0,001). Так же на 19,2 % (p<0,01) у боксёров со стажем значения МПК превышали значения начинающих занимающихся.

Таким образом и энергетический и регуляторный компоненты формируют приспособление боксёров к тренировочным нагрузкам, интегральным показателем которых могут являться механизмы регуляции сердечной деятельности.

На Рисунке 6.2 представлены данные изменения индекса Робинсона, как косвенного критерия напряжения миокарда в покое и в нагрузке у исследованных боксёров.

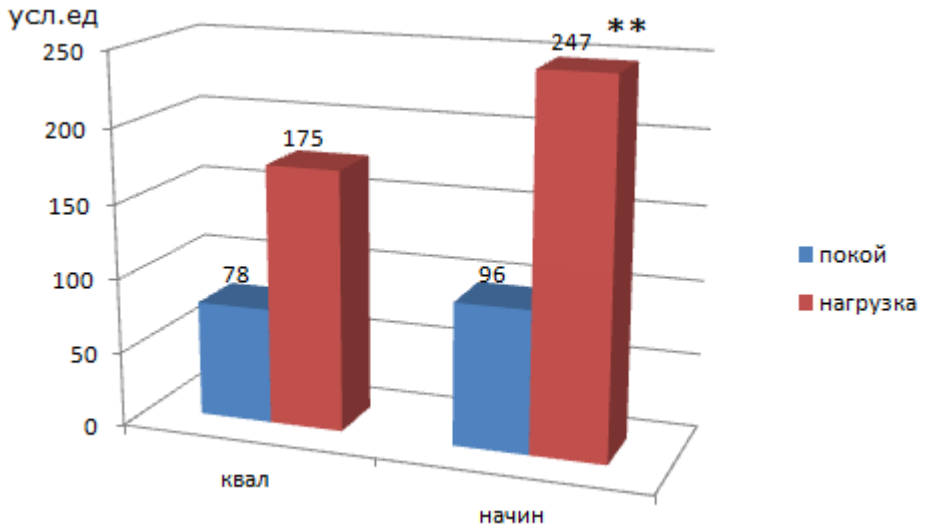


Рисунок 6.2 – Индекс Робинсона у боксёров с разным уровнем квалификации в покое и после нагрузки

Активная реакция сердечно-сосудистой системы на специфическую нагрузку у начинающих боксёров с увеличением двойного произведения более чем в два раза относительно покоя, и превышая на 41,3 % (p<0,01) показатели квалифицированных спортсменов, так же характеризовала сниженный уровень адаптационных резервов.

Для детального сравнительного анализа адаптационных процессов у начинающих и квалифицированных боксёров были сформированы профили показателей, характеризующих регуляторные механизмы частоты сердечных сокращений (ЧСС), симметрии зубца Т (β_T), амплитуды моды (АМо), смещения сегмента ST (смещ. ST), коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF), и уровень парасимпатического регуляторного вклада (HF), при различных условиях – в покое, после вестибулярной нагрузки в покое, на пике нагрузке после 6 спарингов по 2 минуты, после окончании 90 мин тренировки, после вестибулярной нагрузки при утомлении в конце тренировки, и в восстановительном периоде на 6 и на 15 минутах (Таблицы 6.3 – 6.6, Рисунок 6.3 – 6.6).

Таблица 6.3 – Динамика ЧСС при различных условиях у боксёров с разным уровнем квалификации, (x±Sx), n=140

Условия	Кваллифици-рованные	Начинающие	Достоверность
покой	68,2±3,1	77±2,2	-
Вестиб нагрузка покой	69,8±2,1	86,5±2,0	<0,05
пик нагрузки	125,4±3,3	162,3±3,0	<0,001
После тренировки	135,4±2,3	160,3±4,4	<0,001
Вестиб.нагрузка-утомление	90,4±2,6	107,6±2,8	<0,001
Восстановление 6 мин	82,0±3,2	96,5±2,7	-
Восстановление 15 мин	68,6±1,7	75,4±3,0	-

В результате тренировочной деятельности у спортсменов со стажем функционирование сердечнососудистой системы можно охарактеризовать как более экономичное. Так у спортсменов этой группы, при увеличении

физической нагрузки было отмечено более низкие показатели ЧСС, свидетельствующие о более экономичном уровне регулирования при активации хронотропного эффекта

Как известно ишемия миокарда проявляется смещением сегмента ST относительно изолинии и также отражает мощностные резервы миокарда (Таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Динамика смещения ST (мс) при различных условиях у боксёров с разным уровнем квалификации, (x±Sx), n=117

Условия	Кваллифици-рованные	Начинающие	Достоверность
покой	0,0188±0,0101	0,0317±0,0100	-
Вестиб нагрузка покой	0,0140±0,0091	0,0301±0,0100	-
пик нагрузки	-0,0256±0,0098	-0,0928±0,0120	<0,001
После тренировки	-0,0311±0,0115	-0,0541±0,0100	<0,001
Вестиб. нагрузка утомление	-0,025±0,0150	-0,0383±0,0110	<0,01
Восстановление 6 мин	0,0188±0,0081	-0,0255±0,0100	<0,01
Восстановление 15 мин	0,0100±0,0095	-0,0325±0,0100	<0,01

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.

При этом необходимо отметить, что вариабельность ритма сердца в обеспечении гемодинамического гомеостаза, отражая тенденцию подвижности регулируемых параметров и, как следствие уровня адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы, в группах спортсменов с разной квалификацией различалась.

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. Вероятно, более выраженная стабилизация пульса при нагрузке, отражала разбалансировку регуляторных механизмов и централизацию управления, что повышало «цену» адаптации и снижение её эффктивности (Таблица 6.5).

Таблица 6.5 – Динамика АМо при различных условиях у боксёров с разным уровнем квалификации, (x±Sx), n=140

Условия	Кваллифици-рованные	Начинающие	Достоверность
покой	45,28±4,23	38,46±3,21	-
Вестиб нагрузка покой	50,91±2,30	48,86±1,96	-
пик нагрузки	44,79±2,54	55,74±3,42	<0,05
После тренировки	67,01±3,55	71,17±5,32	-
Вестиб.нагрузка утомление	65,48±2,55	59,21±2,45	-
Восстановление 6 мин	47,28±3,31	62,15±3,25	<0,05
Восстановление 15 мин	50,91±2,20	59, 40±2,50	<0,05

При этом, сохранение высоких показателей АМо в востановительном периоде у начинающих, свидетельствовало о снижении подвижности регуляции в обеспечении оптимального адаптационного ответа.

Так же было выявлено, что не оптимальная мобилизация, повышенная реактивность сердечнососудистой системы у не квалифицированных боксёров не позволяла им адекватно адаптироваться к моделируемой вестибулярной и физической нагрузке, что приводило к напряжению механизмов регуляции и нарушению процессов восстановления. Так 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. ($p<0,001$) (Таблица 6.6).

Таблица 6.6 – Динамика LF/HF при различных условиях у боксёров с разным уровнем квалификации, (x±Sx), n=140

Условия	Кваллифици-рованные	Начинающие	Достоверность
покой	1,18±0,50	2,86±0,50	<0,05
Вестиб нагрузка покой	1,61±0,30	4,26±0,40	<0,001
пик нагрузки	7,45±0,50	5,65±0,50	<0,05
После тренировки	10,54±0,50	10,70±0,90	-
Вестиб.нагрузкаутомление	6,91±0,90	5,90±0,50	-
Восстановление 6 мин	3,30±0,50	4,43±0,50	>0,05
Восстановление 15 мин	2,85±0,70	6,18±0,40	<0,001

Централизация управления сердечным ритмом у начинающих спортсменов приводило к нарушению восстановительных процессов системы

кровообращения, что сопровождалось повышенными значениями показателя вагосимпатического баланса относительно боксёров со стажем (p<0,001).

Способность эффективно функционировать и обеспечивать высокий спортивный результат во многом обеспечивается возможностью удерживать гомеостатические параметры в процессе разноплановых тренировочных и соревновательных нагрузок. В таблице 6 представлены результаты динамики высокочастотной компоненты регуляции сердечным ритмом.

Таблица 6.7 – Динамика HF, % при различных условиях у боксёров с разным уровнем квалификации, (x±Sx), n=140

Условия	Кваллифици-рованные	Начинающие	Достоверность
покой	44,2±3,3	12,8±3,5	<0,001
Вестиб нагрузка покой	32,6±2,4	14,2±5,2	<0,05
пик нагрузки	7,1±2,1	5,6±2,3	-
После тренировки	5,2±3,0	10,7±2,1	-
Вестиб.нагрузкаутомление	10,1±1,3	5,9±2,1	-
Восстановление 6 мин	13,3±2,3	4,4±2,2	<0,05
Восстановление 15 мин	12,8±2,1	6,1±1,5	<0,05

Вероятно, именно активность парасимпатического отдела вегетативной регуляции в покое у боксёров со стажем, в три раза большее чем у неквалифицированных боксёров (<0,001), обеспечивало устойчивость функционирования и восстновления. Проявляя трофотропное и протективное действие на сердечно-сосудистую систему, парасимпатическая часть вегетативной регуляции обеспечивала устойчивое функционирование при

физической и вестибулярной нагрузках, а так же быстрое гомеостазирование в восстановительном периоде ($p<0,05$).

Метаболические процессы при обеспечении миокарда кислородом формируют функциональный резерв мощности миокарда для реализации механического сокращения при предъявлении к сердцу дополнительных требований, например, при физической и вестибулярной нагрузках. При этом насосная функция сердца во многом определяет возможность организма адекватно адаптироваться при увеличении нагрузки различной природы, а структурно-функциональное состояние миокарда формирует его инотропную функцию в обеспечении сердечного выброса. Важное значение в этом процессе играет реполяризация желудочков, нарушение которой приводит к электрической неоднородности миокарда и падению сократительной способности, напряжению функционального состояния и снижению адаптационных возможностей.

Высокие показатели в покое и более выраженный рост симметрии волны Т, количественно отражающий степень увеличения напряжения сердечной мышцы, у начинающих боксёров характеризовали сниженные функциональные возможности миокарда (Таблица 6.8).

Показатель β_T показал наибольшую информативность в определении различий в уровне функционального состояния и миокардиальных резервов спортсменов-боксёров. Так, в покое различия β_T между квалифицированными и начинающими боксёрами сотавили 8% ($p<0,05$), после вестибулярной и физической нагрузки более 30% ($p<0,001$) и на 40% ($p<0,001$) в восстановительном периоде.

Таким образом, наше исследование показало, что в обеспечении вегетовестибулярной адаптивности у боксёров с различным стажем спортивной деятельности и уровнем квалификации качественные характеристики функционирования физиологических систем значительно различались.

Таблица 6.8 – Динамика симметрии зубца Т (β_T) при различных условиях у боксёров с разным уровнем квалификации, (x±Sx), n=140

Условия	Кваллифици-рованные	Начинающие	Достоверность
покой	0,68±0,01	0,74±0,02	<0,05
Вестиб нагрузка покой	0,66±0,01	0,76±0,01	<0,001
пик нагрузки	0,95±0,02	1,20±0,02	<0,001
После тренировки	0,86±0,03	1,00±0,01	<0,001
Вестиб.нагрузкаутомление	0,79±0,01	1,10±0,02	<0,001
Восстановление 6 мин	0,69±0,02	0,97±0,01	<0,001
Восстановление 15 мин	0,66±0,01	0,87±0,02	<0,001

Квалифицированные боксёры со стажем, регулярно выполняющие упражнения для совершенствования вестибулярных реакций, и начинающие боксёры проявляют различную степень вегетовестибулярной адаптивности, которой соответствует разный уровень напряжения регуляторных механизмов, что подтверждается достоверной динамикой количественного изменения скорости электрической активности сердца по изучаемым показателям симметричности зубца Т и фазометрическому показателю ФУК - ST.

6.2. Возрастные особенности срочной адаптации к стандартной нагрузке в группах боксёров с разным уровнем квалификации

Во второй серии 4 этапа исследования с применением фазометрических и фазографических исследований были выявлены перестройки в процессе срочной адаптации у спортсменов разных возрастов. Процесс «созревания» структур центральной нервной системы, контролирующих регуляцию

сердечного ритма завершается к возрасту 20 –21 года, что играет важную роль в оптимизации приспособительного ответа. Это явилось критерием разделения контингента обследованных на возрастные группы.

Группа 1К – 18-20 лет (n=35)

Группа 2К – 21-23 лет (n=35)

Группа 1Н – 18-20лет (n=35)

Группа 2Н – 21-23 лет (n=35)

Как известно, при физической нагрузке регуляторные механизмы изменяют режим функционирования: гомеостатическое переходит в гетеростатический режим регуляции сердечно-сосудистой системы. Такой «двухпозиционный» [3, 155, 164] контур регулирования формирует необходимое гомеостазирование при мышечной работе. С одной стороны, при гетеростатическом регулировании механизмы поддержания гомеостазиса тормозятся, а функция сердечной мышцы контролируется сложной нейрорегуляторной системой и механизмами саморегуляции.

С другой стороны, как в покое, так и при нагрузке, изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) связано с динамикой фаз циклов сердца, которые отражают процессы электрогенеза. Важно отметить, что продолжительность отдельных фаз на изменения ЧСС реагируют различно. Поэтому анализ изменений длительности отдельных фаз сердечного цикла информативен и свидетельствует об ухудшении качества регуляции сердечных сокращений. Взаимосвязь между длительностью интервала QT и ЧСС диапазоне от 60 до 90 уд./мин обеспечивают сопоставимые результаты и являются взаимозаменяемыми. Напротив, при количественной оценке фаз, не связанных с ЧСС, (например, фазы асинхронного сокращения), нет возможности характеризовать кардиодинамические сдвиги и механизмы при изменении ЧСС.

В работе был предложен подход с выделением пяти типов реакций, характеризующий регуляторные механизмы сердечной деятельности в переходных процессах. Качественный анализ индивидуальных особенностей

динамики изменения показателей ЭКГ можно свести к анализу регуляторных паттернов (РП) с применением показателей ФУК, построенных для конкретного спортсмена или пациента при выполнении дозированной физической нагрузки (выполнение пробы Мартинэ).

Показатели определялись в три момента времени: состояние покоя $x_i^{(1)}$, сразу после физической нагрузки (20 глубоких приседаний за 30 с) $x_i^{(2)}$ и после 3-минутного отдыха $x_i^{(3)}$, $i = 1,...,N$ (Рисунок 6.3).

На основании измеренных значений $x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, x_i^{(3)}$ для каждого тестируемого определялся класс регуляторного паттерна, характеризующего динамику изменениия i-го показателя под нагрузкой и в период реституции.

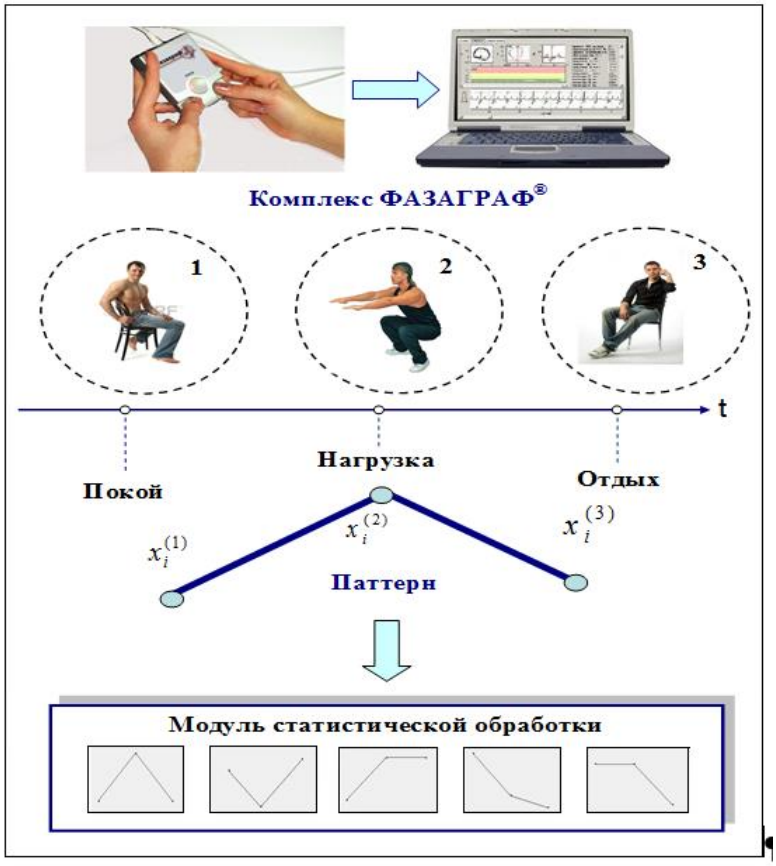


Рисунок 6.3 – Схема выполнения исследований адаптационных модификаций с построением регуляторных паттернов по параметрам фазового усреднённого кардиоцикла

Классы паттернов автоматически определялись последовательной проверкой логических условий [155] (1–5):

класс 1 «**Максимум**», если

$$(x_i^{(2)} - x_i^{(1)}) > h_i \ \wedge \ (x_i^{(2)} - x_i^{(3)}) > h_i, \tag{1}$$

класс 2 «**Минимум**», если

$$(x_i^{(1)} - x_i^{(2)}) > h_i \ \wedge \ (x_i^{(3)} - x_i^{(2)}) > h_i, \tag{2}$$

класс 3 «**Возрастание**», если

$$(x_i^{(2)} - x_i^{(1)}) > h_i \vee (x_i^{(3)} - x_i^{(2)}) > h_i \vee (x_i^{(3)} - x_i^{(1)}) > h_i, \tag{3}$$

класс 4 «**Убывание**», если

$$(x_i^{(1)} - x_i^{(2)}) > h_i \vee (x_i^{(2)} - x_i^{(3)}) > h_i \vee (x_i^{(1)} - x_i^{(3)}) > h_i, \tag{4}$$

класс 5 «**Постоянная**», если соотношения (1)-(4) не выполняются, (5)

где h_i – пороговая величина (настраиваемый параметр алгоритма)».

Условия (1) – (5) позволяют однозначно определить принадлежность паттерна определенному классу (Рисунок 6.4).

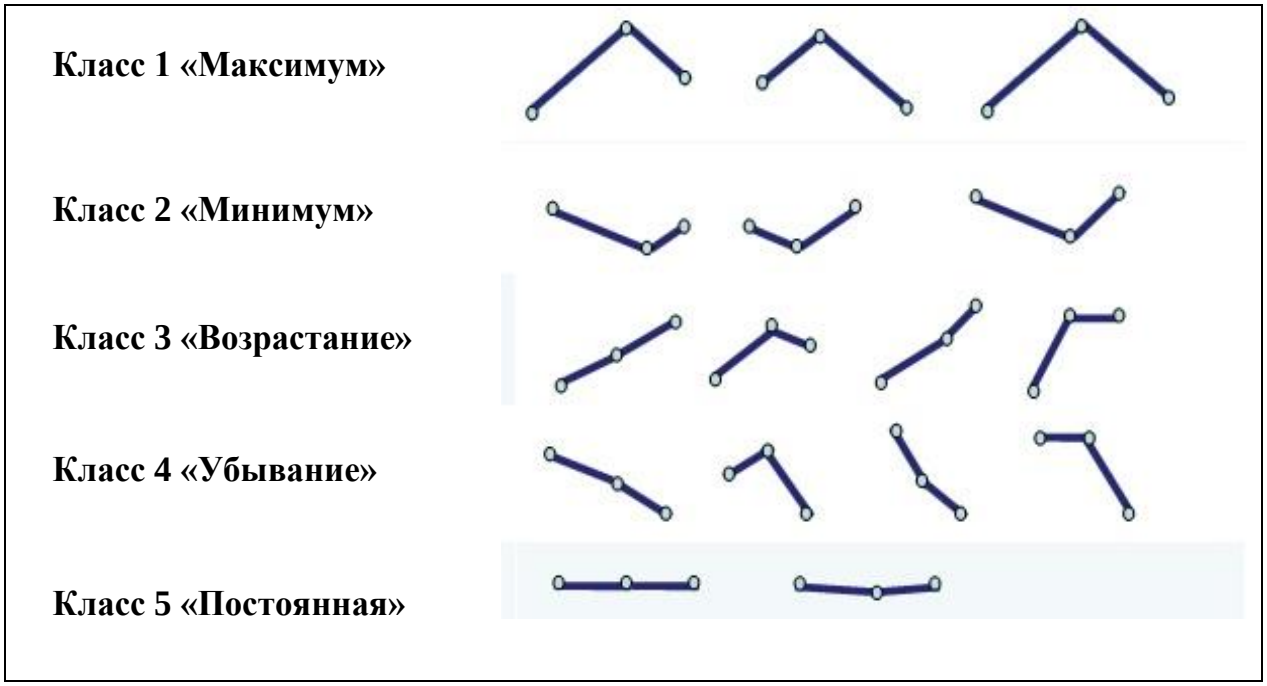


Рисунок 6.4 – Варианты формы классов регуляторных паттернов

Паттерны «Максимум» и «Минимум» характеризуют ситуацию, в которой значение показателя сразу после физической нагрузки возросло (снизилось), а в период реституции более или менее вернулось к значению в состоянии покоя. Такие паттерны физиологичны для адекватной реакции организма на нагрузку и отдых после неё. Паттерны «Возрастание» и «Убывание» описывают показатели, значение которых после отдыха является большим (меньшим) его значения в состоянии покоя и характеризуют динамику на возрастание (уменьшение) значения в ходе исследования. Паттерн «Постоянная» описывает отсутствие видимой динамики в значениях показателей независимо от нагрузки. Три последних класса регуляторных паттернов являются атипичными для реакции организма на нагрузку и отдых после неё.

Изучались показатели ФУК: ЧСС (уд./мин), амплитуды зубцов P, R, T (A_P, A_R, A_T (мВ)), продолжительности зубцов Q, P, T, R (Δ_Q, Δ_P, Δ_T, Δ_R (мс)) и продолжительности интервалов PQ, QT, QRS (Δ_{PQ}, Δ_{QT}, Δ_{QRS} (мс)).

Интервал QT_C автоматически рассчитывался по формуле Базетта.

С помощью дополнительного программного модуля статистической обработки оценивались частоты появления регуляторных паттернов каждого типа в группах. Оценка достоверности отличий этих частот проводилась по стандартной методике вычисления доверительных интервалов при заданной надежности вывода.

Как видно из Таблицы 6.9, долговременная адаптация спортсменов первой и второй возрастных групп проявлялась урежением ЧСС в покое на фоне снижения централизации управления. При анализе спектральных характеристик вариабельности сердечного ритма доминирование высокочастотного вклада в регуляторные механизмы в восстановительном периоде у спортсменов 1-й возрастной группы по показателю вагосимпатического баланса, сниженного на 32,6% ($p < 0,05$) относительно

показателей начинающих спортсменов группы **1Н**, свидетельствовало об их трофотропной и саморегуляционной направленности.

Таблица 6.9 – Показатели эффективности регуляции сердечной деятельности исследованных разного возраста с различным уровнем адаптационных резервов при различных условиях, (M± Sx), n=140

В	Показатели	Г	Условия			Достоверность		
			покой (1)	нагрузка (2)	восстановление (3)	1–2	1–3	2–3
1	ЧСС, уд./мин	1Н	75,8±1,6	94,1±2,6	81,0±2,1	< 0,001	< 0,001	< 0,05
		1 К	70,2±1,6**	78,1±3,0***	73,0±2,7**	–	–	–
	ИН, усл. ед.	1 Н	71,17±10,4	95,8±21,8	149,2±32,8	–	< 0,05	–
		1 К	42,6±7,8*	39,5±13,2*	76,1±17,6*	–	–	–
	LF/HF, ед.	1 Н	2,1±0,2	1,25±0,19	1,87±0,20	< 0,01	–	< 0,05
		1 К	1,5±0,3	1,05±0,25	1,28±0,18*	–	–	–
2	ЧСС, уд./мин	2 Н	73,3±1,6	92,4±3,0	81,3±2,4	< 0,001	< 0,01	< 0,01
		2К	67,4±2,2*	81,3±2,9**	70,1±2,8**	< 0,001	–	–
	ИН, усл. ед.	2 Н	58,1±5,8	95,3±16,0	145,7±21,5	< 0,05	< 0,001	–
		2 К	49,1±9,8	37,6±9,9**	55,4±9,0***	–	–	–
	LF/HF, ед.	2 Н	1,8±0,2	1,38±0,21	1,82±0,46	–	–	–
		2 К	1,8±0,4	1,32±0,32	1,71±0,86	–	–	–

Примечания: различия достоверны между показателями в разных группах на уровне * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$; В –возрастная группа 1 – 18-20 лет; возрастная группа 2 – 21-23года Г – группа в зависимости от уровня адаптационных резервов: Н – начинающие (МПК ≤ 42 мл/мин/кг), $А^8$ – квалифицированные спортсмены (МПК ≥ 55,1 ± 1,1 мл/мин/кг).

Сочетание механизмов автономной и центральной регуляции определяет степень оптимальности как функционирования, так и управления процессами приспособления. Было выявлено, что у спортсменов при не различающихся показателях ЧСС, ИН и вагосимпатического баланса в покое, после физической нагрузки и в восстановительном периоде существуют различия в степени

напряжения механизмов регуляции по снижению значения показателя ИН в среднем на 25,5% (p< 0,05) в группе 2, в которую вошли спортсмены 21–23 лет.

При этом как в группе 1, так и в группе 2 у спортсменов ИН оставался стабильным, а в обеих возрастных группах неспортсменов был выявлен рост этого показателя в восстановительном периоде в два раза (p<0,05) в первой группе и в 2,5 раза (p<0,001) во второй группе. Очевидно, что различия регуляции ССС в процессе краткосрочной адаптации в группах юношей с учётом возрастных особенностей и уровня адаптационных резервов соотносились с динамикой распространения электрического импульса в миокарде. Адаптационные модификации прохождения электрического импульса по сердечной мышце как в покое, так и в процессе кратковременной адаптации у спортсменов характеризовались в первой возрастной группе большими значениями амплитуд зубцов P и T, интервалов PQ и QT как после нагрузки, так и в восстановительном периоде (Таблица 6.10, Рисунок 6.5).

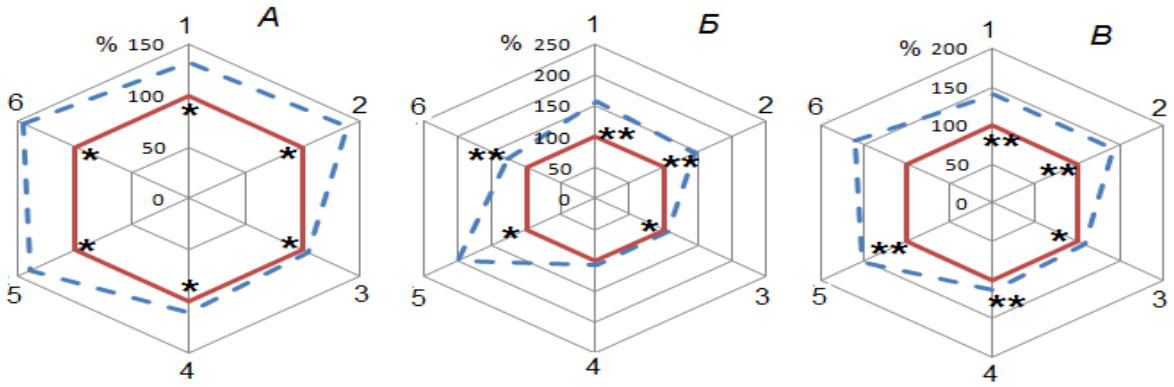


Рисунок 6.5 − Профили различий средних значений фазометрических показателей ЭКГ в возрастной группе 1 (18-20лет)

Примечания: сплошная линия – Группа 1К, пунктирная – Группа 1Н; А – покой, Б – физ. нагрузка, В – восстановление;1 –*Ap*; 2 – A_T ; 3 –Δ_{QT}; 4 –Δ_{PQ}; 5 –S_{PR}; 6 –S_{TR}; различия достоверны на уровне * – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001

При сравнении показателей, исследованных с различным уровнем адаптационных резервов соотношения площадей зубцов T и R (S_{TR}) и P и R (S_{PR}), были значительно выше в группе спортсменов, что вероятно

характеризовало особенности электрогенеза и саморегуляции спортивного сердца.

Таблица 6.10 – 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	1К	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
Достоверность		-	p < 0,05	-
Продолж. T, с	1К	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
Достоверность		p < 0,05	-	p < 0,01
Интервал PQ, с	1К	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
Достоверность		p < 0,05	-	p < 0,01
Интервал QT, с	1К	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
Достоверность		p < 0,05	p < 0,01	-
QTc, с	1К	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
Достоверность		-	-	
QRS, с	1К	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
Достоверность		-	-	-

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

Во второй возрастной группе у спортсменов были выявлены увеличенные значения продолжительности зубца P, амплитуды T на фоне укорочения R и интервала QRS (Таблица 6.11, Рисунок 6.6).

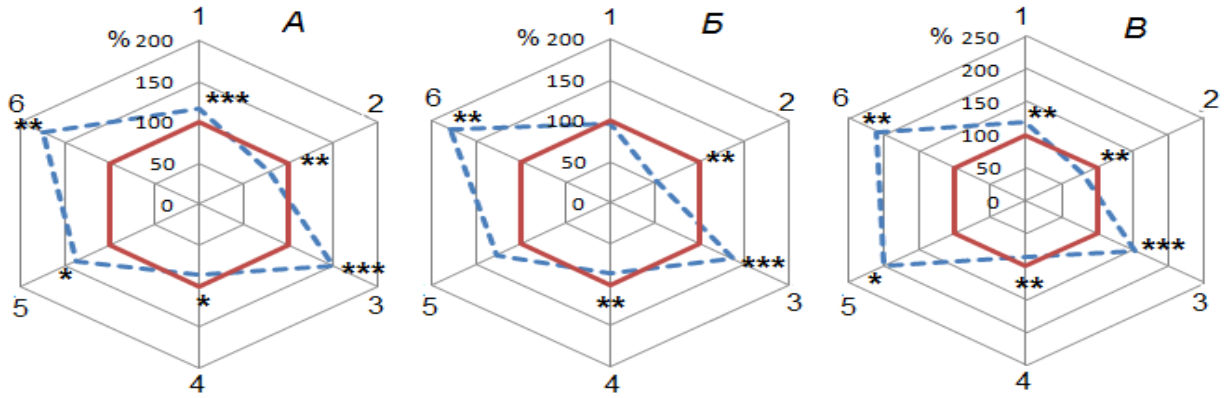


Рисунок 6.6 − Профили различий средних значений фазометрических показателей ЭКГ в возрастной группе 2 (21-23 лет)

Примечания: сплошная линия – Группа 2Б[8], пунктирная – Группа 2А[8]; А – покой, Б – физ. нагрузка, В – восстановление;1 – A_P; 2 – A_T; 3 –Δ_{QT}; 4 –Δ_{PQ}; 5 –S_{PR}; 6 –S_{TR}; различия достоверны на уровне * – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001

Количественная оценка адаптационных особенностей исследованных была дополнена новыми информативными данными на основе качественного анализа системной реакции по РП (Таблицы 6.12, 6.13).

Полученные результаты подтвердили достоверные отличия вероятностей их появления характерных РП в группах. Такие отличия для лиц с разным уровнем адаптационных резервов главным образом относились к РП, несущих информацию о временных характеристиках (интервалах Δ_P, Δ_T, Δ_{QRS}), причем более выражено такие отличия наблюдались в старшей возрастной группе, что указывало на значимость процесса созревания управляющих структур различных отделов нервной системы.

Таблица 6.11 – Показатели ФУК исследованных 21-23 лет с разным уровнем адаптационных резервов при различных условиях (M± Sx), n=70

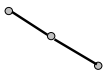
Показатели	Группа	Условия		
		покой	нагрузка	восстановление
Продолж. P, с	2К	0,113±0,004	0,088±0,006	0,102±0,004
	2Н	0,096±0,004	0,090±0,003	0,085±0,004
Достоверность		p < 0,001	-	p < 0,01
Продолж. T, с	2К	0,283±0,005	0,264±0,010	0,283±0,007
	2Н	0,238±0,008	0,223±0,006	0,224±0,011
Достоверность		p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001
Интервал PQ, с	2К	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
Достоверность		-	-	-
Интервал QT, с	2К	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
Достоверность		-	-	-
QTc, с	2К	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
Достоверность		-	-	-
QRS, с	2К	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
Достоверность		p < 0,01	p < 0,01	p < 0,01

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

Другими словами, использование «временного» ресурса в механизмах адаптационных модификаций при адаптации к физической нагрузке, являлось резервом приспособления к изменяющимся условиям внешней среды.

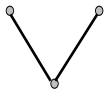
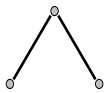
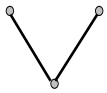
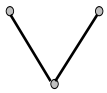
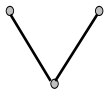
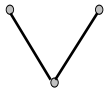
Так, в обеих возрастных группах при выполнении нагрузки на фоне отсутствия достоверного изменения ЧСС наблюдались достоверные различия вероятностей появления РП, характеризующих время прохождения возбуждения по предсердиям и атриовентрикулярному соединению (укорочение продолжительности зубца P и сегмента PQ), у спортсменов и не спортсменов.

Таблица 6.12 − Достоверные отличия ($p < 0,05$) распределений паттернов в группах лиц 18-20 лет

Показатели	Тип регуляторного паттерна	Оценка вероятности*	
		Группа 1К	Группа 1Н
ΔP	«Убывание» 	$0,5 \pm 0,12$	$0,214 \pm 0,07$
ΔT	«Минимум»	$0,737 \pm 0,1$	$0,457 \pm 0,08$
	«Убывание»	$0,053 \pm 0,05$	$0,257 \pm 0,07$
ΔQRS	«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 6.13 – 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: Оценка достоверности отличий частот появления регуляторных паттернов каждого типа в группах проводилась по стандартной методике вычисления доверительных интервалов при заданной надежности вывода

Как известно, вагусные и симпатические влияния модулируют электрофизиологические характеристики предсердных клеток (длительность потенциала действия, рефрактерность и скорость проводимости), а стимуляция парасимпатической нервной системы способствует сокращению продолжительности потенциала действия (и эффективного рефрактерного периода) в миоцитах предсердий и легочных вен.

На фоне стимуляции симпатической нервной системы отмечаются увеличение внутриклеточной концентрации ионов кальция и повышение автоматизма кардиомиоцитов.

При таком значительном влиянии вегетативной нервной системы ее влияние на функционирование миокарда можно косвенно оценивать по данным ВСР. Однако механизмы саморегуляции сердечной мышцы в виде взаимодействующих нейронов, обеспечивающих межнейрональную взаимосвязь внутри и вне ганглионарного сплетения, отражены в таком анализе в меньшей степени. В этой связи РП позволили выявить особенности стадийного функционального системного «обучения» в процессе долговременной адаптации.

Так, у спортсменов младшей возрастной группы 1К РП «Убывание» характеризовал преобладание у исследованных укорочение значения продолжительности волны Р в восстановительном периоде, а в старшей группе 2К в восстановительном периоде уже наблюдалось восстановление значений Р до исходных состояний с проявлением РП «Минимум».

Следовательно, совершенствование регуляции в процессе тренировочной деятельности и возрастного созревания позволяло формировать устойчивый ответ в виде изученных РП с достоверной вероятностью вышеописанной динамики продолжительности зубца Р у обследованных спортсменов с высоким уровнем адаптационных резервов сердечной деятельности разного возраста.

Особый интерес представила динамика атриовентрикулярной проводимости в виде РП Δ_{PQ} в условиях гетеростатического типа

регулирования у юношей обследованных групп с уровнем адаптационных резервов сердечной деятельности разного возраста. Интервал PQ, отражая продолжительность проведения импульса возбуждения по предсердиям, атриовентрикулярному узлу, пучку Гиса до желудочков, обеспечивает точное согласование между сокращением предсердий и желудочков, благодаря которому осуществляется последовательность их сокращения.

Наряду с этим скорость распространения возбуждения по миокарду и проводящей системе не одинакова. Так импульс с высокой скоростью распространяется по предсердиям и проводящей системе желудочков, а в атриовентрикулярном же узле скорость оказывается значительно сниженной, отражаясь на ЭКГ сегментом PQ, длительность которого является критерием адаптивности саморегуляционных механизмов сердца.

В этой связи РП Δ_{PQ} «Минимум» в сочетании с РП Δ_P «Минимум», с наибольшей вероятностью зафиксированные у юношей-спортсменов возрастной группы 2К, при выполнении нагрузки обеспечивал рост длительности сегмента PQ в среднем на 7,1% ($p < 0,01$) относительно юношей-неспортсменов 2К (Рисунок 6.7).

Как известно, с позиции риска развития внутрисердечного гемодинамического конфликта и возможности сердца к выполнению нагрузок ведущим показателем является не укорочение интервала PQ, а укорочение-исчезновение *сегмента* PQ.

Из Рисунка 6.7 видно, что в возрастной группе 1 в восстановительном периоде среднегрупповое значение продолжительности сегмента PQ на 3,5% ($p<0,05$) выше в группе спортсменов, что также соответствовало укорочению продолжительности зубца P с формированием РП Δ_P «Минимум». Следовательно, оптимизация кардиодинамической регуляции при переходе на гетеростатическое управление проявляется в укорочении интервала PQ за счёт укорочения продолжительности волны P на фоне уменьшения центрального

тонуса блуждающего нерва, что информативно показывают особенности РП у спортсменов.

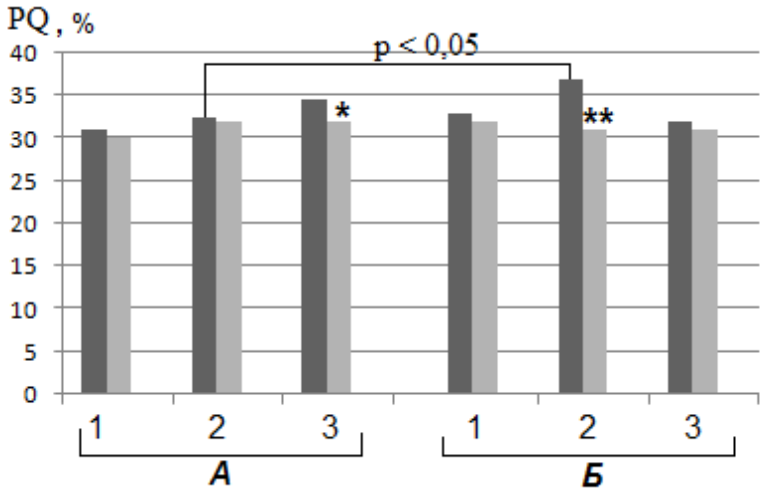


Рисунок 6.7 − Динамика сегмента PQ в группах квалифицированных спортсменов-боксёров и группах начинающих боксёров различных возрастных группах

Примечания: 1 – покой, 2 – нагрузка, 3 – восстановительный период

При анализе динамики интервала QT ФУК, потенциально опасные изменения в виде его увеличения-укорочения не выявлены ни у одного обследованного. Среднее значение в группе спортсменов при всех условиях превышало значения здоровых начинающих физкультурников только в первой возрастной группе: в покое 0,372 ± 0,005 с против 0,390±0,007 с, ($p<0,05$); после нагрузки 0,352 ± 0,006 с против 0,354 ± 0,008 с, ($p<0,05$); в восстановительном периоде 0,377±0,006 против 0,396 ± 0,007, ($p<0,05$) в группе 1 и группе 2 соответственно. Нивелирование разницы между группами с увеличением возраста при переходе на другой режим регулирования, вероятно, связано с созреванием центральных регуляторных структур и формированием более адекватных механизмов регуляции сердечной деятельности у юношей 21–23 лет, независимо от уровня тренированности.

Однако в рамках функциональной нормы количественных значений интервала QT, как электрофизиологического параметра деятельности сердца, отражающего структурное и функциональное состояние миокарда, непосредственно – электрическую систолу, с увеличением возраста были выявлены различия в качественных характеристиках регуляторных реакций. Так, паттерны «Возрастание» и «Постоянная» в группе 2 у спортсменов достоверно проявлялись с большей вероятностью, чем в группе юношей-неспортсменов, для которых был характерен паттерн «Минимум». При этом преобладающее укорочение этого интервала при данной нагрузке у здоровых, но начинающих физкультурников сопровождалось дисперсией его значений на 12-канальной ЭКГ после нагрузки.

Так, показатели дисперсии QT у спортсменов на 24,5% ($p<0,05$) от исходного уровня были зафиксированы ниже, чем у юношей, не занимающихся спортом, и не превышали 0,028 с. В восстановительном периоде дисперсия QT у спортсменов в отличие от начинающих физкультурников возвращалась к исходным значениям. Как известно, абсолютная продолжительность интервала QT в покое и в периоде врабатывания выше у спортсменов вследствие брадикардии, формирования «рабочей» гипертрофии миокарда и, как результат, замедленной реполяризации.

При анализе QTc у всех обследованных, как занимающихся, так и не занимающихся спортом, различий в покое не выявлено. При этом после выполнения 20 приседаний, что можно считать незначительной нагрузкой с соответствием периоду врабатывания, возрастная группа 2 характеризовалась увеличением продолжительности электрической систолы в среднем на 5,1% ($p<0,05$) на фоне учащения ЧСС в среднем на 20,1% ($p<0,05$).

Вышеописанный анализ динамики оптимизации саморегуляции сердца с увеличением резервов в процессе долговременной адаптации можно дополнить качественным анализом с использованием РП. Так, спортсменам группы 2 с

наибольшей достоверной вероятностью соответствовали паттерны Δ_{QT} типов «Постоянная» и «Возрастание», а неспортсменам – «Минимум».

Дополнительно тенденция роста QTc в восстановительном периоде у спортсменов, выраженная РП Δ_{QT} «Возрастание», характеризовала повышение риска возникновения патологических состояний. Как известно, длительность QTc в периоде раннего восстановления после нагрузки свыше 480 мс у взрослых является дополнительным диагностическим критерием синдрома удлинённого интервала (СУИ) QT.

Таким образом, в результате длительной адаптации и формирования «структурного следа» сердечно-сосудистая система у спортсменов группы 2 обеспечивала функционирование в переходных периодах на более экономичном и надёжном уровне, вероятно, за счёт своевременного включения механизмов саморегуляции сердца. Такие приспособительные изменения обеспечивали увеличение периода изгнания в обеспечении УО, а неукорочение этого периода, как это имеет место при центральной регуляции сердечного ритма.

Напротив, в аналогичной возрастной группе начинающих физкультурников на фоне значительного прироста ЧСС в среднем на 19 ударов в минуту ($p<0,001$) при выполнении 20 приседаний укорочение QTc с 0,422±0,004 до 0,408 ±0,005 ($p<0,05$) отражало адекватную реакцию на нагрузку, но которая являлась достаточной для включения центральных механизмов управления. Как видно, более узкий коридор адаптации к интенсивности физической нагрузки саморегуляторных механизмов нетренированного сердца сказывался на процессах электрогенеза миокарда.

Дифференцированный анализ выявления генеза изменения длительности электрической систолы при её реакции на нагрузку также возможно провести с использованием оценки РП. При оценке Δ_{Q} у спортсменов преобладал РП «Максимум», а у неспортсменов – «Возрастание». Начало фазы асинхронного сокращения и возбуждение межжелудочковой перегородки приводят к

формированию на кривой ЭКГ зубца Q, что принято относить к электрической деполяризации или систоле желудочков.

Этот процесс определялся индивидуальными особенностями обмена веществ в миокарде, регулирующего скорость распространения деполяризации и величину электромеханической латентности в каждом сократительном элементе. Исходя из этих позиций, преобладание РП Δ_Q «Возрастание» у неспортсменов указывало на ухудшение обменных процессов, в том числе электролитного дисбаланса, что не позволяло в восстановительном периоде приводить показатели в исходное состояние, а в конечном итоге могло явиться лимитирующим фактором, приводящим к СУИ QT, как у спортсменов так и у не занимающихся спортом юношей.

В этой связи высокая степень корреляции показателя симметрии зубца Т β_T и QTc (QTc- β_T) у спортсменов в покое r=0,58(p<0,05) и в восстановительном периоде r=0,69(p<0,001) отражала значимость роста β_T в увеличение риска удлинения QT (Таблица 6.14).

Таблица 6.14 − Показатель симметрии зубца Т (β_T) и коэффициенты ранговой корреляции QTc-β_T в группах с различным уровнем адаптационных резервов

Группа		Показатели	Условия			Достоверность		
			Покой (1)	Нагрузка (2)	Восстановление(3)	1–2	1–3	2–3
1	1Н	β_T	0,74±0,01	0,86±0,02	0,77±0,03	< 0,001	–	< 0,05
		QTc- β_T	–	–	–			
	1К	β_T	0,68±0,03	0,79±0,02**	0,72±0,02	< 0,05	–	< 0,05
		QTc- β_T	0,58*	–	0,69***			
2	1Н	β_T	0,71±0,01	0,89±0,02	0,82±0,02	< 0,001	< 0,05	< 0,01
		QTc- β_T						
	1К	β_T	0,67±0,02	0,77±0,05**	0,65±0,04**	–	–	–
		QTc- β_T	0,55**	–	–			

Примечания: достоверность на уровне * – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001;

Это связано со снижением функциональных резервов при перетренированности и утомлении [155], и приводило к увеличению симметрии зубца Т, а РП β_T «Возрастание» соответствовал с большей степенью достоверности неспортсменам при укорочении зубца Т на нагрузке с проявлением РП Δ_T «Минимум». Рост β_T осуществлялась за счёт сокращения фазы медленной реполяризации или фазы плато, укорочение которой менее чем в половину доли систолы приводило к падению сократительной функции миокарда.

В первой и второй возрастных группах у начинающих спортсменов показатель β_T при проводимой нагрузке достоверно увеличивается – на 16,2 ± 0,5% ($p<0,001$) и на 25,3 ± 0,7% ($p<0,001$) соответственно.

У спортсменов группы 1 увеличение β_T зафиксировано в меньшей степени – на 11,1 ± 0,3% ($p < 0,05$), а во второй группе изменения не выявлены.

При сравнении внутри группы 1 у спортсменов рост β_T в среднем на 0,07 мс ($p< 0,01$) меньше, чем у начинающих, а в группе 2 – на 0,012 мс ($p<0,01$). В группе спортсменов этот показатель, в отличие от группы начинающих, приходил в исходное состояние.

Следовательно, фазометрические показатели кардиосигнала позволили выявить, что адаптационные модификации прохождения электрического импульса по сердечной мышце как в покое, так и в процессе кратковременной адаптации у спортсменов различались в двух возрастных группах.

Таким образом, регуляторные паттерны изменения фазометрических показателей кардиосигнала позволили выявить особенности стадийного функционального системного «обучения» [155] в процессе долговременной адаптации.

Отличия для лиц с разными адаптационными резервами (по показалю МПК) относились к РП, несущим информацию о временных характеристиках (интервалах $\Delta_P, \Delta_T, \Delta_{QRS}$). Более выражены такие особенности были в

старшей возрастной группе. Этот факт указывал на значимость процесса «созревания» управляющих структур различных отделов нервной системы.

Качественный анализ РП, полученных на основе фазометрических показателей ФУК, с применением кратковременной пробы с физической нагрузкой (20 приседаний за 30 сек), может использоваться как важный дополнительный признак оценки адаптационных резервов организма и уровня его тренированности в восстановительной и спортивной медицине.

Выводы по главе:

1. Коэффициент устойчивости (Ку) в группе начинающих спортсменов в два раза превышал данные в группе квалифицированных боксёров (<0,001), а значения МПК на 19,2 % (<0,01) у боксёров со стажем превышали значения начинающих занимающихся.

2. 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 квалифицированных спортсменов, так же характеризовала сниженный уровень адаптационных резервов в группе начинающих боксёров.

3. 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. ($p<0,001$)

4. Квалифицированные боксёры со стажем, регулярно выполняющие упражнения для совершенствования вестибулярных реакций, и начинающие

боксёры проявляют различную степень вегетовестибулярной адаптивности, которой соответствует разный уровень напряжения регуляторных механизмов, что подтверждается достоверной динамикой количественного изменения скорости электрической активности сердца по изучаемым показателям симметричности зубца Т и фазометрическому показателю ФУК – ST.

5. 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.

6. Показатель β_T показал наибольшую информативность в определении различий в уровне функционального состояния и миокардиальных резервов спортсменов-боксёров. Так, в покое различия β_T между квалифицированными и начинающими боксёрами сотавили 8% ($p<0,05$), после вестибулярной и физической нагрузки более 30% ($p<0,001$) и на 40% ($p<0,001$) в восстановительном периоде.

7. Корреляция показателя симметрии зубца Т βТ и QTc 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 увеличение риска удлинения QT.

8. В первой и второй возрастных группах у начинающих спортсменов показатель β_T при проводимой нагрузке достоверно увеличивается – на 16,2 ± 0,5% ($p<0,001$) и на 25,3 ± 0,7% ($p<0,001$) соответственно.

9. У спортсменов группы 1 увеличение β_T зафиксировано в меньшей степени – на 11,1 ± 0,3% ($p<0,05$), а во второй группе изменения не выявлены.

10. При сравнении внутри группы 1 у спортсменов рост β_T в среднем на 0,07 мс ($p<0,01$) меньше, чем у начинающих, а в группе 2 – на 0,012 мс ($p<0,01$). В группе спортсменов этот показатель, в отличие от группы начинающих, приходил в исходное состояние.

11. Высокая степень корреляции показателя симметрии зубца Т β_T и QTc (QTc- β_T) у спортсменов в покое $r=0,58$($p<0,05$) и в восстановительном периоде $r=0,69$($p<0,001$) отражала значимость роста β_T в увеличение риска удлинения QT.

12. Фазометрические показатели кардиосигнала позволили выявить, что адаптационные модификации прохождения электрического импульса по сердечной мышце как в покое, так и в процессе кратковременной адаптации у спортсменов различались в двух возрастных группах, отражая особенности стадийного функционального системного «обучения» в процессе адаптации. Отличия для лиц с разными адаптационными резервами относились к РП, несущим информацию о временных характеристиках (интервалах $\Delta_P, \Delta_T, \Delta_{QRS}$). Более выражены такие особенности были в старшей возрастной группе. Этот факт указывал на значимость процесса «созревания» управляющих структур различных отделов нервной системы.

13. Качественный анализ РП, полученных на основе фазометрических показателей ФУК, с применением кратковременной пробы с физической нагрузкой (20 приседаний за 30 сек), может использоваться как важный дополнительный признак оценки адаптационных резервов организма и уровня его тренированности в восстановительной и спортивной медицине.

ГЛАВА VII

ОЦЕНКА РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА РЕСПИРАТОРНОГО ТРЕНИНГА У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАЗОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

(результаты собственных исследований)

Постоянное психофизическое напряжение у спортсменов приводит к срыву адаптации и развитию целого ряда заболеваний. При этом в организме происходят определенные физиологические сдвиги, в том числе и в системе внешнего дыхания: увеличиваются частота дыхания, минутный объем дыхания, а так же наблюдается избыточная реактивность легочной вентиляции в состоянии относительного покоя. В этой связи остро стоит необходимость проведения своевременной диагностики и коррекции подобных состояний с целью профилактики их прогрессирования и последующего перехода в конкретное заболевание.

С этой целью в рамках **5 этапа** исследования в группе квалифицированных спортсменов (спортсмены игровых видов спорта (n=100), единоборцы (n=100)) 19-22 лет в переходном периоде годичного цикла тренировочного процесса были определены межгрупповые различия функциональных резервов кардиореспираторной системы у юношей с различным типом дыхания с определением уровня миокардиального резерва по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца.

Для эффективной коррекции данных состояний крайне важно учитывать тип легочной вентиляции. Принято выделять: гипо-, нормо-, и гипервентиляцию. Гиповентиляция всегда сопровождается уменьшением p_AO_2

и задержкой CO_2 при дыхании атмосферным воздухом, т.е. развивается гиперкапния и респираторный ацидоз. Гипервентиляционные расстройства приводят к повышению p_AO_2 в альвеолярном воздухе и уменьшению напряжения в ней CO_2, т.е. приводит к формированию гипокапнии и респираторного алкалоза.

Были выявлены особенности типов дыхания по процентному содержанию углекислого газа в последней фракции выдыхаемого воздуха (Таблица 7.1).

Таблица 7.1 − Распределение типов дыхания у квалифицированных спортсменов и показатель симметричности зубца Т (β_T)

	Спортсмены игровых видов спорта(n=100)		Единоборцы (n=100)		Достоверность
Тип дыхания	Кол-во,% (4)	β_T, ед. (5)	Кол-во, % (6)	β_T, ед. (7)	
Нормокапния (1)	65	0,58±0,01	52	0,63±0,01	5-7 (<0,01)
Гипокапния (2)	25	0,71±0,01	26	0,74±0,02	-
Гиперкапния (3)	10	0,69±0,03	22	0,73±0,04	4-6 (<0,05)
Достоверность	1-2 (<0,01) 1-3 (<0,001)	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,01)	1-2 (<0,05) 1-3 (<0,01)	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,001)	

Примечания: * достоверность относительно покоя

Различий в группах спортсменов игровых видов спорта и единоборцев по распределению гипокапнического и нормокапнического типа не выявленно. 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.

Однако значительную информативность при различении функциональных резервов 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 о направленности тренировочного процесса. Так снижение миокардиальных резервов 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 функциональных резервов миокарда по β_T составил 17% ($p<0,001$), с гиперкапнией – 15% ($p<0,001$).

Такая диагностическая информативность в определении типа дыхания дало основание для суждения о взаимосвязи величиной напряжения CO_2 в последней фракции выдвхаемого воздуха и уровнем работоспособности и потребления кислорода.

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 (Рисунок 7.1, *1*).

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 (Рисунок 7.1, *2*): в группе с нормокапнией г=0,71 ($p<0,001$), с гипокапнией г=0,71 ($p<0,01$), с гиперкапнией г=0,77 ($p<0,001$).

Как правило, лица с гипокапническим типом вентиляции обладали низкими показателями физической работоспособности, и показатели МПК/кг не превышали значений 48 мл/мин/кг.

Таким образом, дисбаланс вентиляционного контроля со сниженными параметрами максимального потребления кислорода и гемодинамики, позволяла использовать его как маркер для стратификации миокардиального резерва. При поддержании газового гомеостаза, у лиц с различным уровнем функциональных резервов, кардиореспираторная дисрегуляция, как база для

возникновения патологического функционирования, при переходе на процессы компенсации выражена в разной степени.

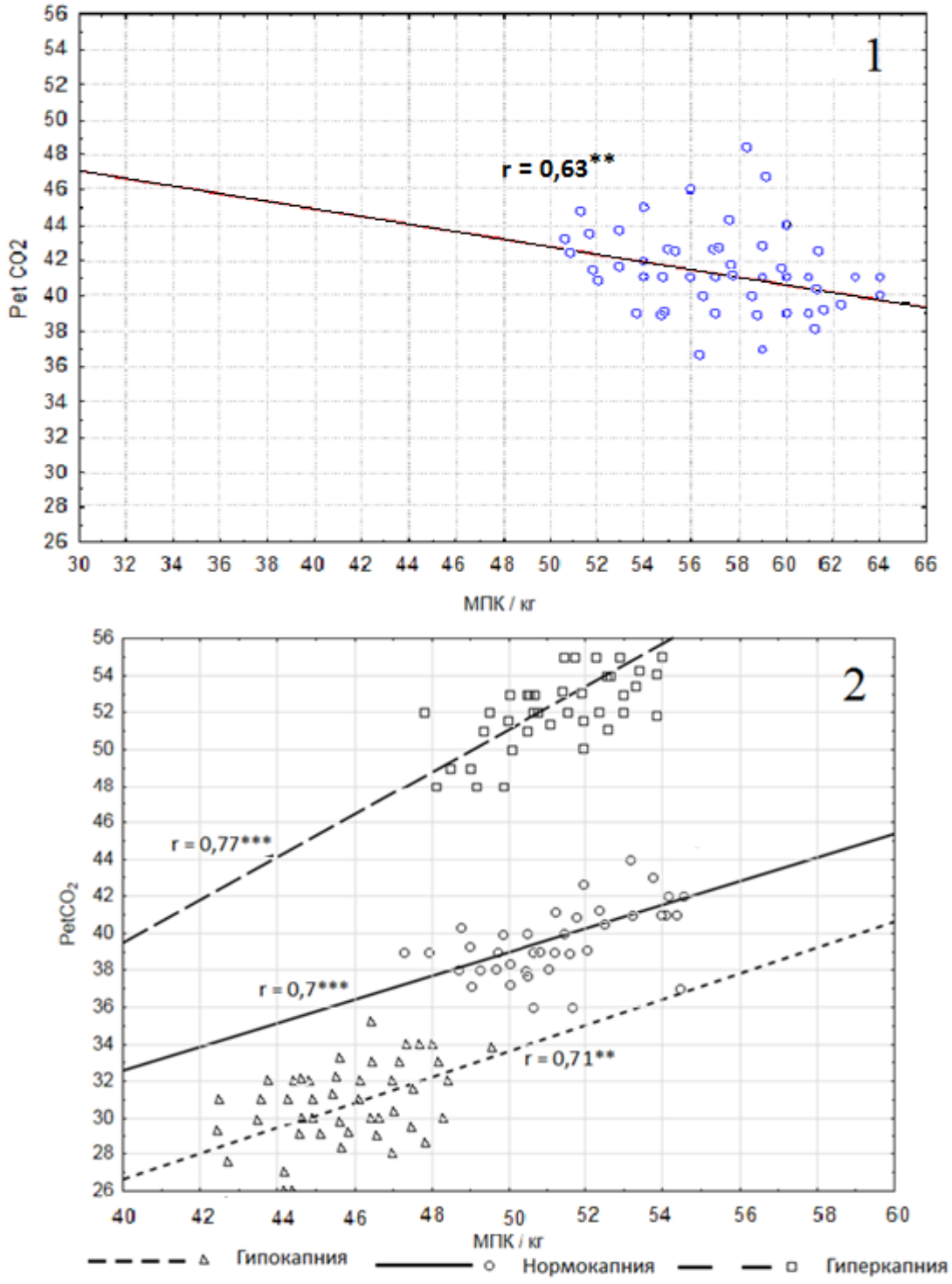


Рисунок 7.1. − Взаимосвязь показателей напряжения CO_2 в конце выдоха ($P_{ET}CO_2$) с величиной аэробных возможностей организма (МПК/кг)

футболистов с нормокапнией (1) и единоборцев, обладающими различными типами вентиляции (2)

Эргоспирометрия обеспечивала глобальную оценку интегративного ответа на физическую нагрузку, вовлекающего легочную, сердечно-сосудистую, кроветворную и мышечную системы [7]. С её помощью было оценено состояние физиологических механизмов компенсации органов и систем, участвующих в транспорте и утилизации кислорода у исследуемых двух групп.

При этом динамика напряжения регуляторных механизмов по показателю ИН свидетельствовала о различиях не зависимо от направления спортивной деятельности, относительно типа дыхания по показателю $PETCO_2$ (Таблица 7.2).

Таблица 7.2 − Динамика индекса напряжения (ИН) и его корреляционной взаимосвязи с показателем $PETCO_2$ (R ИН-$PETCO_2$) в группах спортсменов с разным типом дыхания, (x±Sx), n=200

Группа	Показатели	Покой	50 Вт	100 Вт	150 Вт	200 Вт	250 Вт	РВП 3 мин
Нормокапния	ИН, ед	58	65	55	68	71	***140***	87
	R ИН-PETCO2	-	-	-		-	0,61	-
Гипокапния	ИН, ед	98	71	84	***190***	***210***	***255***	***200***
	R ИН-PETCO2	-	-	-	-	-	-	-
Достоверность		0,01	0,05	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
Гиперкапния	ИН, ед	70	85	100	***141***	***154***	***201***	***305***
	R ИН-PETCO2	0,76			0,74	0,71	0,66	0,81
Достоверность			0,05	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Примечание: различия показателей между группами по критерию Манна-Уайта: **- (p<0,01), ***- (p<0,001); достоверность ранговой корреляции Спирмена: §- (p<0,05); различия показателей относительно покоя по критерию Вилкоксона: ***курсив***- (p<0,05).

Таким образом, расширение функциональных резервов кардиореспираторной системы у спортсменов 19-22 лет сопровождалось оптимизацией регуляторных механизмов и характеризовалось нормокапническим типом дыхания и низкими значениями ИН при увеличении внешней нагрузки. Как видно степень напряжения механизмов регуляции по показателю ИН значимо различалось в группах на последних ступенях нагрузочного тестирования. Вероятно, оптимальность регуляторного ответа у юношей с большими функциональными ресурсами способствовала осуществлению адекватного вентиляторного контроля в переходных режимах функционирования, а выявленная корреляционная зависимость между показателями ИН и напряжением CO_2 (R=0,61) в выдыхаемом воздухе на пике регуляторного напряжения подтверждает значимость совершенствования функциональных взаимоотношений в понижении цены и повышении успешности адаптации.

Снижение вентиляционного коэффициента по углекислому газу (ВЭCO_2) расценивается как порог перехода организма на неэкономичный режим работы, поскольку с развитием утомления в функционирующих тканях истощаются запасы бикарбонатов, уменьшается буферная емкость крови, что, вероятно, могло являться одним из лимитирующих факторов дальнейшего выполнение мышечной нагрузки. При анализе особенностей компенсаторных механизмов в группах в разным адаптационным потенциалом было выявленно, что снижение ВЭCO_2 происходило на различных уровнях увеличения мощности выполняемой нагрузки. Из Рисунка 7.2. следует, что в покое ВЭCO_2 у спортсменов с нормокапнией выше на 16% ($p<0,05$) по сравнению со спортсменами с гипокапнией. Этот показатель у спортсменов с гипокапнией начиная с 1 нагрузки падает незначительно, достигает пика снижения при нагрузке мощностью 150 Вт на 51% ($p<0,05$), а при нагрузке 200 Вт

увеличивался на 61 % (p<0,05) относительно предыдущий ступени нагрузочного теста.

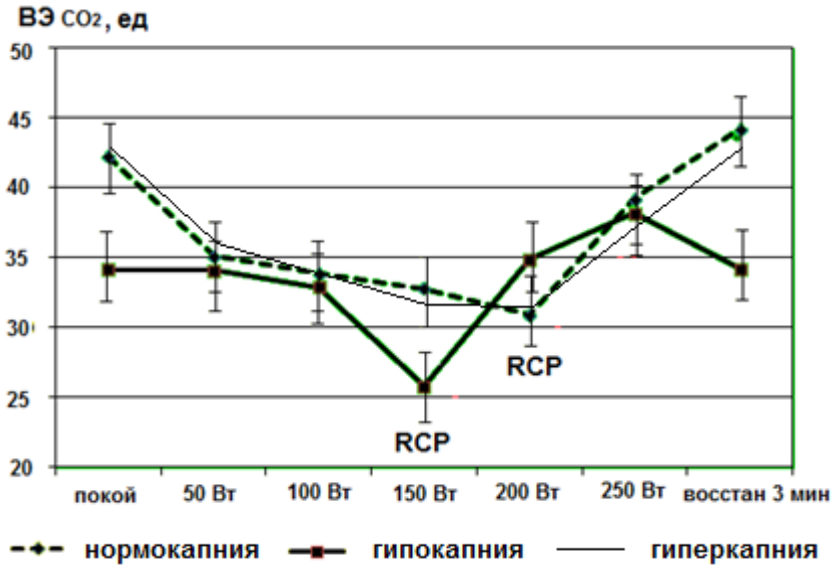


Рисунок 7.2 − Динамика ВЭСО2 в группах спортсменов 19-22 лет с разным типом дыхания

Примечание: RCP - точка респираторной компенсации

Такое изменение в динамике указывало на точку респираторной компенсации (RCP) на уровне 150 Вт или момент усиления вентиляции по углекислоте (дыхательная компенсация) на фоне непрерывно возрастающей физической нагрузки в ответ на развитие ацидоза в крови, который, в свою очередь, возникает благодаря лимиту возможностей буферных систем крови. Прохождение вентиляторного порога анаэробного обмена (ПАНО) у исследуемых группы спортсменов с гипокапнией сопровождалось ростом напряжения регуляторных механизмов почти в два раза (p<0,05), не снижающегося на последующих нагрузках и в востановительном периоде. При этом у исследуемых группы, которую составили спортсмены с нормокапнией, прохождение RCP и вентиляторного ПАНО регистрировалось на нагрузке

большей мощности 200 Вт. При этом рост регуляторного напряжения по показателю ИН почти в два раза (p<0,05) было зафиксировано только при выполнении нагрузки мощностью 250 Вт.

Важно отметить, что прирост показателя вариабельности циклов σ_{QRS} при прохождении RCP в группе спортсменов с нормокапнией более чем на 260,5% (p<0,05), свидетельствовал о широком коридоре системных модификаций сердечно-сосудистой системы, и миокарда в частности, в обеспечении положительного приспособительного результата. Напротив, Группа спортсменов с гипокапнией с более низкими показателями резервных возможностей характеризовалась незначительным приростом разброса траекторий ФГИ (Таблица 7.3.).

Таблица 7.3 − Динамика показателя разброса траекторий ФГИ σ_{QRS} при нагрузочном тестировании 250 Вт у спортсменов с разным типом дыхания, (Me, 25 и 75 перцентиль), n=168

Условия	Группы		Достоверность
	Нормокапния (n=117)	Гипокапния (n=51)	
покой	13 (8; 17)	20 (15; 22)	p < 0,05
50 Вт	20 (17; 25)	29 (19; 37)	-
100 Вт	22 (19; 27)	30 (21; 37)	-
150 Вт	24 8; 27)	31 (25; 39)	-
200 Вт	44 (33; 57)	39 (29; 47)	-
250 Вт	45 (33; 59)	32 (29; 39)	p < 0,01
Восстановление 3 минута	21 (14; 29)	30 (22; 37)	p < 0,05

Примечание: * – достоверность различий определяли по критерию Манна – Уитни на уровне (p < 0,05) относительно предыдущего уровня нагрузки

В Группе с нормокапнией прирост показателя σ_{QRS} при выполнении максимальной нагрузки составил в среднем 328,5% ($p<0,01$), а в группе с гипокапнией только на 125,2% ($p<0,05$).

Таким образом, эффективность вентиляторного контроля у юношей 19-20 лет обеспечивается уровнем функциональных резервов, с ростом которых степень выраженности адаптационного напряжения и компенсаторных трат снижается в том числе за счёт возможности перестройки режимов управления и оптимальной системной модификации. Так же к резервам адаптации и саногенеза необходимо отнести и регуляторные ресурсы, накапливающиеся в результате регулярной и систематической физической активности, ассоциированной со спортивной деятельностью.

При постоянном психофизическом напряжении у квалифицированных спортсменов 19-22 лет, наиболее часто наблюдалась гипервентиляция и, соответственно, гипокапния. Поэтому для коррекции данных нарушений и оптимизации баланса углекислоты в организме физиологически обоснованным и наиболее доступным является применение метода возвратного дыхания, который предполагает сочетанное действие на организм как гипоксического, так и гиперкапнического стимула.

Методологически актуален известный в практике спорта экстенсивный интервальный метод, который характеризуется нагрузкой и отдыхом в одном подходе и интервалом в среднем 5 мин. Такая тренировка оказывает широкое комплексное воздействие на все функции организма, развивает специальную выносливость и расширяет возможности вегетативного обеспечения.

В межсоревновательный период с целью расширения функциональных резервов кардиореспираторной системы проводили курс респираторной гипоксически-гиперкапнической тренировки с дифференцированным анализом эффективности. Как известно, значительные энергетические траты, связанные с работой респираторной мускулатуры, могут служить лимитирующим фактором эффективности мышечной деятельности. Для коррекции дисфункциональных

типов дыхания у спортсменов в переходный период был проведен курс гипоксически-гиперкапнической тренировки с применением авторского тренажёра ДТМ-2. . Всего проведено 10 занятий через день, в первой половине дня. До процедуры, в середине и в конце производились измерения ЧСС и АД для определения индивидуальной реактивности.

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 (Таблица 7.4).

Пиковая объемная скорость выдоха (ПОС) у спортсменов с исходной гипокапнией увеличилась в среднем на 8% ($p<0,05$). Средний показатель ЖЕЛ в покое и при увеличении физической нагрузки после курса респираторной тренировки увеличился на 17%($p<0,05$). Прирост значения МВЛ после курса проведенных мероприятий составил 35% ($p<0,01$).

Так же, соотношение показателей РОвыд. и РОвд. 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 (Рисунок 7.3).

Таблица 7.4 − Показатели легочной вентиляции спортсменов 19-22 лет с гипокапническим типом дыхания в покое и при выполнении ступенчато-возрастающей нагрузки после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки (x±Sx), n=51

Нагрузка	Покой	50 Вт	100 Вт	150 Вт	200 Вт	250 Вт	РВП.3 мин
ЧДД, цикл/мин до реабилит.	18,0±0,7	20,6±2,0	23,8±1,6	24,6±1,5	25,6±1,4	29,6±1,4	19,8±1,3
ЧДД, цикл/мин после реабилит.	14,0±1,2	16,2±1,1	17,4±1,1	19,0±1,3	20,0±1,3	21,2±2,4	15,2±1,8
p	0,05		0,05		0,05	0,01	0,05
ПОС, мл/с. до реабилит.	9,2±0,2	9,4±0,4	8,7±0,3	8,7±0,6	8,4±0,2	9,0±0,4	9,4±0,4
ПОС, мл/с. до реабилит.	9,9±0,2	9,7±0,4	9,3±0,3	9,9±0,6	9,7±0,6	9,8±0,5	9,9±0,2
p	0,01		0,05	0,05	0,05		
ЖЕЛ, л. до реабилит.	4,4±0,3	4,2±0,3	4,4±0,4	4,4±0,4	4,0±0,4	4,0±0,3	4,5±0,43
ЖЕЛ, л. после реабил.	5,2±0,3	5,1±0,4	5,0±0,4	5,1±0,3	5,1±0,3	5,1±0,4	5,3±0,3
p	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
МВЛ, л. до реабилит.	98,7±11,4						
МВЛ, л. после реабилит.	138,1±7,5						
p	<0,01						

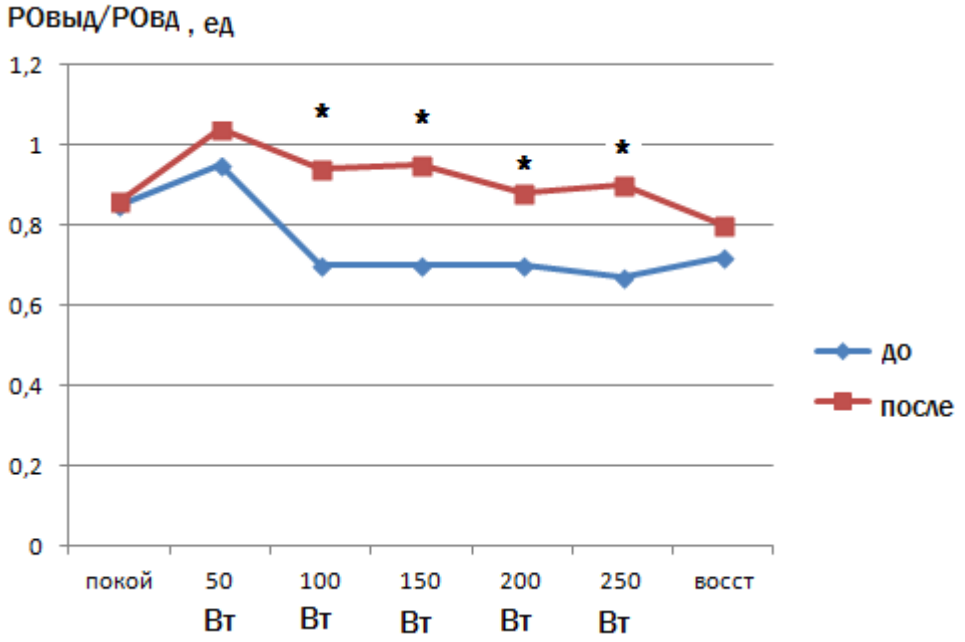


Рисунок 7.3 − Динамика изменения отношения резервного объёма выдоха к резервному объёму вдоха у спортсменов с гипокапнией после курса дыхательной тренировки

Предъявление организму функциональных требований в виде физических нагрузок сопровождалось у обследуемых спортсменов активизацией легочной вентиляции. Однако после курса коррекционных воздействий респираторной тренировки был отмечен перевод дыхания единоборцев с гипокапнией на более экономичный уровень, что обеспечивалось и значительным снижением объёмов вентиляции в минуту при увеличении физической нагрузки и в восстановительном периоде (Рисунок 7.4).

С ростом эффективности вентиляции улучшались и условия для газообмена в лёгких. К числу наиболее информативных показателей, характеризующих активность газообменных процессовотносится величина парциального давления углекислого газа в составе выдыхаемого воздуха. Изменение показателей $PECO_2$ напрямую связано с уровнем газообмена и вентиляторной реакцией и определяет направленность приспособления внешнего дыхания в связи с меняющимися условиями.

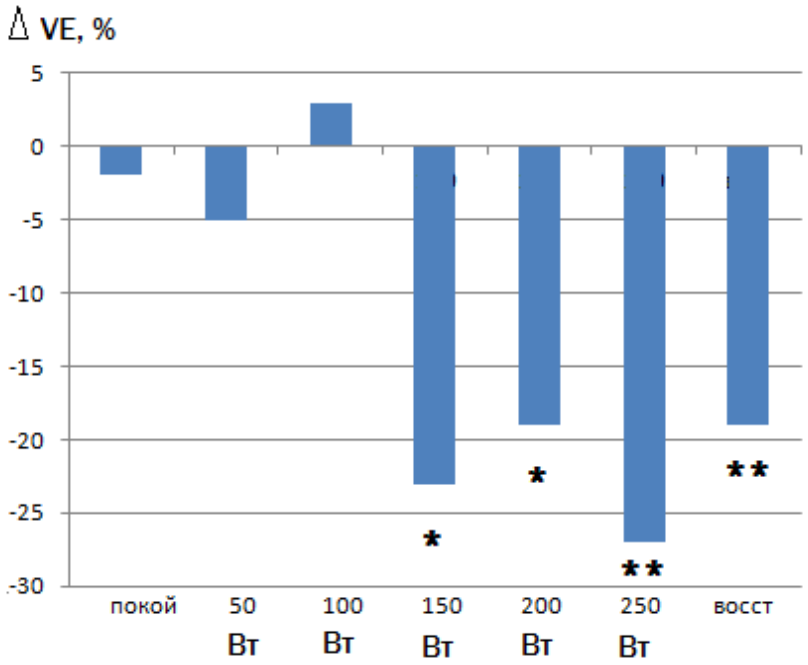


Рисунок 7.4 − Градиент изменения показателя минутного объёма дыхания после курса дыхательной тренировки у спортсменов с исходной гипокапнией

Так после коррекционных мероприятий в группе спортсменов с исходным гипокапническим типом дыхания 86%, т.е. у 43 из 51 исследуемых были отнесены к нормокапническому типу с $PECO_2$ в среднем равным 38,5 мм рт.ст. Изменения носили достоверный характер ($p<0,01$). Данная динамика свидетельствовала с одной стороны о росте возможностей для обеспечения адекватного кислородного режима организма, а с другой стороны создании условий для поддержания изокапнического уровня CO_2.

Таким образом, в группе спортсменов с исходным гипокапническим типом дыхания после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки формирование брадипноического паттерна дыхания как в покое, так и при нагрузке, снижение объёмов вентиляции свидетельствовало о значительном расширении функциональных резервов организма.

После курса гипоксически-гиперкапнической тренировки у обследуемой группы спртсменов 19-22 лет с гипокапническим типом дыхания отмечалась нормализация показателей СИ и ОПСС по отношению к первичным данным: снижение СИ на 18% (p<0,05) и повышение ОПСС на 12% (p<0,005), что соответствует средним значениям нормы. (Рисунок 7.5). Данные изменения свидетельствуют о снижении уровня кровотока в покое, более экономичной и согласованной работе кислородтранспортной и регулирующих систем организма.

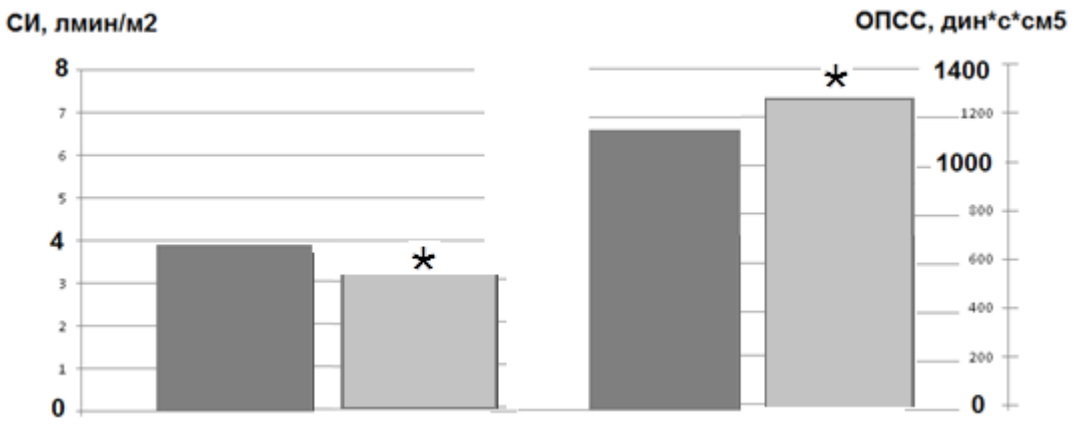


Рисунок 7.5 − Показатели СИ и ОПСС в покое спортсменов 19-22 лет с гипокапническим типом дыхания при первичном обследовании и после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки

После курса гипоксически-гиперкапнической тренировки наблюдается среднее снижение ЧСС на 5%, а в восстановительном периоде – на 14% (p<0,001). Значение показателя АДД в покое после проведенного курса респираторной тренировки снизилось на 11% (p<0,001) (Таблица 7.5).

Данные изменения свидетельствуют о переходе сердечнососудистой системы на более экономичный режим функционирования, что обеспечивало повышение уровня физической работоспособности у исследуемой группы спортсменов в среднем на 9,5% (p<0,05).

Таблица 7.5 − Показатели кардиогеодинамики спортсменов 19-22 лет с исходным гипокапническим типом дыхания до и после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки (x±Sx), n=51

Нагрузка		Покой	50 Вт	100 Вт	150 Вт	200 Вт	250 Вт	Восст. 3 мин
ЧСС, уд\мин	До	73,1±3,4	84,7±2,6	96,7±2,6	118,2±2,5	145,6±4,4	165,6±4,0	101,2±4,5
	После	67,1±1,5	80,7±2,5	82,7±2,0	91,2±2,5	123,6±4,4	143,0±4,0	87,0±2,0
	p	-	-	0,05	0,05	0,001	0,001	0,001
АДС, мм рт.стт	До	116,50±1,4	114,7±2,2	136,5±2,1	140,3±2,5	145,7±3,8	155,7±3,0	125,5±1,9
	После	112,50±1,7	115,7±2,0	123,5±2,1	130,3±2,5	140,2±3,0	139,7±3,5	110,5±1,9
	p	-	-	0,05	0,05	-	0,05	0,05
АДД, мм рт.стт	До	75,0±1,4	70,0±2,0	77,0±1,5	80,7±1,2	82,7±1,4	85,7±1,9	80,3±2,4
	После	67,0±1,5	70,2±2,0	74,0±1,0	69,5±1,5	70,7±1,4	75,7±1,5	70,3±1,8
	p	0,001	-	-	0,05	0,05	0,05	0,05
УИ, ед	До	53,3±3,6	56,8±4,2	50,2±4,0	50,4±4,3	48,0±4,4	45,0±4,4	48,7±4,2
	После	60,5±5,5	63,8±4,0	61,2±3,0	69,4±4,5	64,0±4,5	59,0±4,4	60,7±4,0
	p	-	0,05	0,05	0,001	0,05	0,05	0,05
β_T, ед.	До	0,73±0,04	0,78±0,03	0,83±0,02	0,92±0,02	0,95±0,02	0,99±0,03	0,84±0,02
	После	0,69±0,02	0,75±0,01	0,79±0,03	0,80±0,03	0,85±0,04	0,89±0,03	0,74±0,04
	p	0,001	-		0,001	0,05	0,05	0,05

Примечания: * -различия показателей достоверны по сравнению с покоем (p<0,05); **- (p<0,01); ***- (p<0,001)

Среднее значение УИ после курса коррекционных мероприятий при увеличении внешней нагрузки увеличелось на 13% (p<0,01). Повышение ударного индекса является подтверждением улучшения сердечной деятельности и нормализации периферического кровообращения и сопровождалось снижением значения β_T, ед. на 6% (p<0,001) в покое и более 5% (p<0,05) на последних ступенях нагрузочного теста (150 Вт, 200 Вт, 250 Вт) и в восстановительном периоде.

Изменения в группе с исходным гиперкапническим типом дыхания в кардиореспираторном функционировании зарегистрированно не было, кроме оптимизации механизмов регуляции при выполнении спортсмеными физической нагрузки. Так, ИН при увеличении нагрузки у спортсменов 19-22 лет с исходным гиперкапническим типом дыхания после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки снизился, что свидетельствует о снижении активности симпатического отдела ВНС, более экономичном функционировании механизмов гемодинамики. Наиболее ярко представлена динамика показателя на нагрузке 150 Вт – снижение ИН на 43% ($p<0,05$), а также в восстановительном периоде – на 33% ($p<0,05$).(Рисунок 7.6).

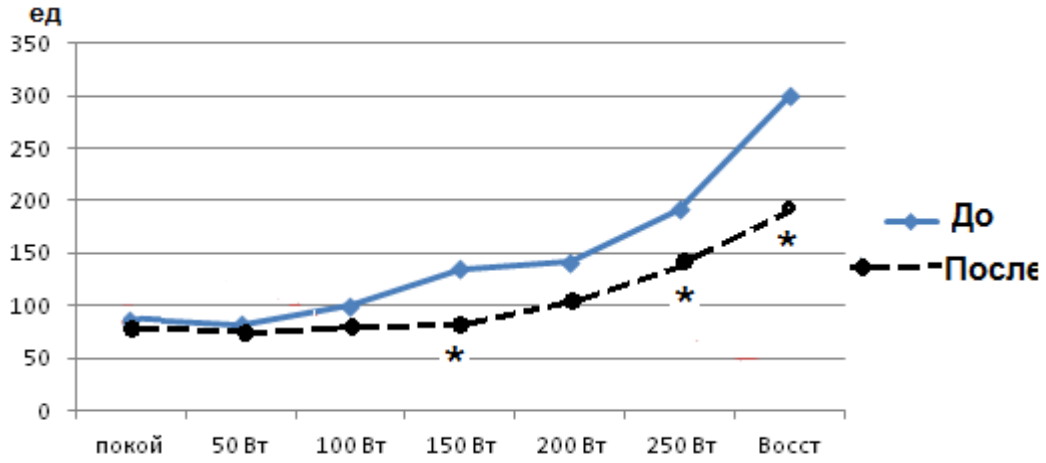


Рисунок 7.6 − Динамика показателя ИН при увеличении внешней нагрузки у спортсменов 19-22 лет с гиперкапническим типом дыхания до и после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки

Следовательно, у обследованных юношей с исходным гипокапническим типом вентиляции изменение характеристик типа вентиляции в сторону нормокапнических реакций сопровождалось увеличением пороговых значений потребления кислорода, увеличением резервов кардиореспираторной системы. У спортсменов с гиперкапническим типом изменение характеристик типа вентиляции в сторону нормокапнических реакций проявлялось снижением напряжения механизмов регуляции. Такие изменения информативно

регистрировалось с применением фазометрических скоростных показателей электрической активности сердца при оценке миокардиальных резервов (Таблица 7.6).

Таблица 7.6 – 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		Показатели			
		$P_{ET}CO_2$, мм рт.ст.	МПК мл/мин/кг	β_T, ед.	σ_{QRS}, 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

В группе с исходно гипокапническим типом дыхания на фоне роста МПК/кг на 10,4% (p<0,01), значение показателя β_T уменьшилось на 6,1% (p<0,001), а показателя σ_{QRS} на 20,6% (p<0,05), что можно рассчитывать, как расширение миокардиальных резервов.

В группе с исходно гиперкапническим типом дыхания изменения МПК/кг не зафиксировано, однако значение β_T снизилось на 10% (p<0,001).

Такм образом, величина напряжения CO_2 в тканях, являющаяся одной из физиологических констант организма, оказывает существенное влияние на все

виды обмена веществ в организме спортсмена. При донозологической диагностике у спортсменов уровень pCO_2 является фактором, лимитирующим приспособительные возможности, оказывая регулирующее влияние на активность аэробного звена энергообеспечения, формируя границу перехода приспособительных процессов в компенсаторные, а затем в патологические. При анализе интегративного ответа на физическую нагрузку, вовлекающего респираторную, сердечно-сосудистую, кроветворную и мышечную системы, важно учитывать изменения физиологических механизмов компенсации при их переходе в патологические, обеспечивающие транспорт и утилизацию кислорода, а также, количественно определять уровень регуляторной оптимальности в качественной оценке адаптационного резерва. В таком случае, выявление скрытых звеньев приспособительного механизма при его компенсаторном, а в последующем и саногенетическом значении с применением фазометрических скоростных показателей электрической активности сердца может позволить своевременно и/или эффективно производить коррекцию у лиц с нарушением функционирования или с низкими функциональными резервами, а также успешно выбирать реабилитационные и тренировочные технологии в спортивной и оздоровительной деятельности.

Выводы по главе:

1. Различий в группах спортсменов игровых видов спорта и единоборцев по распределению гипокапнического и нормокапнического типа не выявленно. 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.

2. Значительную информативность при различении функциональных резервов миокарда проявил показатель симметричности зубца Т ($\beta_{T,}$), значения которого были гораздо больше в группах с дисфункциональным типом дыхания

относительно группы спортсменов с нормокапническим типом не зависимо о направленности тренировочного процесса. Так снижение миокардиальных резервов в группе спортсменов игровых видов спорта с гипокапнией был наибольший и составил 22% (<0,01), с гиперкапнией – 18% (<0,05). В группе единоборцев с гипокапнией снижение функциональных резервов миокарда по β_T составил 17% (<0,001), с гиперкапнией – 15% (<0,001).

3. 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 (р<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 (р<0,001), с гипокапнией г=0,71 (р<0,01), с гиперкапнией г=0,77 (р<0,001).

4. Степень напряжения механизмов регуляции по показателю ИН значимо различалось в группах на последних ступенях нагрузочного тестирования. Вероятно оптимальность регуляторного ответа у юношей с большими функциональными ресурсами способствовала осуществлению адекватного вентиляторного контроля в переходных режимах функционирования, а выявленная корреляционная зависимость между показателями ИН и напряжением CO_2 (г=0,61) в выдыхаемом воздухе на пике регуляторного напряжения подтверждает значимость совершенствования функциональных взаимоотношений в понижении цены и повышении успешности адаптации.

5. Прирост показателя вариабельности циклов σ_{QRS} при прохождении RCP в группе спортсменов с нормокапнией более чем на 260,5% (р<0,05), свидетельствовал о широком коридоре системных модификаций сердечно-сосудистой системы, и миокарда в частности, в обеспечении положительного приспособительного результата. Напротив, Группа спортсменов с гипокапнией

с более низкими показателями резервных возможностей характеризовалась незначительным приростом разброса траекторий ФГИ

6. В Группе с нормокапнией прирост показателя σ_{QRS} при выполнении максимальной нагрузки составил в среднем 328,5% ($p<0,01$), а в группе с гипокапнией только на 125,2% ($p<0,05$).

7. 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.

8. 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 РОвыд. и РОвд. 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.

9. После коррекционных мероприятий в группе спортсменов с исходным гипокапническим типом дыхания 86%, т.е. у 43 из 51 исследуемых были отнесены к нормокапническому типу с $PECO_2$ в среднем равным 38,5 мм рт.ст. Изменения носили достоверный характер ($p<0,01$).

10. После курса гипоксически-гиперкапнической тренировки у обследуемой группы спортсменов 19-22 лет с гипокапническим типом дыхания отмечается нормализация показателей СИ и ОПСС по отношению к первичным данным:

снижение СИ на 18% ($p<0,05$) и повышение ОПСС на 12% ($p<0,005$), что соответствует средним значениям нормы. После курса гипоксически-гиперкапнической тренировки наблюдается среднее снижение ЧСС на 5%, а в восстановительном периоде – на 14% ($p<0,001$). Значение показателя АДД в покое после проведенного курса респираторной тренировки снизилось на 11% ($p<0,001$). Среднее значение УИ после курса коррекционных мероприятий при увеличении внешней нагрузки увеличелось на 13% ($p<0,01$).

11. Повышение ударного индекса является подтверждением улучшения сердечной деятельности и нормализации периферического кровообращения и сопровождалось снижением значения β_T, ед. на 6% ($p<0,001$) в покое и более 5% ($p<0,05$) на последних ступенях нагрузочного теста (150 Вт, 200 Вт, 250 Вт) и в восстановительном периоде.

12. Изменения в группе с исходным гиперкапническим типом дыхания в кардиореспираторном функционировании зарегистрированно не было, кроме оптимизации механизмов регуляции при выполнении спортсмеными физической нагрузки. Так, ИН при увеличении нагрузки у спортсменов 19-22 лет с исходным гиперкапническим типом дыхания после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки снизился, что свидетельствует о снижении активности симпатического отдела ВНС, более экономичном функционировании механизмов гемодинамики. Наиболее ярко представлена динамика показателя на нагрузке 150 Вт – снижение ИН на 43% ($p<0,05$), а также в восстановительном периоде – на 33% ($p<0,05$).

13. В группе с исходно гипокапническим типом дыхания на фоне роста МПК/кг на 10% ($p<0,01$), значение показателя β_T уменьшилось на 6% ($p<0,001$), а показателя σ_{QRS} на 20% ($p< 0,05$), что можно рассчитывать, как расширение миокардиальных резервов. В группе с исходно гиперкапническим типом дыхания изменения МПК/кг не зафиксировано, однако значение β_T снизилось на 10% ($p<0,001$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различение функционального состояния сердечно-сосудистой системы с использованием избыточных фазометрических измерений электрического сигнала миокарда имеет важное значение не только с целью клинического установления диагноза, но и в доклиническом выявлении ранней или скрытой стадии дисфункции у условно здоровых лиц особых профессий, спортсменов в частности.

Фазометрические показатели кардиоцикла, полученные в результате преобразования одноканальной ЭКГ в фазовом пространстве, представляют самостоятельную значимость и являются количественной мерой электрического сигнала миокарда в решении задач ранней диагностики нарушения сердечной деятельности у квалифицированных спортсменов.

На **первом этапе** исследования для решения задачи определения критериев и решающих диагностических правил оценки уровня функционального резерва с учётом фазографического анализа скоростных показателей электрической активности сердца были обследованы 229 юношей (сопоставимые по весоростовым показателям) возраста спортивной зрелости (19-21 лет), разделённые на две группы.

В группу квалифицированных спортсменов (КС) вошли юноши, занимающиеся спортом не менее 10 лет (футбол, бокс) с квалификацией кандидат в мастера спорта, мастер спорта. Критерии включения: отсутствие изменений на ЭКГ покоя и в нагрузке, отсутствие соматических заболеваний по данным диспансеризации, острых инфекционных заболеваний в течение 3х недель до исследования, жалоб на момент исследования. Критериями исключения являлись морфологические изменения – гипертрофия миокарда и малые аномалии развития сердца.

Группа контроля (К) состояла из 98 здоровых юношей 1 группы здоровья, не ведущих систематическую спортивную деятельность. Критерии включения: отсутствие изменений на ЭКГ покоя и в нагрузке, отсутствие соматических заболеваний по данным диспансеризации, острых инфекционных заболеваний в течение 3х недель до исследования, жалоб на момент исследования.

Совершенствование адаптационных механизмов под влиянием постоянных физических нагрузок обеспечивало тренированному организму в группе спортсменов преимущества перед не тренированным, что позволяло выполнять большую по объёму мышечную работу на более эффективном и экономичном уровне. Так, уровень физической работоспособности на 1,2 Вт/кг ($p<0,001$) превышал значения в группе спортсменов, по сравнению со юношими контрольной группы. АП в группе спортсменов превышал значения в группе юношей на 11,6 % ($p<0,001$) и выявлял у 64% юношей функциональное напряжение механизмов адаптации.

Высокие энергетические траты миокарда, определяемые ростом индекса двойного произведения ДП, при выполнении физической нагрузки у юношей выражался в росте потребления кислорода за счёт хронотропного механизма, о чём косвенно могут свидетельствовать высокие значения ДП, равные 172,8±4,1 усл.ед. и 247,9±5,1 усл.ед. на каждой ступени нагрузочного тестирования. Более экономичный режим функционирования системы кровообращения отмечался у квалифицированных спортсменов, у которых умеренный рост частоты сердечных сокращений на фоне роста ударного объёма сердца при выполнении стандартной физической нагрузки представляется наиболее благоприятным способом приспособления системы кровообращения при предъявлении организму дополнительных требований.

Таким образом, выполнение физической нагрузки на определённой частоте сердечных сокращений обеспечивалось у спортсменов более совершенными механизмами адаптации, а в связи с высоким уровнем функционирования системы кровообращения у юношей контрольной группы энергетические

траты, связанные с осуществлением насосной функции миокардом в этой группе, были наибольшими.

Приспособительный эффект при формировании гипокинетического типа кровообращения позволял на каждой ступени нагрузочного теста спортсменам обеспечивать МОК в среднем не превышающий значения в группе юношей на каждой ступени теста при достоверно превышающих значениях УИ сердца в среднем на 55,5% ($p<0,05$), на первой нагрузке и на 104% на второй нагрузке нагрузочного теста ($p<0,01$). Величина минутного объёма кровотока у юношей-юношей с более низким МПК достигала пределов 10,4±4,0 л/мин, когда у спортсменов эти значения увеличивались до 13,33 л/мин, ($p<0,05$). Как известно, гиперкинетический тип кровообращения является маркером генетической предрасположенности к дистрофии миокарда физического перенапряжения, что рассматривается как вариант донозологической стадии патологии ССС.

Как в состоянии покоя, так и на каждой ступени нагрузки значения КЭМ у юношей-спортсменов с высоким уровнем работоспособности значительно в среднем на 30% ($p<0,05$) превышали показатели в группе юношей.

С уменьшением физической работоспособности и функциональных резервов у юношей группы контроля наблюдалось повышение напряжения регуляторных систем, снижение вариативности сердечного ритма, неоптимальное вегетативное обеспечение деятельности. Общим в регуляторной закономерности вегетативного обеспечения функции сердечно-сосудистой системы у юношей контрольной группы 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 втрой 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 юношей 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.

В исследовании предложена и реализована методика определения миокардиального резерва на основе фазографического анализа скоростных характеристик электрической активности сердца (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.)

Для оценки фазографических показателей электрической активности сердца, изучали следующие признаки ФГИ в группах юношей с различным уровнем функциональных миокардиальных резервов:

- показатель симметричности фрагмента реполяризации усредненной траектории фазовой графической иллюстрации (ФГИ) (β_T, ед.);
- показатель рассеивания точек фазовых траекторий ФГИ (σ_{QRS}, ед.);
- показатель угла ориентации усредненной фазовой траектории ФГИ (α_{QRS}, град.);
- показатель отношения площадей петель зубца Т и комплекса QRS усредненной фазовой траектории ФГИ (S_{TR}, ед.).

Получение скоростных характеристик электрической активности сердца было реализовано путём регистрации первой производной этого процесса с применением фазографических измерений.

Установлено, что анализ биосигнала одноканальной ЭКГ в фазовой плоскости обеспечил введение ряда дополнительных диагностических признаков сердечной деятельности. Сравнение диагностической эффективности (информативности) количественного и качественного определения показателей ФГИ осуществлялось с помощью ROC-анализа (Receiver Operating Characteristic) с построением ROC-кривых и оценкой AUC (площади под кривой). В определении уровня миокадиальных резервов в группе квалифицированных спортсменов при сравнении с юношами контрольной группы с более низкми функциональными резервами установлены референсные границы нормы фазографических показателей электрической активности сердца и их соответствующие чувствительность и специфичность, характеризующие высокой уровень резервов у спортсменов:

$\boldsymbol{\beta_T} < 0{,}68$ ед. (83,7% и 73,3%);

$127 < \boldsymbol{\alpha_{QRS}} < 185$ град. (62,2% и 71,0%),

$10 < \boldsymbol{\sigma_{QRS}} < 20{,}9$ у. е. (41,8% и 90,0%);

$\boldsymbol{S_{TR}} > 0{,}029$ у. е. (57,1% и 70,2%)

По интегральному индексу Юдена (0,57 ед.) наилучшую способность классифицировать уровень функциональных резервов миокарда по фазографическим скоростным показателям электрической активности сердца проявил показатель β_T, ед.

Так же определено, что вклад различных фазографических показателей электрической активности сердца в окончательное решение классификации уровня функциональных резервов миокарда не равнозначен. С применением метода множественной бинарной логистической регрессии получено уравнение для классификации уровня миокадиальных резервов с учётом вклада каждого показателя:

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

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 одноканальной ЭКГ α_{QRS}, что подтверждается математическим уравнением $\alpha_{ЭОС} = 0{,}49 \times \alpha_{QRS} - 11{,}95$.

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. Спортсмены находились в середине подготовительного периода годичного цикла спортивной подготовки. Период восстановления с момента последней тренировки составил не менее 24 часа.

В течение нагрузочного теста было выявлено падение УИ в группе НР на 35% (p<0,05) относительно покоя при выполнении последней нагрузки 250 Вт, что свидетельствовало о снижении сократительной способности миокарда. В группе НПР снижение УИ зарегистрировано на 34% (p<0,05) относительно покоя уже при выполнении нагрузки 150 Вт.

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). Свидетельства дизадаптации и кардиальной дисфункции, требующей дополнительного углублённого обследования с целью дальнейшей коррекции, были выявлены у 2 спортсменов группы НПР при укорочении QTc на пике нагрузки 250 Вт до пограничных значений 360 мс и у 3 спортсменов из группы НР при отсутствии восстановления значения QTc к исходным значениям к 3 минуте и напротив его рост до пограничных значений 445 мс.

В группе НР относительно контрольной группы наблюдалось значительное снижение ИН в среднем на 45% ($p<0,05$) и показателя вагосимпатического баланса LF/HF более чем в 4 раза ($p<0,001$), увеличение значений SDNN в среднем на 95% ($p<0,01$), что отражало «функцию разброса» длительностей кардиоинтервалов, а механизм регуляции сердечного ритма у спортсменов этой группы характеризовал перестройку на автономный контур регулирования

В группе НПР на фоне большего на 60% ($p<0,05$) показателя LF/HF и в 4 раза превышающего значения контрольной группы ИН ($p<0,001$) было выявлено снижение значения SDNN в среднем в два раза ($p<0,001$), что отображало преобладание симпатической регуляции.

Оценка вегетативного обеспечения деятельности на основании спектрального и временного анализа сердечного ритма после физической нагрузки установил, что в группе НПР происходило достоверное увеличение коэффициента LF/HF в два раза ($p<0,001$), увеличивался ИН на 43% ($p<0,05$), снижение SDNN на 36% ($p<0,001$), что свидетельствовало об избыточной активации симпатоадреналовой системы.

В группе НР при вегетативном обеспечении деятельности в 2 раза ($p<0,01$) уменьшается показатель очень низких частот ритма сердца (VLF, мс^2), что свидетельствовало о недостаточной активации механизмов гуморальной и симпатической регуляции деятельности сердечной мышцы.

Избыточное симпатическое влияние в группе НПР, недостаточное симпатическое влияние в группе НР приводило к падение значений физической работоспособности у квалифицированных спортсменов в группе НР относительно юношей группы контроля на 18% ($p<0,001$), а в группе НПР на 27% ($p<0,001$). АП группе НПР указывает 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 росте АП на 12% ($p<0,001$).

Дисфункциональная напраленность 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 и для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам сравнения использовали метод множественной бинарной логистической регрессии с построением соответствующих уравнений.

В определении снижения функциональных резервов миокарда при нарушении ритма и процессов реполяризации в группе квалифицированных спортсменов при сравнении со спортсменами контрольной группы без нарушений и с более высокими функциональными резервами установлены референсные границы нормы фазографических показателей электрической активности сердца и их соответствующие чувствительность и специфичность:

Для классификации снижения функциональных резервов миокарда при нарушении ритма установлен алгоритм №2:

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

$\boldsymbol{\beta_T} \geq$ 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.

Для классификации снижения функциональных резервов миокарда при нарушении процессов реполяризации установлен алгоритм №3:

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

$\boldsymbol{\beta_T} \geq$ 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.

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. 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.

Анализ данных функциональной диагностики и данных неинвазивной оценки функционального состояния спортсменов показал, что результаты, полученные при использовании методики оценки функциональных резервов миокарда квалифицированных спортсменов с применением ФСП ЭАС сопоставимы с результатами, полученными по результатам углубленного обследования на основании заключений врачей-специалистов при проведении УМО. Методом Мак-Нимара мы провели проверку достоверности применения ФСП ЭАС для оценки функциональных резервов миокарда квалифицированных спортсменов. Достоверность определения сниженных функциональных резервов миокарда была установлена у спортсменов во всех группах дисфункциональных состояний, за исключением гипертрофии левого желудочка.

Определение оптимального соотношения в проявлении уровня развития отдельных компонентов функциональной подготовленности и поиск новых информативных методик их мониторинга и оперативного оценивания является одним из важнейших научных и практических вопросов подготовки спортсменов. Своевременное выявление тех аспектов функциональной подготовленности, по которым еще возможно дальнейшее повышение уровня показателей у отдельно взятого спортсмена и на которые нужно сделать акцент

при планировании схем тренировок, может значительно повысить процент полезных действий и улучшить выполнение специфических спортивных функций за счёт эффективной адаптации к нагрузке и контролируемом восстановлении после утомления.

На третьем этапе было проведено исследование функциональных резервов миокарда и физической подготовленности квалифицированных 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 фоне высоких значений МПК, превышающих уровень физической работоспособности на 30% ($p<0,001$) у всех спортсменов–футболистов по сравнению с группой контроля, на момент осмотра выявлена артериальная нормотензия. Средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) была закономерно более низкой, составляла 61,3±5,4 ударов, что превышало значения группы контроля на 18% ($p<0,001$). Номотонический и парасимпатотонический тонус вегетативной регуляции по показателю SDNN на 90% ($p<0,001$), меньшему чем в группе контроля и незначительное наряжение механизмов регуляции по сниженному ИН на 37% ($p<0,001$), характеризовал оптимальные условия для адаптации в группе спортсменов–футболистов.

Утолщение миокарда по показателю ТЗСЛЖ на 11% ($p<0,05$) и ТМЖП на 24% ($p<0,01$), а так же умеренная дилятация левых отделов сердца по показателю КДР ЛЖ, превышающему значения в группе контроля на 14% ($p<0,001$), и левого предсердия на 16% ($p<0,05$), отражала особенности «спортивного сердца» у футболистов.

В группе спортсменов-футболистов показатель β_T был на 20% ($p<0,001$) меньше, α_{QRS} на 20 градусов больше ($p<0,001$), σ_{QRS} на 30% ($p<0,001$) меньше, а

значения показателя S_{TR} превышали значения юношей группы контроля на 100% ($p<0,001$).

Установлено, что у спортсменов-футболистов в соревновательном периоде при отсутствии статистически значимых различий до и после коррекции по уровням сывороточных анти-ЛПС-IgA уровни анти-ЛПС-IgM и анти-ЛПС-IgG в крови достоверно повышены 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 ($p<0,001$)).

У спортсменов была установлена положительная корреляционная взаимосвязь показателей антиэндотоксического иммунитета с фазографическим скоростным показателем:

β_T - анти-ЛПС-IgA, $r=0,79$ ($p<0,01$), β_T - анти-ЛПС-IgG, $r=0,75$ ($p<0,05$).

После коррекции в переходном периоде зафиксировано у футболистов достоверное снижение случаев нарушения ритма более чем на 20%($p<0,05$) и случаев нарушений реполяризации на 30% ($p<0,01$), определённое с применением ФСП ЭАС. 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.

Гемодинамические и морфофункциональные показатели, отражавшие изменения ремоделированного миокарда у футболистов, наравне с показателями ФСП ЭАС составили ведущие первые 4 фактора.

При регистрации β_T сразу после завершения челночного теста при определении МПК путём прямого газоанализа у квалификацированных спортсменов-футболистов 20–22 лет 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 хβ_T

В результате полученных данных и экспертной оценки была рассчитана таблица значений, позволяющая экспресс-методом определить уровень функциональной подготовленности спортсмена-футболиста и уровня его функциональных резервов.

Таким образом, показатель β_T наиболее точно и достоверно отражал уровень функциональных резервов и спортивной подготовленности организма спортсмена-футболиста и может использоваться в практическом решении актуальной проблемы прогностической экспресс-оценки функциональных резервов миокарда и физической подготовленности спортсменов.

Обеспечение высокого уровня тренированности напрямую связано с совершенствованием регуляторных механизмов в ответ на внешние стимулы. Ведущее значение в сложной нейродинамике, лежащей в основе реакций равновесия, ориентации в пространстве и координации движений в динамических условиях бокса, принадлежит вестибулярному анализатору и сложной системе безусловных вестибулосоматических и вестибуловегетативных рефлексов. При действии вестибулярных стимулов во время тренировки у боксёров участие вегетативных компонентов в ответных реакциях организма резко возрастает и может привести к возникновению реакции напряжения. При этом включается весь комплекс защитно-восстановительных реакций и значительно повышает «цену» адаптации. Следовательно, вестибулярное раздражение является функциональным стрессовым фактором, который вызывает в организме соответствующие реакции и снижается функциональная устойчивость вестибулярной сенсорной системы и ее чувствительность. Такие процессы сопровождаются

неадекватными вегетативными реакциями и нарушению точности выполнения координированных движений в процессе спортивной деятельности. Степень дисфункций зависит от исходного функционального состояния вестибулярной системы во взаимосвязи с вегетативной регуляцией и характеризует возможность активного воздействия на эти системы в процессе тренировочных занятий с целью повышения функциональных возможностей и расширения резервов.

Особенностью вестибулярного аппарата является возможность его тренировки, основу которой должны составляют упражнения, подавляющие тонические и вегетативные рефлексы, а также упражнения на координацию и равновесие. Выявлено значительное различие уровня как общих, так и специфических резервов адаптации при формирования вегетостибулярной адаптивности у боксёров с разным уровнем квалификации и стажем занятий было.

На четвёртом этапе исследования принимали участие 140 спортсменов мужского пола 18-23 лет, занимающихся боксом, 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 Н** состояла из 70 здоровых мужчин, занимающихся боксом в менее года.

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.

Коэффициент устойчивости (Ку) в группе начинающих спортсменов в два раза превышал данные в группе 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 квалифицированных спортсменов, так же характеризовала сниженный уровень адаптационных резервов в группе начинающих 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. ($p<0,001$)

Квалифицированные боксёры со стажем, регулярно выполняющие упражнения для совершенствования вестибулярных реакций, и начинающие боксёры проявляют различную степень вегетовестибулярной адаптивности, которой соответствует разный уровень напряжения регуляторных механизмов, что подтверждается достоверной динамикой количественного изменения скорости электрической активности сердца по изучаемым показателям симметричности зубца Т и фазометрическому показателю ST (ФУК).

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.

Показатель β_T показал наибольшую информативность в определении различий в уровне функционального состояния и миокардиальных резервов спортсменов-боксёров. Так, в покое различия β_T между квалифицированными и начинающими боксёрами сотавили 8% ($p<0,05$), после вестибулярной и физической нагрузки более 30% ($p<0,001$) и на 40% ($p<0,001$) в восстановительном периоде.

Корреляция показателя симметрии зубца Т βТ и QTc у спортсменов в покое r=0,48 (<0,05) в группе 18-20 лет и r=0,55 (<0,01) в группе 21-23 лет и в восстановительном периоде r=0,69 ($p<0,001$) в группе 18-20 лет отражала увеличение риска удлинения QT.

В первой и второй возрастных группах у начинающих спортсменов показатель β_T при проводимой нагрузке достоверно увеличивается – на 16,2 ± 0,5% ($p<0,001$) и на 25,3 ± 0,7% ($p<0,001$) соответственно.

У спортсменов группы 1 увеличение β_T зафиксировано в меньшей степени – на 11,1 ± 0,3% ($p < 0,05$), а во второй группе изменения не выявлены.

При сравнении внутри группы 1 у спортсменов рост β_T в среднем на 0,07 мс < 0,01 меньше, чем у начинающих, а в группе 2 – на 0,012 мс ($p<0,01$). В группе спортсменов этот показатель, в отличие от группы начинающих, приходил в исходное состояние.

Во второй серии 4 этапа исследования с применением фазометрических и фазографических исследований были выявлены перестройки в процессе срочной адаптации у спортсменов разных возрастов.

Фазометрические показатели кардиосигнала позволили выявить, что адаптационные модификации прохождения электрического импульса по сердечной мышце как в покое, так и в процессе кратковременной адаптации у спортсменов различались в двух возрастных группах, отражая особенности стадийного функционального системного «обучения» в процессе адаптации. Отличия для лиц с разными адаптационными резервами относились к РП, несущим информацию о временных характеристиках

(интервалах $\Delta_P, \Delta_T, \Delta_{QRS}$). Более выражены такие особенности были в старшей возрастной группе. Этот факт указывал на значимость процесса «созревания» управляющих структур различных отделов нервной системы.

Качественный анализ РП, полученных на основе фазометрических показателей ФУК, с применением кратковременной пробы с физической нагрузкой (20 приседаний за 30 сек), может использоваться как важный дополнительный признак оценки адаптационных резервов организма и уровня его тренированности в восстановительной и спортивной медицине.

Как известно, существенное влияние на все виды обмена веществ в организме спортсмена оказывает величина напряжения CO_2 в тканях, являющаяся одной из физиологических констант организма. При донозологической диагностике уровень pCO_2 является фактором, лимитирующим приспособительные возможности, оказывая регулирующее влияние на активность аэробного звена энергообеспечения, формируя границу перехода приспособительных процессов в компенсаторные, а затем в патологические. При анализе интегративного ответа на физическую нагрузку, вовлекающего респираторную, сердечно-сосудистую, кроветворную и мышечную системы, важно учитывать изменения физиологических механизмов компенсации при их переходе в патологические, обеспечивающие транспорт и утилизацию кислорода, а также, количественно определять уровень регуляторной оптимальности в качественной оценке адаптационного резерва. В таком случае, выявление скрытых звеньев приспособительного механизма при его компенсаторном, а в последующем и саногенетическом значении может позволить своевременно и/или эффективно производить коррекцию у лиц с нарушением функционирования или с низкими функциональными резервами, а также успешно выбирать реабилитационные и тренировочные технологии в спортивной и оздоровительной деятельности.

Дисбаланс вентиляционного контроля со сниженными параметрами максимального потребления кислорода и гемодинамики, позволяет

использовать его как маркер для стратификации миокардиального резерва. Вероятно, при поддержании газового гомеостаза, у лиц с различным уровнем функциональных резервов, кардиореспираторная дисрегуляция, как база для возникновения патологического функционирования, при переходе на процессы компенсации выражена в разной степени.

С этой целью в рамках **5 этапа** 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 функциональных резервов кардиореспираторной системы у юношей с различным типом дыхания по данным капнометрии. С определением уровня миокардиального 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 выявленно. 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 функциональных резервов 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 о направленности тренировочного процесса. Так снижение миокардиальных резервов 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 функциональных резервов 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 (р<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 (р<0,001), с гипокапнией г=0,71 (р<0,01), с гиперкапнией г=0,77 (р<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 % (р<0,05) и на 25 % (р<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% (р<0,01).Соотношение показателей РОвыд. и РОвд. 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% (р<0,05) на каждой ступени нагрузочного теста, начиная со 100 Вт. После коррекционных мероприятий в группе спортсменов с исходным гипокапническим типом дыхания 86%, т.е. у 43 из 51 исследуемых были отнесены к нормокапническому типу с $PECO_2$ в среднем равным 38,5 мм рт.ст. Изменения носили достоверный характер (р<0,01). Повышение ударного индекса является подтверждением

улучшения сердечной деятельности и нормализации периферического кровообращения и сопровождалось снижением значения β_T, ед. на 6% ($p<0,001$) в покое и более 5% ($p<0,05$) на последних ступенях нагрузочного теста (150 Вт, 200 Вт, 250 Вт) и в восстановительном периоде. В группе с исходно гипокапническим типом дыхания на фоне роста МПК/кг на 10% ($p<0,01$), значение показателя β_T уменьшилось на 6% ($p<0,001$), а показателя σ_{QRS} на 20% ($p< 0,05$), что можно рассчитывать, как расширение миокардиальных резервов. В группе с исходно гиперкапническим типом дыхания изменения МПК/кг не зафиксировано, однако значение β_T снизилось на 10% ($p<0,001$).

Факторный анализ установил, что теория избыточных измерений фазового сдвига периодических электрических сигналов сердца описывает частные законы, принципы, методы, математические модели и обеспечивает новую стратегию измерений характеристик биосигналов. Оценка функционального резерва у квалифицированных спортсменов, полученный с помощью фазометрических скоростных показатели электрической активности сердца, характеризует тенденцию развития процессов в сердечно-сосудистой системе, в отличие от результатов, которые получены путем обработки данных в реальном масштабе времени. При анализе графических иллюстраций и усреднённого кардиоцикла в фазовом пространстве состояний сердечной деятельности выявлены ранее не изученные, скрытые при получении информации на основе традиционной электрокардиографии, признаки, которые не регистрируются другими способами диагностики [121–124].

Таким образом, полученные результаты 5ти этапов исследования позволили сформулировать концепцию и методологию фазометрических измерений скоростных показателей электрической активности сердца, верифицированы фазометрические измерения электрического сигнала миокарда и подтверждена достоверность их метрологической оценки в решении задач спортивной медицины.

Определено, что созданная нами методология прогнозирования при фазографии не использовала функцию времени в качестве математического аргумента при проектировании изменения электрического сигнала. В связи с этим фазометрические показатели, характеризующие зафиксированные в системной «памяти» индивидуальные особенности, обеспечили понимание раннего выявления дисфункции миокарда. В решении задач медицинского прогнозирования сердечной деятельности методом фазографии, позволяет изучать закономерности изменения определённых сигналов конкретного спортсмена, прогнозировать начальные патологические изменения в виде количественных признаков. Адаптационные резервы миокарда определялись на основе изменения скорости изменения ЭАС что впоследствии фиксируется в качестве изменения величины ТМП, что подтверждено ведущими специалистами.

Метод стандартной ЭКГ, обладая высокой специфичностью, но низкой чувствительностью, не позволяет оценить изменения её скоростных свойств, и, следовательно, начальных ЭКГ-изменений нарушений миокарда. В связи с этим, нами выполнены исследования, которые позволили уточнить количественное соответствие снижения функциональных резервов миокарда и фазографических показателей электрической активности сердца у квалифицированных спортсменов.

Учитывая многолетние результаты исследования на примере регистрации и детекции изменений электрического потенциала миокарда различных спортивных профессиональных групп, пришли к выводу, что полученные данные позволять представить описание прогностической оценки состояния на грани норма-патология с использованием показателей фазографии.

Установлено, что методология фазографии электрического сигнала заключается в следующих постулатах:

1. Принципиальным основанием прогнозирования при фазометрии является отсутствие функции времени в качестве математического аргумента при проекции изображения электрического сигнала миокарда. Этот факт позволяет распознавать эридитарные 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 α_{QRS} ориентации усредненной фазовой траектории (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}), а также показатели фазового усреднённого кардиоцикла.
3. Эридитарность, как качество системной памяти произошедших ранее событий изменения элетрического сигнала миокарда, с применением фазографического анализа, позволяет прогнозировать дальнейшее течение процессов.
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.

Подводя итог необходимо заключить, что важным вопросом в оптимизации оперативного контроля за функциональным состоянием спортсменов может быть необходимость дополнительного анализа

фазографических скоростных показателей электрической активности сердца, отражающих адаптивные и саногенетические реакции сердечно-сосудистой системы.

Соответственно построение технологий прогностического анализа, основываясь на измерениях скоростных характеристик электрического сигнала, способной идентифицировать последующие процессы, требует дальнейшего дополнительного изучения и развития.

Прогностическая модель с учётом фазовых изменений скоростных показателей электрогенеза миокарда способна отражать системные изменения электрической активности и являться мерой качества функций сердца в процессе приспособления.

Такой подход позволил разрешить проблемные вопросы оперативной неинвазивной диагностики кардиогемодинамики у квалифицированных спортсменов, оптимизировать кардиомониторинг с целью раннего выявления дисфункциональных состояний и создать платформу для новых методов телемедицины.

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

1. 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.

2. Рекомендовано применять определенные референсные границы нормы ФГИ:

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.

3. Для классификации высокого уровня функциональных резервов с учётом вклада каждого фазографического показателя рекомендовано применять следующую формулу расчёта:

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

Высокий уровень резервов, если y>57

4. Для классификации низкого уровня функциональных резервов с учётом вклада каждого фазографического показателя рекомендовано применять следующие формулы расчёта:

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

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

5. Для экспрес-оценки функциональной подготовленности спортсменов рекомендовано применять следующую таблицу значений функциональной подготовленности по значениям показателя симметрии зубца Т (ед):

≥ 0,71 – низкий уровень (МПК ≤ 173 мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$)

0,66–0,71 – средний уровень (МПК=174-183 мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$)

0,50–0,65 – выше среднего (МПК=184-192 мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$)

≤ 0,5 – высокий уровень (МПК ≥ 193 мл/мин$^{-1}$кг$^{-0,75}$)

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

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АД–артериальное давление
Ад–амплитуда диастолическая
АМо–амплитуда моды
АлАТ
АсАТ
ВЭ–вентиляторный эквивалент
ДАД–диастолическое артериальное давление
ДДЦ–длительность дыхательного цикла
ДМП–доля мёртвого пространства
ДП–двойное произведение
ДТМ – дыхательный тренажёр в модификации
ИН–индекс напряжения
КДРЛЖ–конечно-диастолический размер левого желудочка
КДДЛЖ–конечное диастолическое давление левого желудочка
КДР ПЖ –конечно-диастолический размер правого желудочка
КПР–компенсаторно-приспособительная реакция
ЛПС–липополисахарид
ЛП – левое предсердие
Мо–мода
МОК–минутный объём крови
МП –мёртвое пространство
МПК – максимальное потребление кислорода
MCV
MCH
MCHC
PLT
MPV
НР – нарушением ритма
НПР – нарушением процессов реполяризации
ОПСС –общее периферическое сопротивление сосудов
ППЦ – показатель полезности цикла
ПЖ– диаметр правого желудочка в диастолу
РО–резервный объём
РП – регуляторный паттерн
САД –систолическое артериальное давление
СИ–сердечный индекс
ССЗ– сердечно-сосудистое заболевание
СУИ–синдром удлинённого интервала
ТМП–трансмембранный потенциал
ТЗСЛЖ– толщина задней стенки ЛЖ
ТМЖП– толщина межжелудочной перегородки

УИ–ударный индекс
УЗИ–ультразвуковое исследование
УО – ударный объём
ФС–фазовый сдвиг
ФГИ – фазовая графическая иллюстрация
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 и реполяризации ФГИ
ФУК – фазовый усреднённый кардиоцикл
ФВЛЖ – фракция выброса левого желудочка
ЧСС–частота сердечных сокращений
ЭКГ – электрокардиограмма
ЭОС–электрическая ось сердца
ЭПД–электрический потенциал действия
ЭАС – Электрическая активность сердца
УМО – углубленное медицинское обследование

БЛАГОДАРНОСТИ

Приносим благодарности за возможность осуществить научно-исследовательскую работу специалистам и руководству ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», в частности, профессору, доктору биологических наук Букову Юрию Александровичу за консультативную помощь и советы, профессору, доктору медицинских наук, Кубышкину Анатолию Владимировичу за возможность проведения исследований в Центральной научно-исследовательской лаборатории Медицинской академии имени С.И. Георгиевского, коллективу государственного бюджетного учреждения Республики Крым «Центр спортивной медицины» за советы и оказанную помощь в подборе контингента исследуемых спортсменов, сотрудникам Медицинского института Тульского государственного университета профессору, доктору медицинских наук Хадарцеву Александру Агубечировичу и профессору, доктору биологических наук Хромушину Виктору Александровичу за консультативную помощь и поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев, С.Н. Кардиология. Национальное руководство: краткое издание / С.Н. Авдеев, В.Ф. Агафонов, Р.С. Акчурин и соавт. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2012. – 848 с.

2. Агаджанян, Н.А. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям вариабельности сердечного ритма / Н.А. Агаджанян // Теория и практика физ. культуры. – 2006. – № 1. – С. 2-4.

3. Агаджанян, Н. А. Особенности адаптивных реакций кардиореспираторной системы у лиц с различным уровнем легочной вентиляции при сочетанном воздействии гипоксии и гиперкапнии / Н. А. Агаджанян, В. Г. Двоеносов // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2010. – Т. 32. – № 4. – С. 17-21.

4. Агаджанян, Н. А. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Н. А. Агаджанян, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Изд-во РУДН. – 2006. – 284 с.

5. Агаджанян, М.Г. Электрокардиографические проявления хроническогофизического перенапряжения у спортсменов // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. – С. 60-64.

6. Адаптация человека к спортивной деятельности / А.П. Исаев, С.А. Лигачина, Р.У. Гаттарова и др. – Ростов н/Д.: Изд-во РГПУ. – 2004. – 236 с.

7. Аксенов, К. А. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / К. А. Аксенов, Н. В. Гончарова // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 2015. – 104 с.

8. Алешечкин, А. М. Метрология и радиоизмерения: учебное пособие /А. М. Алешечкин, В. М. Мусонов, А. П. Романов // Красноярск: СибФу. – 2008. – 201 с.

9. Амосов, Н.М.Исследование сократительной функции миокарда методом фазовых координат/ Н.М. Амосов, Б.Т. Агапов, Ю.В. Паничкин // Докл. АНСССР. — 1972. – 202. –№ 1. –С. 245–247.

10. Анисимов, Е.А.Современные подходы к дифференциальной диагностике переутомления (синдрома перетренированности) у спортсменов высокого классса / Е.А.Анисимов, С.А.Парастаев, А.В.Жолинский, и соавтр. // В сборнике: СПОРТМЕД-2018. Сборник материалов тезисов XIII Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений, Пятой научно-практической конференции, XII Международной научной конференции молодых ученых. – 2018. –С. 14-16.

11. Аникин, А.П. Система персонального мониторинга и дистанционной диагностики состояния здоровья пациента на основе стандарта беспроводной связи ZigBee / А.П. Аникин и др. // Известия ВУЗов России – Радиоэлектроника. – 2013. – № 3. – С. 23-29.

12. Афанасьева, И.А. Синдром перетренированности у спортсменов: эндогенная интоксикация и факторы врожденного иммунитета / И.А. Афанасьева, В.А. Таймазов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2011. – № 12 (82). – С.24-30.

13. Антонов, В.Н. Спектр скоростных характеристик электрической активности сердца и состояние коронарного кровотока у больных стенокардией: дис. канд. мед. наук / В.Н. Антонов. Челябинск.– 1997. – 147 с.

14. Апанасенко, Г.Л. Физическое здоровье и максимальная аэробная способность индивида. Теория и практика физической культуры. / Г.Л. Апанасенко, Р.Г. Науменко. – М. – 2002. – 135 с.

15. Апанасенко, Г.Л. Здоровье спортсмена: критерии оценки и прогнозирование // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 1. – С.19-21.

16. Апанасенко, Г.Л. Максимальная аэробная работоспособность как критерий оптимальности онтогенеза / Г.Л. Апанасенко // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 1. – С. 67-73.

17. Артеева, Н.В. Глобальные изменения желудочковой реполяризации при аритмогенной дисплазии правого желудочка/ Н.В. Артеева, И.А. Земсков, Т.А. Куриленко, Е.В. Пармон // Трансляционная медицина. – 2018 – Т.5. – №4. – С.35-43.

18. Артеменков,А.А. Динамика вегетативных функций при адаптации к физическим нагрузкам. Теория и практика физической культуры. – 2006. – 4. – С.59-61.

19. Ачкасов, Е.Е. Медицинские аспекты трудовой деятельности спортсмена / Е.Е. Ачкасов и соавт. // Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. – 2016. – № 2. – С. 36-40.

20. Ашмарин, Д.В. Особенности функционального состояния кардиореспираторной системы футболистов в зависимости от особенностей вегетативного обеспечения деятельности / Д.В. Ашмарин // Актуальные вопросы оздоровления, реабилитации и спортивной медицины: сб. науч. тр. – Челябинск. – 2005. – С. 12-15.

21. Баевский, Р.М. Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский // Ультразвуковая и функцион. диагностика. – 2001. – № 3. – С.108-127.

22. Баевский, Р.М. Концепция физиологической нормы и критерий здоровья / Р. М. Баевский // Российский физиологический журнал им. Сеченова. – 2003. – Т. 89. – № 4. – С. 473-487.

23. Бабский, Е.Б. Динамика энергетического обмена в миокарде в течении сердечного цикла / Е.Б. Бабский, Е.В. Богданова // Метаболизм миокарда: материалы 1-го советко-смериканского симпозиума. – М. – 1975. – С. 2260-2267.

24. Балберова, О.В. Динамика показателей физической работоспособности у спортсменов с разной спецификой тренировочного процесса / О.В. Балберова, и соавтр. // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2018. – № 5. – С. 49-56.

25. Бань, А.С. Анализ вариабельности ритма сердца у спортсменов: возможные погрешности / А.С. Бань, Г.М. Загородный, Т.А. Пристром // Материалы V Междунар. науч. конф. по вопр. состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений. – М. – 2010. – С.40-43.

26. Баранов, С.В.Физиология сердца. / С.В. Баранов, В.И. Евлахов, А.П. Пуговкин – СПБ.: Спец. Лит. – 2001. – 140 с.

27. Безуглая, В.П. Перенапряжение сердечно-сосудистой системы у спортсменов: причины, проявления, диагностика, профилактика / В.П. Безуглая // Наука в олимпийском спорте. – 2016. – № 1. – С. 33-39.

28. Белоцерковский,З.Б.ЛюбинаБ. Г., БорисоваЮ.А. Гемодинамическаяреакцияпристатическихидинамическихнагрузкахуспортсменов / З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любина, Ю.А. Борисова //Физиологиячеловека. – 2012. – Т. 5. – 89-94 с.

29. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт. – 2005. – 318 с.

30. Брук, Т.М. Оценка функционального состояния спортсменов и использование НИЛИ для его оптимизации: монография. / Т.М. Брук, О.В. Молотков, З.Н. Прокопюк. – Смоленск. – 2009. – 255 с.

31. Бокерия, Л.А. Природа и клиническое значение «новых ишемических синдромов» / Л.А. Бокерия, И.Н. Чичерин. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2007. – 302 с.

32. Бокерия, Л.А. Концепция регуляции сердечно-сосудистой системы – от управления функциями к согласованию возможностей. Часть 5. Роль

регуляции. Клиническая физиология кровообращения / Л. А. Бокерия, В. А. Лищук, Ш. Д. Газизова и др. – 2013. – № 1. – С.34-44.

33. Бондарев, С.А. Кардиомиопатия вследствие хронического пихоэмоционального стресса – самостоятельное заболевание или проявление иной патологии сердца? / С.А. Бондарев, В.С. Василенко, Н.В. Ефимов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.

34. Бороноев, В.В. Оценка динамики функционального состояния человека по параметрам пульсовой волны / В. В. Бороноев, Б. З. Гармаев, В. Д. Омпоков и др. //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 2-2. – С.277-290.

35. Бойцов, С.А. Национальные рекомендации по допуску спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы к тренировочно-соревновательному процессу / С.А. Бойцов, И.П. Колос, П.И. Лидов, А.В. Смоленский // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. – 2011. – Прил.№ 6. – 60 с.

36. Бойцов, С.А. Анализ сигнала усредненной ЭКГ (по данным вейвлет - преобразования) у здоровых и больных ИБС / С.А. Бойцов, С.Л. Гришаев, В.Н. Солнцев и др. // Вестн. аритмологии. – 2001. – Т. 23. – С. 32-35.

37. Бреслав, И. С. Паттерны дыхания человека при гиперкапнии и гипоксии / И. С. Бреслав, А. М. Шмелева, С. М. Сидиков // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. – 1983. – Т. 69. – № 4. – С.466-471.

38. Бутченко, Л.А. Дистрофия миокарда у спортсменов / Л.А. Бутченко, М.С. Кушаковский, Н.Б. Журавлева. – М.: Медицина, 1980. – 224 с.

39. Бяловский, Ю. Ю. Капнография в общеврачебной практике / Ю. Ю. Бяловский, В. Н. Абросимов. – Рязань: Дело. – 2007. – 142 с.

40. Василенко, В.С. Факторы риска и заболевания сердечно-сосудистой системы у спортсменов / В.С. Василенко, М.Я. Левин, И.Н. Антонова. – СП: СпецЛит. – 2016. – 206 с.

41. Викулов, А.Д. Вариабельность сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов / А.Д. Викулов и соавтр. // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. – № 6. – С. 54-59.

42. Всероссийскоенаучноеобществокардиологов. Национальныерекомендацииподопускукзанятиямспортомиучастиювсоревнованияхспортсменовсотклонениямисостороныcердечно-сосудистойсистемы // Рациональнаяфармакотерапиявкардиологии. – 2011. –Т. 7, № 6. –С.2-60.

43. Волкова, Э.Г. Изучение скорости деполяризации желудочков сердца у больных сочетанными и изолированными формами ишемической болезни сердца и гипертонической болезнью: дис. канд. мед. наук/ Э.Г. Волкова. Челябинск. – 1976. – 142 с.

44. Волкова, Э.Г.Диагностические возможности первой производной ЭКГ в оценке состояния коронарной артерии у больных ишемической болезнью сердца/ Э.Г. Волкова, О.Ф. Калаев, А.Р. Ковынев // Терапевтический архив. – 1990. –№ 3. –С.35-38.

45. Волков, Н.И. Современные методы гипоксической подготовки в спорте //3-й Международный конгресс "Теория деятельности и социальная практика", 26-29 июня 1995 г., Москва. - М.: Физкультура, образование, наука, 1995, с. 27. Гаврилова, Е.А. Внезапная смерть в спорте. / Е.А. Гаврилова // М.: Советский спорт. – 2011. – 193 с.

46. Гаврилова, Е.А. Внезапная смерть в спорте / Е.А. Гаврилова. – М.: Советский спорт – 2011 – 193 с.

47. Гаврилова, Е.А. Стрессорная кардиомиопатия у спортсменов: Автореф. дис. к.м.н. – С.-Пб. – 2001. – 48 с.

48. Гаврилова, Е.А. Синдром перетренированности. Сосременное состояние проблемы / Е.А. Гаврилова //Материалы VII международной научно-практической конференции «Здоровье для всех». – 2017 – 105 с.

49. Генкин, А.А. Новая информационная технология анализа медицинских данных / А.А. Генкин.– СПБ: Политехника. –1999. – 192 с.

50. Голобородько, Е.В. Шулепов П.А. Методические подходы к оценке эффективности новых технологий спортивной медицины. / Е.В. Голобородько, П.А. Шулепов // Курортная медицина. – 2018. –№ 2. – С. 43-54.

51. Гордеева, М.С. ЭКГ-признаки ранней реполяризации желудочков (феномен и синдром ранней реполяризации желудочков) / М.С. Гордеева и соавт. // Трансляционная медицина. – 2018 – Т.5. – №4. – С.23-34.

52. Гордиенко, А.И. Уровни естественных антител к липополисахаридам энтеробактерий у постоянных доноров Республики Крым / А.И. Гордиенко и соавт. // Імунологія та алергологія (Иммунология и аллергология). – 2003. – № 4. – С.31

53. Гошка, С.Л. Изменение амплитуды зубца Т и длительности интервала Tpeak-Tend на электрокардиограмме у человека при проведении пробы Вальсальвы / С.Л. Гошка и соавт. // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2009. – № 2 (25). – С. 321-322.

54. Граевская, Н.Д. Влияние спорта на сердечно-сосудистую систему [Текст] / Н.Д. Граевская. – М.: Медицина, 1975. – 278 с.

55. Гришин, О.В. Вариабельность легочного газообмена и дыхательного ритма / О.В. Гришин, В. Г. Гришин, Ю. В. Коваленко // Физиология человека. – 2012. – Т. 38. – № 2. – С. 87-93.

56. Гришин, О.В. Капнографические показатели паттерна дыхания в норме и при психогенной одышке / О. В. Гришин, В. Г. Гришин, Д. Ю. Урюмцев // Физиология человека. – 2012. – Т. 38. – № 4. – С. 59.

57. Гуревич, Т.С. Особенности электрокардиограммы спортсменов с признаками соединительнотканной дисплазией сердца/ Т.С.Гуревич // «Кардиоваскулярная терапия и профилактика».–2018. –С.91-92.

58. Дегтярёва, Е.А. Миокардит у юных спортсменов / Е.А. Дегтярёва и соавт. // Казанский медицинский журнал. – 2015. – Т.96. – No4. – С. 669-674.

59. Дембо, А.Г. Спортивная кардиология / А. Г. Дембо, Э. В. Земцовский // Л.: Медицина. – 1989. – 364 с.

60. Дембо, А.Г. О синдроме перенапряжения левого желудочка у здоровых людей. Кардиология. – 1962. – №3. – С.70-78.

61. Дмитриева, Н.В. Системная электрофизиология: Системный анализ электрофизиологических процессов / Н.В. Дмитриева // М.: «Книжный дом», 2-е изд. – 2015. – 252 с.

62. Дмитриева, Н.В. Адаптивная норма человека / Н.В. Дмитриева //М.: ЛЕНАНД. – 2015. – 184 с.

63. Дубровский, В.И. Экогигиена физической культуры и спорта / В.И. Дубровский, Ю.А. Рахманин, А.Н. Разумов.– М: Гуманитар. Изд. Центр ВЛФДОС. – 2008. – 551 с.

64. Дышко, Б.А. Головачев А. И. Инновационные подходы к совершенствованию физической работоспособности спортсменов на основе применения тренажеров комплексного воздействия на дыхательную систему / Б.А. Дышко, А.И. Головачев //Вестник спортивной науки. – 2011. – № 1. – С. 7-12.

65. Замараев, Р.Ю. Метод информационно-фазовых диаграмм для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы / Р.Ю. Замараев, А.Б.Логов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2016. – Т. 15. – № 2. – С. 310-314.

66. Земцовский, Э.В. Спортивная кардиология: Монография / Э.В. Земцовский. – СПб.– 2005. – 448 с.

67. Земцовский, Э.В. Современные представления о стрессорной кардиомиопатии у спортсменов / Э.В. Земцовский // Избранные лекции по спортивной медицине. – М. – 2008. – Т. 2. – С. 69-92.

68. Загородный, Г.М. О создании автоматизированной информационно-аналитической системы «Электронная карта спортсмена» / Г.М. Загородный и соавт. // Прикладная спортивная наука. – 2017. – № 2 (6). – С. 116-124.

69. Зайчик, А.Ш. Общая патофизиология с основами иммунопатологии / А. Ш. Зайчик, Л. П. Чурилов // 4-е изд. СПб.: ЭлБи. – 2008. – 656 с.

70. Зилов, В.Г. Экспериментальные исследования статистической устойчивости выборок кардиоинтервалов / В.Г. Зилов и соавт. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2017. – Т. 164. –№ 8. – С. 136-139.

71. Ибрагимова, Т.В. Респираторная синусовая аритмия у спортсменов циклических видов спорта // Неинвазивная аритмология. – 2017. – Т. 14. –№ 2. – С. 90-95.

72. Иванова, Н.В. Влияние специфики двигательной деятельности на вариабельность сердечного ритма спортсменов: по данным амбулаторного мониторирования / Н.В. Иванова. – Ярославль. – 2003. – 123 с.

73. Ильин, В.Н. Распространенность и формирование хронического утомления у квалифицированных спортсменов / В.Н. Ильин, А.Р. Алвани // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2016. – № 3. – С.11-17.

74. Иорданская, Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений. Этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования / Ф.А. Иорданская, М.С. Юдинцева // М.: Советский спорт. – 2011. – 142 с.

75. Иванов, Г. Г. Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика / Г. Г. Иванов, А. С. Сула // М.: Техносфера. – 2009. – 192 с.

76. Иванов, Г.Г. Структурное и электрофизиологическое ремоделирование миокарда: определение понятия и применение в клинической практике / Г.Г. Иванов и соавт. // Функциональная диагностика. – 2003. – № 1. – С.–101-109.

77. Карпман, В.Л. Динамика кровообращения у спортсменов / В.Л. Карпман, Б.Г. Любина. – М.: Физкультура и спорт. – 1982. – 135 с.

78. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б.Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт. – 1988. – 208 с.

79. Карпенко, Ю.Д. Физиологические механизмы функционирования и реактивности кардиореспираторной системы у юношей/ Ю.Д. Карпенко //

Автореферат дис. доктора биологических наук / Казан. (Приволж.) федер. ун-т., Казань. – 2014. – 41 с.

80. Карпенко, Ю.Д. Динамика функционального состояния и адаптационных процессов у юношей / Ю. Д. Карпенко // Гигиена и санитария. – 2012.– № 4. – С. 61-63.

81. Коваленко, В.Н. Диагностическая ценность электрокардиографии в фазовом пространстве для скрининга ишемической болезни сердца / В.Н. Коваленко соавт. // Укр. кардіол. журн. (Украинский кардиологический журнал) – 2007. – № 6. – С. 13-19.

82. Коган,О.С. Спорт высших достижений в контексте патологии сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных спортсменов / О.С. Коган, С.Д. Галиуллина// Теория и практика физической культуры. – 2018. – № 4. – С. 59-61.

83. Колоскова, Н.Н. Определение пикового потребления кислорода: физиологические основы и области применения / Н.Н. Колоскова, К.В. Шаталов, Л.А. Бокерия // Креатив. кардиология. – 2014. – № 1. – С. 48-57.

84. Котенко, К.В. Современные методы скрининг-диагностики психофизиологического состояния, функциональных и адаптивных резервов организма / К.В. Котенко, С.М. Разинкин, Н.В. Котенко, И.И. Иванова // Физиотерапевт. – 2013. – № 4. – С. 11-19.

85. Колчинская, А.З. Система дыхания, гипоксия и возраст / А. З. Колчинская // Физиологический журнал. – 1981. – Т. XXVII. – № 3. – С. 419-424.

86. Комаров Ф.И. Начальная стадия сердечной недостаточности / Ф. И. Комаров, Л. И. Ольбинская -М. Медицина, 1978. – 37 с

87. Кондратов, В.Т. Новая эра развития теории метрологической надежности – функция распределения Кондратова – Вейбулла, ее разновидности, свойства и функциональные возможности / В.Т. Кондратов // Законодательная и прикладная метрология. – 2009. – № 2. – С. 21-22.

88. Кондратов, В.Т. Теория избыточных измерений: решение метрологических задач избыточных измерений физических величин ненаправленного действия с приписываемой объекту измерений математической моделью. Сообщение 2 / В.Т.Кондратов // Весник Хмельницького национального университета. Технические науки. – 2013. – № 2. – С. 239-250.

89. Китанина, К.Ю. Совершенствование методов исследования здоровья населения с использованием алгебраической модели конструктивной логики / К. Ю. Китанина, В. А. Хромушин, Д. А. Аверьянова // Вестник новых медицинских технологий. – 2015. – Т.22. – № 3. – С. 8-14.

90. Коган, О.С. Спорт высших достижений в контексте патологии сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных спортсменов / О.С. Коган, С.Д. Галиуллина // Теория и практика физической культуры. – 2018. – № 4. С. 59-61.

91. Костродымов, Н.Н. Инновационный потенциал кардиологии – в практику / Н. Н. Костродымов, А. Н. Разумов, В. Д. Володин // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Под общей редакцией Е. П. Ткачевой. – 2017. – С. 104-110.

92. Котенко К.В. Интегральная оценка уровня здоровья и адаптационных резервов организма спортсменов и лиц, активно занимающихся спортом, с помощью современных аппаратно-программных комплексов скрининг-диагностики / Котенко К.В. и соавт. //Медицина для спорта. Материалы I Всероссийского конгресса с международным участием. – 2011. – 228 с.

93. Кравченко, В.Ф. Попов А.Ю. Дискретизация и цифровая фильтрация электрокардиограммы / Ф.П. Кравченко, А.Ю. Попов // Зарубежная радиоэлектроника. – 1996. – № 1. С.38-44.

94. Красноперова, Т.В. Состояние центральной гемодинамики у спортсменов с различным уровнем активности вегетативной регуляции ритма

сердца независимо от видов спорта в покое / Т.В. Красноперова, Н.И. Шлык, Г.А. Геровская // Теория и практика оздоровления населения России: материалы II Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Ижевск, 2005. – М., 2005. – С. 139-140.

95. Красичков, А.С. Методы обработки биологических сигналов в условиях сложной сигнально-помеховой обстановки / А.С. Красичков. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2015. – 180 с.

96. Курако, М.А. Количестенный морфологический анализ медицинских изображений на основе шиарлет-преобразования / М. А. Курако и соавт. // В сборнике: Моделирование неравновесных систем – 2017. Материалы XX Всероссийского семинара. – 2017. – С. 75-79.

97. Ланг, Г.Ф. О поражениях сердечной мышцы и об электрокардиографических проявлениях с биохимической точки зрения. В кн.:Вопросы патологии кровообращения и клиники сердечно-сосудистых болезней / Г.Ф. Ланг.– Л.: Биомедгиз. – 1936. – Вып. I. –С. 77-137.

98. Левашова, О.А. Неинвазивная диагностика функционального состояния миокарда у детей-спортсменов на основе анализа скоростных характеристик электрической активности сердца / О.А. Левашова, С.Ю. Левашов // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2016. – № 4(12). С. 26-34.

99. Левашова, О.А. Скоростные характеристики электрической активности сердца у мальчиков в различные возрастные периоды / О.А. Левашова, Э.Г.Волкова, С.Ю. Левашов // Материалы научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения проф. М.В. Бургсдорфа. – Челябинск, – 1997. – С.22.

100. Логов, А. Б. Кардиодиагностика в информационно-фазовом пространстве / А. Б. Логов, Р. Ю. Замарев //Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2015. – Т. 14. – № 1. – С. 117–121.

101. Макарова, Г.А. Электрокардиограмма спортсмена: норма, патология и потенциально опасная зона / Г.А. Макарова и соавт. // Москва. – 2018. –Сер. Библиотечка спортивного врача и психолога. – 256 с.

102. Макарова, Г.А. Межсистемный анализ факторов риска как основа профессионально-ориентированной спортивной медицины / Г. А. Макарова, Е. Е. Ачкасов, С. А. Локтев // Спортивная медицина: наука и практика. – 2016. –Т. 6. – № 1(22). – С. 106-111.

103. Майданник,В.Г. СимметриязубцаТнаэлектрокардиограммекакмаркеркардиометаболическогорискаушкольников / В.Г. Майданник // Международный журнал педиатрии, акушерства и гинекологии. – 2013. – Т. 4. – № 3.– С. 35-39.

104. Машковский, Е.В. Влияние регулярных физических нагрузок на морфофункциональное состояние сердечно-сосудистой системы у действующих спортсменов и ветеранов спорта / Е.В. Машковский, Е.В. Ачкасов, О.Т. Богова, Д.О. Винничук // Спорт. медицина: наука практика. – 2014. – № 1. – С. 22-31.

105. Мельник, О.В. Методы и технические средства для ранней диагностики нарушений в деятельности сердечно-сосудистой системы. Автореф. дис. докт. техн. Наук. – РГРТУ. Рязань. – 2015. С. 231.

106. Методические рекомендации по анализу вариабельности сердечного ритма у спортсменов в видах спорта на выносливость с применением математических методов. – М.: ГКУ «Центр спортивных инновационныхтехнологий и подготовки сборных команд г. Москвы». – 2013. – 65 с.

107. Меркулова, Р.А. Кардиогемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов / Р.А. Меркулова. - М.: Совет. Спорт. – 2012. – 186 с.

108. Меркулова, Р.А. Производительность сердца при мышечной работе у спортсменов разного возраста / Р.А. Меркулова, В.Н. Хельбин - М.: Совет. Спорт. – 2011. – 103 с.

109. Мирошникова, Ю.В. Разработка и обоснование унифицированной шкалы уровня оценки функционального резерва членов сборных команд России / Ю.В. Мирошникова, С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин, В.В. Петрова, А.А. Киш // Медицина экстремальных ситуаций. – 2015. – № 4. – С. 38-44.

110. Михайлова А.В. Перенапряжение спортивного сердца / А.В. Михайлова, А.В. Смоленский // Лечеб. физкультура и спорт. медицина. – 2009. – № 12 (72). – С. 26–32.

111. Михайлова А.В. Перенапряжение сердечно-сосудистой системы у спортсменов: монография / А.В. Михайлова, А.В. Смоленский. – М.: Спорт. – 2019. – 122 с.

112. Медицинский справочник тренера / под ред. В. А. Геселевича. – М.: ФиС. – 1976. – С. 45-46.

113. Мельник, О.В. Интегральный подход к оценке параметров ST-сегмента электрокардиосигнала / О.В. Мельник, А.А. Михеев // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – №5. – С. 8-11.

114. Мельник, О.В. Выбор базисных функций для выявления информативных параметров ST-сегмента электрокардиосигнала / О.В. Мельник, А.А. Михеев // Вестник РГРТА. – Вып. 12. – Рязань. – 2003. – С. 56-59.

115. Мотылянская, Р.Е. Диагностика, профилактика и лечение состояния перетренированности и физического перенапряжения у спортсменов: метод. рек. / Р.Е. Мотылянская. – М., 1982. – 26 с.

116. Морман, Д. Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. – СПБ.: Питер. – 2000. – 250 с.

117. Морозик, А.А. Диагностическая значимость сочетанного анализа электрокардиосигнала на фазовой плоскости и вариабельности ритма сердца удетей с диабетической кардиопатией / А.А. Морозик, Л.С. Файнзильберг // Международный журнал педиатрии, акушерства и гинекологии. –2015. –Т. 7. – № 1. –С. 11-17.

118. Муромцева, Г.А. Распространённость ЭКГ-нарушений в Российской популяции в начале XXI века / Г.А. Муромцева // Профилактическая медицина. – 2018. – Т. 21. – № 2-2. – С. 102.

119. Никитин, Н.П. Особенности диастолической дисфункции в процессе ремоделирования левого желудочка сердца при хронической сердечной недостаточности / Н.П. Никитин, А.Л. Аляви // Кардиология. – 1998, № 3. – С. 56-61.

120. Новосельцев, В.Н. Теория управления и биосистемы. Анализ сохранительных свойств / В.Н. Новосельцев // М.: Наука. – 1978. – 320 с.

121. Оганов, Р.Г. Эпидемию сердечно-сосудистых заболеваний можно остановить усилением профилактики /Р.Г. Оганов, Г.Я. Масленникова // Профилактическая медицина. – 2009. – № 6. – С. 3-7.

122. Оганов, Р.Г. Индивидуальная профилактика сердечно-сосудистых заболеваний. Позиция европейских кардиологических обществ / Р.Г. Оганов, Г.Я. Масленникова // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2017. – Т. 16. – № 1. – С. 4-7.

123. Окишева, Е.А. Оценка информативности новых неинвазивных методов стратификации риска внезапной сердечной смерти (турбулентность сердечного ритма и альтернация зубца Т) у больных, перенесших инфаркт миокарда: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / ГОУВПО «Московская медицинская академия». / Е. А.Окишева // М. – 2011. – 141 с.

124. Окишева, Е. А. Показатели турбулентности ритма сердца и микровольтной альтернации зубца Т у больных, перенесших инфаркт миокарда

/ Е. А. Окишева, Д. А. Царегородцев, В. А. Сулимов // Вестник аритмологии. – 2010. – № 62. – С. 26-31.

125. Октябрьская, Е.В. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных спортсменов по данным кардиоинтервалографии / Е.В. Октябрьская, А.А. Синицинский, А.Л. Томчук // Медицина. Спорт. Здоровье. Олимпиада: материалы IV Рос. науч. форума. – М., 2004. – С. 71-72.

126. Оценка медицинских технологий и формирование политики здравоохранения в странах Европы. Современное состояние, проблемы и перспективы. Серия исследований Обсерватории, ВОЗ / под ред. М.В. Гарридо, Ф.Б. Кристерсен, К.П. Ниелсен, Р. Буссе - выпуск №14. – 2010. – 229 с.

127. Петрова, В.В. Показатель активности регуляторных систем как оценка состояния сердечно-сосудистой системы у юношей, активно занимающихся спортом / В.В. Петрова и соавт. // Санаторно-курортное оздоровление, лечение и реабилитация больных социально значимыми и профессиональными заболеваниями. Материалы V Международного конгресса. – 2013. – С. 228-229.

128. Петрова, В.В. Показатель активности регуляторных систем -как оценка состояния сердечно-сосудистой системы у юношей, активно занимающихся спортом / В.В. Петрова и соавт. //Санаторно-курортное оздоровление, лечение и реабилитация больных социально значимыми и профессиональными заболеваниями. Материалы V Международного конгресса. – 2013. – С. 228-229.

129. Первушин, Ю.В. Резонансные механизмы смены биологических состояний / Ю.В. Первушин // Биофизика. – 1991. – Т. 36. – № 3. –С. 534-536.

130. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения: учебник [для тренеров]: в 2 кн. / В. Н. Платонов // Киев: Олимпийская литература. – 2015. – Т. 1. – 680 с.

131. Платонов, В.Н. Перетренированность в спорте / В.Н. Платонов // Наука в олимпийском спорте. – 2015. – № 1. – С. 19-34.

132. Платонов, В.Н. Адаптация в спорте / В.Н. Платонов // Киев: Здоров’я, 1988. – 216 с.

133. Полунин, И.Н. Биосинергетика сино-атриального узла сердца / И.Н. Полунин, Н. И. Иванова, Н. М. Митрохинаи др. // Астрахань: изд-во Астраханская мед. Академия. – 2000. – 193 с.

134. Пономаренко, Г.Н. Биофизические основы физиотерапии: Учебное пособие / Г.Н. Пономаренко, И.И. Турковский – М.: Медицина. – 2006. – 176 с.

135. Поспелов, Г.С.Искусственный интеллект – прикладные системы / Г. С. Поспелов, Д. А. Поспелов // М.: Знание. – 1985. – 512 с.

136. Превентивная кардиология: руководство / А.В. Виноградов, А.Н.Климов, А. И. Клиорин и др.; под ред. Г. И.Косицкого // Москва: Медицина. – 1987. – 512 с.

137. Путилов, А.А. Системообразующая функция синхронизации в живой природе / А.А. Путилов // Новосибирск: Наука. – 1987. – 145 с.

138. Пятакович, Ф.А. Иерархия режимов управления ритмом сердца на основе анализа энтропийной функции / Ф.А. Пятакович, Т.И. Якунченко // Мат. 2-го международного симпозиума. Проблемы ритмов в естествознании. – 2004. – С. 341-344.

139. Радзевич, А.Э. Электрокардиографические маркеры риска внезапной сердечной смерти. Влияние ишемии и реваскуляризации миокарда / А.Э. Радзевич, А.С. Сметнев, В.В. Попов и др. // Кардиология. – 2001. - № 6. - С. 99-104.

140. Разинкин, С.М. Методологический подход к оценке функционального резерва спортсменов циклических видов спорта / С.М. Разинкин и соавт. // Спортивная медицина: наука и практика. – 2016. – № 1. – С. 26-34.

141. Разинкин, С.М., Котенко Н.В. Информативность комплексной скрининг-оценки состояния здоровья человека / С.М. Разинкин, Н.В. Котенко //Спортивный врач. – 2011. – № 1. – С. 22-28

142. Разумов, А.Н. «Перекрестная адаптация" и законы "переноса тренированности» / А.Н. Разумов, С.Е. Павлов, А.С. Павлов // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2016. – Т. 11. – № 3. – С. 42-52.

143. Распознавание образов и медицинская диагностика /Под ред. Ю. И. Неймарка // М. – 1972. – С. 328.

144. Саркисов, Д.С. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций / Д.С. Саркисов. – М.: Медицина. – 187. – 446 с.

145. Ракчеева, Т.А. Когнитивные представления ритмической структуры ЭКГ / Т.А.Ракчеева // Программные продукты и системы. – 1992. – № 2. –С. 12.

146. Смоленский, А.В. Основные направления развития спортивной кардиологии / А.В. Смоленский, А.В. Михайлова // Наука и спорт: современ. тенденции. – 2013. – № 1. С. 69-79.

147. Смоленский, А.В. Состояния повышенного риска сердечно-сосудистой патологии в практике спортивной медицины/ А.В. Смоленский, Е.Ю. Андриянова, А.В. Михайлова. – М.: ФиС, 2005. – 150 с.

148. Смоленский, А.В. Кардиальные тропонины и нарушение реполяризации у спортсменов / А.В. Смоленский и соавт. // Научно-практический журнал Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2010. – № 9(81). С. 29-34.

149. Стародубов, В.И. Оценка возможности использования новых финансовых инструментов для поддержки проектов биомедицинской тематики / В.И. Стародубов, Н.Г. Куракова, О.А. Ерёмченко и др. // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2014. – Т. 69. – № 5–6. – С. 117-123.

150. Смитенко, О.Л. Оптимизация диагностики и профилактики хронического перенапряжения спортсменов в циклических видах спорта: дис. канд. мед. наук. – М., 2002. – 145 с.

151. Скурихин, В.И. Когнитивная графика как средство интерпретации биоциклических процессов / В.И. Скурихин, Л.С. Файнзильберг, Т.П. Потапова // УСиМ. – 1995. –№ 4/5. –С. 3-10.

152. Судаков, К. В. Функциональные системы / К. В. Судаков. – М. – 2011. – 320 с.

153. Талибов, А.Х. Функциональная кардиология здорового человека при адаптации к систематическим физическим нагрузкам: дис. … д-ра биол. наук. – СПб., 2017. – 322 с.

154. Талибов, А.Х. Особенности реакции кровообращения на различные физические нагрузки в зависимости от уровня тренированности спортсменов / А.Х. Талибов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2009. – № 11. – С. 96-100.

155. Трухачёва, Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica / Н.В. Трухачёва. - М.: ГЕО-ТАР Медиа. – 2013. – 384 с.

156. Титомир, Л.И. Комплексный анализ электрокардиограммы в ортогональных отведениях / Л.И. Титомир, И. Рутткай-Недецкий, Л. Бахарова. – М.: Наука. – 2001. – 237 с.

157. Титомир, Л.И. Электрический генератор сердца / Л.И. Титомир // М.: Наука. – 1980. – 372 с.

158. Тютикова, С.А. Общие закономерности изменения скоростных характеристик электрической активности сердца у лиц летного состава гражданской авиации: дис. канд. мед. наук / С.А. Тютикова. Челябинск. – 2001. – 159 с.

159. Файнзильберг, Л.С. Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы / Л.С. Файнзильберг // К.: Освита Украины. – 2013. – 190 с.

160. 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.

161. 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.

162. Файнзильберг, Л.С. Оценкаэ ффективности применения информационной технологии ФАЗАГРАФ® по данным независимых исследований. УСиМ. – 2014. –№ 2. –С. 84-92.

163. Файнзильберг,Л.С. Разработка телемедицинской ситемы для дистанционного мониторирования сердечной деятельности на основе метода фазаграфии. Восточно-Европейский журнал передовых технологий / Л.С. Файнзильберг, Т.В. Сорока. – 2015. – № 6/9(78).– С. 37-46.

164. Фудин, Н.А. Системный подход к изучению ступенчато-дозированных физических нагрузок у спортсменов различного возраста на беговой дорожке / Н.А. Фудини соавт. // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. 17. – № 4. – С. 95-101.

165. Фудин, Н.А. Медико-биологические технологии в управлении тренировочным процессом и соревновательной деятельностью спортсменов высшей квалификации / А.А. Хадарцев, С.В. Чернышев // Вестник спортивной науки. – 2015. –№ 3. – С. 34-37.

166. Фудин, Н.А. Методология теории функциональных систем как новый подход к управлению тренировочным процессом / Н.А. Фудин, Ю.Е. Вагин, С.Я. Классина // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19. – № 4. – С. 118-121.

167. Флейшман, А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики. Нелинейные феномены в клинической практике / А.Н.Флейшман. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2009. – 194 с.

168. Фрумин, Л.Л. О фазовом портрете электрокардиограммы / Л.Л. Фрумин, М.Б. Штарк // Автометрия. –1993. –№ 2. –С. 51-54.

169. Фейгенбаум, М. Дж. Универсальное поведение нелинейных систем / М. Дж. Фейгенбаум // Успехи физических наук. – 1983. – Т. 141. – Вып. 2. –С. 343-374.

170. Хадарцев, А.А. Лечебно-оздоровительные технологии в ракурсе теории хаоса и самоорганизации систем (краткий обзор литературы) / А.А. Хадарцев, В. М. Еськов // Вестник новых медицинских технологий. (Электронное издание). – 2015. – Т. 9. –№ 3. – С. 32.

171. Хадарцев, А.А. Теория функциональных систем П. К. Анохина, К. В.Судакова с позиций теории хаоса и самоорганизации систем / А. А. Хадарцев, В. М. Еськов, Н. А. Фудин, В. Г. Зилов // В сборнике: Перспективы вузовской науки к 25-летию вузовского медицинского образования и науки Тульской области. – Тула. – 2017. – С. 108-122.

172. Халфен, Э.Ш. Клиническое значение исследования скоростных показателей зубца Т ЭКГ / Э. Ш. Халфен, Л. С. Сулковская // Кардиология. – 1986. – № 6. – С. 60-62.

173. Халфен, Э.Ш. Единая система электрокардиографических заключений по синдромальному анализу ЭКГ. Методические рекомендации. – М.: Медицина. – 1982. – 45 с.

174. Хромушин, В.А. Информатизация здравоохранения / В.А.Хромушин, А.В. Черешнев, Т.В. Честнова // Тула: ТулГУ, 2007. – 207 с.

175. Черепанова, Т.В. Морфологический анализ медицинских изображений на основе шиарлет-проеобразования / Курако М. А. и соавт. // Медицина и высокие технологии. – 2017. – № 4. – С. 68-75.

176. Шарыкин, А.С. Бадтиева В.А., Павлов В.И. Спортивная кардиология. Руководство для кардиологов, педиатров, врачей функциональной диагностики и спортивной медицины, тренеров / А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, В.И. Павлов. – 2017. – М.: Икар. – 328 с.

177. Шаханова, А.В. Влияние спортивной деятельности на онтогенетическое развитие и функционально-адаптивные возможности юных спортсменов на примере футбола и баскетбола / А. В. Шаханова, А. А. Кузьмин // Наука. Образование. Молодёжь: материалы V Всерос. науч. конф. молодых учёных. – Майкоп: Изд-во АГУ, 2008. – Т. III. – С. 31-36.

178. Шилинскайте, З.И. Первая производная электрокардиограммы у здоровых лиц и у больных ишемической болезнью сердца: автореф. дис. канд. мед. наук / З.И. Шилинскайте. – Каунас, 1965. – 24 с.

179. Шик, Л.Л. Управление вентиляцией легкого при мышечной нагрузке у здоровых нетренированных лиц / Л.Л. Шик, Р.С. Винницкая, Т.А. Ханларова // Физиологический журнал. – 1987. – Т. 33. – № 3. – С. 3-7.

180. Школьник, Н.М. Тетраполярная грудная реография, как метод оценки насосной функции сердца у спортсменов циклических видов спорта / Н.М. Школьник // Теория и практика физической культуры. – 1987. – № 5. – С. 50-51.

181. Школьникова, М.А. Сердечные аритмии и спорт грань риска // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2010. – № 1. –С. 4-12.

182. Шлык, Н.И. Ритм сердца и тип вегетативной регуляции у спортсменок в беге на средние дистанции в тренировочном процессе / Н.И. Шлык, Е. Н. Сапожникова // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. – 2010. – № 3–4. – С. 17-23.

183. Шлык, Н.И. Типологические характеристики функционального состояния регуляторных систем у школьников и юных спортсменов / Н. И.Шлык // Физиология человека. –2009. –№ 6. – С. 85-93.

184. Швелнус М. Олимпийское руководство по спортивной медицине / Под ред. В.В. Уйба. – М. – 2011. – 672 с.

185. Шаповалов В.И. Основы теории упорядочения и самоорганизации/ В. И. Шаповалов // – М.: Фирма «Испо-Сервис». – 2005. – 296 с.

186. Эмануэль, Л.Ю. Сосудистые сопротивления, сократимость сердца и регуляция частоты сердечных сокращений в покое и при мышечной работе: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Эмануэль Л.Ю. – М., 2007. –22 с.

187. Юрковский, О.И. Методы взятия крови для клинико-лабораторных исследований /О.И. Юрковский // Медицинская помощь. – 1998. – № 5. – С. 27-30.

188. Яхно В. Г. Исследование динамических режимов нейроподобных систем / В. Г. Яхно, И. В. Нуйдель и др. // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2004. – № 1. – С. 126–148.

189. Яшин, А. А. Живая материя. Физика живого и эволюционных процессов / А. А.Яшин // М. – ЛКИ. – 2010. – 264 с.

190. Aras, K. Spatial organization of acute myocardial ischemia / K. Aras, B. Burton, D. Swenson, R. MacLeod // J. Electrocardiol. – 2016. – Vol. 49, N 3. – P. 323–336.

191. Armstrong, L.E. Van Heest J.L. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: Clues from depression and psychoneuroimmunology / L.E. Armstrong, J.L. Van Heest // Sports Med. – 2002. – Vol. 32. – P. 185-209.

192. Antzelevich, C. Molecular genetics of arrhythmias and cardiovascular conditions associated with arrhythmias / C. Antzelevich // J. Cardiovas Electrophysiol. –2003. Vol. 14. – P. 1259-1272.

193. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association. Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing) / Gibbons R., Balady G., Bricker T., Chaitman B., Fletcher G., Froelicher V., Mark D., McCallister B., Mooss A., O'Reilly M., Winters W. // Circulation. – 2002. – 106. – Pp. 1883-1892.

194. Aktas, M. Global Risk Scores and Exercise Testing for Predicting All-Cause Mortality in a Preventive Medicine Program /M. Aktas, V. Ozduran, C. Pothier, R. Lang and M. Lauer // JAMA. – 2004. – 292, pp. 1462-1468.

195. Arstaill, M.A. The prevalense of ST segment depression on ambulatory electrocardiographic monitoring during daily life in high-risk asymtomatic police officers / M.A.Arstaill, R.D. Wuttke, J. Arthur etc. // Cardio Risk. – 1994. – 1. – Pp. 143-148.

196. Ashley, E.A. Exercise testing and clinical medicine / E.A. Ashley, J. Myers, V. Froelicher // Lancet. – 2000. – 356. – Pp. 1592-1597.

197. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. Am. J. Respir Med, 2003. – 167. – Pp. 211-277.

198. Balady, G.J. Clinicians Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. A Scientific Statement from the American Heart Association / G.J. Balady, R. Arena, K. Sietsema // Circulation. –2010. – № 122. – P. 191-225.

199. Batchvarov, V.N. QT-RR relationship in healthy subjects exhibits substantial intersubject variability and high intrasubject stability /V.N. Batchvarov, A. Ghuran, P. Smetana, K. Hnatkova etc// Am. J. Physiol Heart Circ. Physiol. June 2002. – 282 (6). – H2356-H2363.

200. Bazett, H.Analysis of the time relations of electrocardiograms // Heart. – 1920. – Vol. 7. – P. 353-370.

201. Belkic, K. Evidence for mediating econeurocardiologic mechanisms / Belkic K. // Ocupational medicine. The workplace and cardivascular disease. Philadelphia. – 2000. – Pp. 117-162.

202. Blumental, J.A. Mental stress-induced ischemia in the laboratory and ambulatory ischemia during daily life // Blumental J. A., Jiang W., Waugh R. A. etc. // Circulation. – 1995. – 92. – Pp. 2102-2108.

203. Bloomer, R.J. Racial differences in postprandial oxidative stress with and without acute exercise / R.J. Bloomer, B. Cole, K.H. Fisher-Wellman // Int. J. Sport Nutr. and Exercise Metabol. – 2009. – Vol. 19(5). – P. 457-472.

204. Bian, C. Modified permutation-entropy analysis of heartbeat dynamics / C. Bian, C. Qin, Q. D. Ma, Q. Shen // Physical Review E. – 2012. – No. 85.

205. Blunkertz, B. The BCI Competition 2003: progress and perspectives in detection EEG single trials / Blunkertz B., Vaughan T. M., Schalk G., Schlogl A. etc. // IEEE Trans Biomed ENG, 2004. – Jun, 51 (6). – Pp. 1044-1051.

206. Boraita, A. Sudden Death and Sport. Is There a Feasible Way to Prevent it in Athletes? // Rev. Esp. Cardiol. – 2002. – Vol.55. – Nº4. – P. 333-336.

207. Braith, R.W. Stewart K.J. Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease / R.W. Braith, K.J. Stewart // Circulation. – 2006. – V. 113. – P. 2642.

208. Brancaccio, P. Serum enzyme monitoring in sports medicine / P. Brancaccio, N. Maffulli, R. Buonauro, F. M. Limongelli // Clin. Sports Med. – 2008. – Vol. 27, N 1. – P. 1–18.

209. Buchheit, M. Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load / M. Buchheit, C. Gindre // Am. J. Physiol. – 2006. – Vol. 291. – P. 451-458.

210. Chaitman, B.R.For the combination of ranolazine in stable angina (carisa) investigators. Effects of ranolazine with atenolol, amlodipine, or diltiazem on exercise tolerance and angina frequency in patients with severe chronic angina / B.R. Chaitman, C.J. Pepine, J.O. Parker etc. // JAMA. – 2004. – Vol. 291. – P. 309-316.

211. Cognitive graphic image of electrocardiosignal as means for functional human state interpretation / L.S. Fainzilberg, T.I. Aksenova, T.P. Potapova, V. JuShelechova // International Jornal of Information Theories and Applications. – 1994. – 2. – P. 20-26.

212. Corrado, D Sreening for hypertrophic cardiomyopathy in young athletes / D. Corrado, C. Basso, M. Schiavon, et al. // N. Engl. J. Med. – 1998. – V. 339. – p. 364-369.

213. Corrado, D. Cardiovascular preparticipation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of

Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology / D. Corrado, A. Pelliccia., H.H. Bjornstad, et al. // Eur. HeartJ. –2005. –Nº26. –P. 516-524.

214. Corrado, D. Recommendations for interpretation of 12-leadelectrocardiog in the athlete / D. Corrado, A. Pelliccia. et al. // // Eur. Heart J. 2010. Vol.31, Nº2. P. 243-259.

215. De Angelis, K. Exercise training changes autonomic cardiovascular balance in voice / De Angelis K., Wichi R. B., Jesus W. R. A., Moreira et al. // J Appl. Physiol.– 2004. – 96. – Pp. 2174-2178.

216. Di Napoli, P. Long-term cardioprotective action of trimetazidine and potential effect on the inflammatory process in patients with ischemic dilated cardiomyopathy /P. Di Napoli, A.A. Taccardi, A. A. Barsotti // Heart. – 2005. – Vol. 91. – P. 161-165.

217. Di Bernardo, D. Computer model for study of cardiac repolarization / D. Di Bernardo, A. Murray // J. Cardiovasc. Electrophysiol. – 2000. – Vol. 11. – P. 895-899.

218. Dhalla, N.S. Role of oxidative stress in cardiovascular disease / N.S. Dhalla, R.M. Temsah, T. Netticadan // J Hypertension. – 2000. – Vol. 18. – P. 655-673.

219. Drezner, I.A Electrocardiographic screening in national collegiate athelic association athletes / I.A Drezner et al. – The American Journal of Cardiology. 2016. –118(S). – P. 7S4-759.

220. Estes, M. III MD; Link M.S.; Homoud M., et al.. ECG findings in active patients: differentiating the benign from the serious / M. Estes et al. // The physician and sportmedicine. – 2001. – V. 29. – №.3.

221. Exercise and Heart Failure. A Statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention. Exercise Standards for Testing and Training. A Statement for Healthcare Professionals from the American Heart Association. – Circulation, 2001. –104. – P. 1694.

222. Faganeli, J. Automatic distinguishing between ischemic andheart-rate related transient ST segment episodes in ambulatory ECG records / J. Faganeli, F. Jager // Computers in Cardiology. – 2008. – P. 381-384.

223. Fainzilberg, L.S. Nowa metoda interpretacji zapisu EKG w balaniach skriningowych oraz w opiece domowej. Zdrowie publiczne (Public Health). –2005. – Vol. 115. –№ 4.P. 458-464.

224. Fainzilberg, L.S. Glushauskene G.A. Narrow-band Rejection Filter for Suppression of Harmonic Concentrated Interference on the Basis of Discrete Fourier Transform/ L.S. Fainzilberg, G.A. Glushauskene Journal of Automation and Information Sciences. – 2009. – Vol. 41. – Iss. 8. P. 55-70.

225. Fainzilberg,L.S. Potapova T. Computer Analysis and Recognition of Cognitive Phase Space Electro-Cardio Graphic Image / L.S. Fainzilberg, T.P. Potapova // Proc. of the 6-th Int. Conf. on Computer Analysis of Images and Patterns (Prague, Sept. 1995). – Prague: Springer. – 1995. – P. 668-673.

226. Finocchiaro, G. Etiology of Sudden Death in Sports / Finocchiaro, G. et al. //. Journal of the American College of Cardiology. – 2016. – 67(18). – P. 2108-2115.

227. Fragakis N. Pagourelias E.D., Koskinas K.C., Vassilikos V. Arrhythmias in athletes: evidence-based strategies and challenges for diagnosis, management, and sports eligibility. Cardiol. Rev. –2013. –Vol. 21. –№ 5. –P. 229-238.

228. Franz, M. Monophasic action potential mapping in human subject with normal electrocardiograms: direct evidence for the genesis of the T wave / M. Franz, et al. // Circulation. – 1987. – Vol. 75. – P. 379-386.

229. Frick, M. Pachinger O., Polzl G. Myocarditis and sudden cardiac death in athletes. Diagnosis, treatment, and prevention / M. Frick, O. Pachinger, G. Polzl // Herz. – 2009. – Vol.34. – Nº4. – P. 299-304.

230. Giusti, G. Physiological hypertrophy (the athlete's heart) / G. Giusti // Left Ventricular Hypertrophy // Ed. by Desmond J. Sheridan. London, Churchill Livingstone. –1998. –P.165-170.

231. Gibbons, R.J. American College of Cardiology.American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology. American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines) / R.J. Gibbons et al. // Circulation. – 2002 Oct 1. – Vol. 106 (14). – P.1883-1892.

232. Goldberger, A.L. Fractal mechanisms in the electrophysiology of the heart / A.L. Goldberger //IEEE Eng. Med. Biol. – 1992. –№ 11. –P. 47-52.

233. Hanne-Paparo, N.Common ECG changes in athletes / N. Hanne-Paparo, Y. Drory, Y.S. Schoenfeld. et al. // Cardiology. –1976.– V.61 –(4). – P.267-278.

234. Hart, G. Exercise-induced cardiac hypertrophy: a substrate for sudden death in athletes? / G. Hart // Exp. Physiol. –2003. –Vol. 88.–№ 5. –P. 639-644.

235. Harmon, K.G. American Medical Society for Sports Medicine position statement: concussion in sport / K.G. Harmon et al. // British Journal of Sports Medicine. –2013. – Vol. 47. – Nº1. – P. 15-26.

236. Hill, J. ABC of clinical electrocardiography. Exercise tolerance testing / Hill J., Timmis A. // Clinical review. BMJ. –2002. – 324. – Pp. 1084-1087.

237. Iacoviello, M. Ventricular repolarization dynamicity provides independent prognostic information toward major arrhythmic events in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy / M. Iacoviello et al.// J Am Coll Cardiol. – 2007 Jul 17. – Vol. 50 (3). – P. 232-233.

238. Jung, T.P. Component analysis of singl-rial event-related potentials /T.P. Jung// Hum. – 2001. – 3. – Pp. 168-185.

239. Kaski, J. Cardiac syndrome X: diagnosis, pathogenesis and management / J. Kaski // Am. J. Cardiovasc. Drugs. – 2004. – Vol.4.– Nº3. –P. 179-194.

240. Kindermann, W. The right heart in athletes. Do we really have sufficient evidence for exercise induced arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy? / W.

Kindermann, D. Corrado, J. Scharhag // Herzschrittmacherther Elektrophysiol. – 2012. – Vol. 23, N 2. – P.144-145 (Article in Dutch).

241. Kimberly, G. Overtraining Syndrome. A Guide to Diagnosis, Treatment, and Prevention / G. Kimberly, A. Rubin. // The physician and sportmedicine. – 2003. –V.31. – № 6.

242. Kligfield, P. Exercise electrocardiogram testing: beyond the ST segment / P. Kligfield, M.S. Lauer // Circulation. – 2006. – Vol. 114. – P. 2070-2082.

243. Lazzara, R.Amer. Y. Cardiol. /R. Lazzara, B.I. Scheriag. –1990. – V.61. – P. 20-26.

244. Lauschke, J. Athlete's heart or hypertrophic cardiomyopathy? / J. Lauschke, B. Maisch //Clin. Res. Cardiol. – 2009. – Vol. 98, N 2. – P. 80-88.

245. Lee, S.Y. Stress-induced cardiomyopathy presenting as acute myocardial infarction / S.Y. Lee et al. Yonsei // Med J. – 2002.– Oct. 43(5). – 670-4.

246. Letsas, K.P. Sacher F., Probst V. Et al. Prevalence of early repolarization pattern in inferolateral leads in patients with Brugada syndrome / K.P. Letsas, F. Sacher, V. Probst et. al. // Heart Rhythm. – 2008. – Vol. 5. –№ 12. – P. 1685-1689.

247. Levashova O.A. New approaches to evaluation ex children Heart adaptation / O.A. Levashova, E.G. Volkova, S.Y. Levashov // 3 rd international Heart Health Conference. – Singapore. – 1998. – 287p.

248. Mackinnon, L.T. Overtraining and overreaching: causes, effects, and prevention / L.T. Mackinnon, S.L. Hooper // Exercise and Sport Science/Ed. Garrett WE, Kirkendall DT. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins.– 2000. –p. 487-498.

249. Markov L.N. Sports disease: [overtraining] / L.N. Markov // Teoriya i praktika fiz. kultury. – 1988. – №7. – P. 43-45.

250. Murugan, S. Rule Based Classification Of Ischemic ECG Beats Using Ant-Miner / S. Murugan, S. Radhakrishnan // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2010. – Vol. 2(8).– P. 3929-3935.

251. Monasterio, V. Multilead analysis of t-wave alternans in the ecg using principal component analysis / V. Monasterio, P. Laguna, J. P. Martínez // IEEE Trans-act. On Biomed. Eng. –2009. –Vol. 56 (7). –P. 1880-1890.

252. Mitchell, JH. Task Force 8: classification of sports. / JH Mitchell, W Haskell, P Snell, SP Van Camp. // J Am Coll Cardiol -2005 - 45(8) –p. 1364-7.

253. Mitchell, JH. Cardiovascular adaptation to physical activity. // JH Mitchell PB. // Physical Activity, Fitness, and Health: International Proceedings and Consensus State-ment. Champaign, IL: Human Kinetics – 1994 –p.286 –98.

254. Nikolaeva, I.V. Application of hypoxically-hypercapnic trainings in alarm spectrum patients and their effect on the performances of lipid oxidation and antioxidant system / I.V. Nikolaeva et al. // J. Austria science – 2019. – №23(1) – P. 33-36.

255. Otsuki, T. Effects of athletic strength and endurance exercise training in young humans on plasma endothelin-1 concentration and arterial distensibility / T. Otsuki, S. Maeda, M. Iemitsu et al. // Exp. Biol. Med. –2006. –V. 231.–P. 789.

256. Parlitz, U. Classifying cardiac biosignals using ordinal pattern statistics and symbolic dynamics / U. Parlitz, S. Berg, S. Luther, A. Schirdewan, J.Kurths, N. Wessel // Computers in Biology and Medicine. – 2012. – No. 42. – P. 319-327.

257. Petibois, C. Biochemical aspects of overtraining in endurance athletes / C. Petibois, G. Cazorla // Issues of sports medicine: foreign experience. – 2010. – Iss. 1. – P. 3-10.

258. Pelliccia, A. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes / A. Pelliccia, B.J. Maron, F. Culasso et al. //Circulation. –2000. – V.102.–P. 278-284.

259. Pigozzi, F., Spataro A., Fagnani F. et al. Preparticipation screening for the detection of cardiovascular abnormalities that may cause sudden death in competitive athletes / F. Pigozzi, A. Spataro, F. Fagnani et al. // Br. J. Sports. Med. –2003. – V. 37. – P.4-5.

260. Principal component analysis in ECG signal processing / F. Castells, P. Laguna, A. Bollmann et al. // EURASIP J. Appl. Signal Process. –2007. –Vol. 2007. Is. 1. –P. 98–98.

261. Recommendations for exercise testing in chronic heart failure patients. Working Group on Cardiac. Rehabilitation & Exercise Physiology and Working. Group on Heart Failure of the European Society of Cardiology. Working Group: Tavazzi L, Giannuzzi P., Dubach P., Opasich C., Myers J., Perk J., Meyer K., Drexler H. Eur Heart, J. – 2001. – 22. – Pp. 37-45.

262. Rowland, T. Is the ‘Athlete’s Heart’ Arrhythmogenic? Implications for Sudden Cardiac Death / T. Rowland // Medicine & Sci. in Sports & Exercise. – 2011. –Vol. 43. – P. 1552-1560.

263. Richter, M. Phase Space embedding of electrocardiograms / M. Richter, T. Schreiber // Phys. Rev. – 1998. – E 58 (6392). – P. 1-7.

264. Rozsival, V. Is the negative T-wave on the ECG always a sign of ischemia? (human stress cardiomyopathy?) / V. Rozsival // Vnitr Lek. – 2002. – Dec.48 Suppl 1. – P. 210-2.

265. Sasaki, A. Detection of silent myocardial ishemia patients by the spatial velocity electrocardiogram / A. Sasaki, T. Arai, H. Shigeta // Amer. J. Cardiology. – 1999. – Vol. 84. – P. 1081-1083.

266. Sperelakis, N. Phisiology and pathophysiology of the heart / N. Sperelakis. – M., 1990. –T.1. – P. 118-126.

267. Schmied, C. Sudden cardiac death in athletes / C. Schmied, M. Borjesson // J. Intern. Med. – 2014. – Vol.275. – Nº2. – P. 93-103.

268. Shu, J. ST-segment elevation in the early repolarization syndrome, idiopathic ventricular fi brillation, and the Brugada syndrome: cellular and clinical linkage / J. Shu, T. Zhu., L. Yang et. al. // J. Electrocardiol. – 2005. – Vol. 38. –№ 4. – P. 26-32.

269. Siebenmann, C. «Live high–train low» using normobaric hypoxia: a doubleblinded, placebo-controlled study / C. Siebenmann et al. //Journal of AppliedPhysiology. – 2012. – 112.1. – P.106-117.

270. Siddiqui, S. Cardiovascular screening of adolescent athletes / Siddiqui S., Patel D.R. //Pediatr Clin North Am. – 2010 Jun. – Vol. 57 (3). – P. 635-647.

271. Sleriade, S. Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities / Sleriade S., Gloor P., Llinas R. R. et al. // EEG Clin. Neurophysiology, 1990. – Vol. 76, no. 4. – Pp. 481-508.

272. Smetana, P. Ventricular gradient and nondipolar repolarization components increase at higher heart rate / P. Smetana N. Batchvarov, K. Hnatkova et al. // Amer. J. Physiol. – 2004. – Vol. 286. – P. 131-136.

273. Sofi, F. Cardiovascular evaluation, including resting and exercise electrocardiography, before participation in competitive sports: cross sectional study / F. Sofi, A. Capalbo, N. Pucci, et al.// BMJ. – 2008 Jul 3. – P. 337-346.

274. Tonekabonipour, H. Ischemia prediction via ECG using MLP and RBF predictors with ANFIS classifiers / H. Tonekabonipour, A. Emam, M. Teshnelab, M.A. Shoorehdeli // Seventh International Conference on Natural Computation. – 2011. – P. 776-780.

275. Teichholz, L.E. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence of absence of asynergy / L.E. Teichholz, T. Kreulen, M.V. Herman, R. Gorlin // Am. J. Cardiol. – 1976. – Vol. 37. –№1. – P. 7-11.

276. Thiene, G. Prevention of sudden cardiac death in the young and in athletes: dream or reality? / G. Thiene, E. Carturan, D. Corrado, C. Basso // Cardiovasc. Pathol. – 2010. – Vol.19. – N4. – P. 207-217.

277. The effects of EEG data transformations on the solution accuracy of principal component analysis / J.E. Arruda, H.A. McGee, H. Zhang, C.J. Stanny // Psychophysiology. – 2011. –Vol. 48 (3). – P. 370-376.

278. Unsupervised feature relevance analysis applied to improve ECG heartbeat clustering / J.L. Rodríguez-Sotelo, D. Peluffo-Ordõnez, D. Cuesta-Frau, G. Castellanos-Domínguez // Comp. Meth. Prog. Biomed. –2012. Vol. 108. –Is. 1. Oct. –P. 250-261.

279. Uusitalo, A.L. Overtraining: making a difficult diagnosis and implementing targeted treatment / A.L. Uusitalo // Phys. Sportsmed. – 2001. –V.29(5). – P.35-50.

280. Maron, B.J. Sudden death in young competitive athletes. Analysis of 1866 Deaths in the United States, 1980-2006 / B.J. Maron, J.J. Doerer, T.S. Haas, D.M. Tierney, F.O. Mueller // Circulation. – 2009. – Vol. 119. – P. 1085-1092.

281. Maron, B.J. Distinguishing hypertrophic cardiomyopathy from athlete's heart: a clinical problem of increasing magnitude and significance / B.J. Maron // Heart. – 2005. – V. 91. – № 11.– P. 1380-1382.

282. Mayer, J.M. Worksite back and core exercise in firefighters: Effect on development of lumbar multifidus muscle size / J.M. Mayer, J.L. Nuzzo//Work. – 2015. – Vol. 50, no. 4. – Pp. 621-627.

283. Stubert, Z. Temporary Work disability among firemen employed in rescue and fire brigades / Z. Stubert, W. Sobala // Medycyna pracy. – 2000. – Vol. 51. – Pp. 5415-5423.

284. Schmied, C. Sudden cardiac death in athletes / C. Schmied, M. Borjesson // J Intern Med. – 2014 Feb. – Vol. 275 (2). – P. 93-103.

285. Voigt, J.U. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging / J.U. Voigt, G. Pedrizzetti, P. Lysyansky, T.H. Marwick, H. Houle, R. Baumann, S. Pedri, Y. Ito, Y. Abe, S. Metz, J.H. Song, J. Hamilton, P.P. Sengupta, T.J. Kolias, J. d'Hooge, G.P. Aurigemma, J.D. Thomas, L.P. Badano // Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. – 2015. –Vol. 16, № 1. – P. 1-11.

286. Volek, J.S. Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training / J.S. Volek, N.D. Duncan, S.A. Mazzetti et al. // Med. Sci. Sports Exerc. - 1999. – Vol.31. – P.1147-1156.

287. Wasfy, M.M.Sudden death in athletes. Methodist {DcBakey} / M.M. Wasfy, A.M. Hatter, R.B. Weiner // Cardiovascular Jardlac. – 2016. – 12(2). P. 576-580.

288. Wilfried Kindermann. Cardiological screening for the prevention of sudden cardiac death // Medicine matters - UEFA direct. 2004. V.10. p.14-17.

289. Williams, R.I. Strain rate imaging after dynamic stress provides objective evidence of persistent regional myocardial dysfunction in ischaemic myocardium: regional stunning identified? / R.I. Williams, N. Payne, T. Phillips, J. D'hooge, A.G. Fraser// Heart. – 2005 – Vol. 91. –№ 2. – P. 152-160.

290. www.gks.ru./ СайтФедеральной службы государственной статистики.

291. www.mednet.ru./ Сайт федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

292. Yosefy, C. The diagnostic value of QRS changes for prediction of coronary artery disease during exercise testing in women: false-positive rates / C. Yosefy, A. Cantor, L. Reisin et al. // Coron. Artery Dis. – 2004. – Vol. 15. – P. 147-154.

293. Yan, G. Electrocardiographic T-wave: a symbol of transmural dispersion of repolarisation in the ventricles / G. Yan, J. Martin // J. Cardiovasc. Electrophysiol. – 2003. – Vol. 14. – P. 639-640.

294. Zipes, D.P. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: A report of the American College of Cardiology. American Heart Association Task Force and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death) Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Associa tion and the Heart Rhythm Society / D.P. Zipes, A.J. Camm, M. Borggrefe, A.E. Buxton et al.// Europace. – 2006. – Vol. 8. – P. 746-837.

295. Zywienz, C. Goettsch G. & others Methodology of ECG Interpretation in theHanover Program / C. Zywienz, D. Borovsky, Meth. Inf. Med. –1990. –N. 29. –P. 375.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Определение референтных границ дисфункционального состояния по показателям фазового усреднённого кардиоцикла (ФУК)

Математическая модель полная прямая

Переменная цели: X1.

Значение цели: 1.

Маска: нет

Совпало целевых и нецелевых строк: 0.

1. M=272. (70 < X37 <= 96)

Строки: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 53; 54; 55; 56; 57; 63; 66; 74; 75; 77; 80; 85; 86; 87; 88; 89; 90; 91; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103; 104; 105; 106; 107; 108; 109; 111; 112; 113; 114; 115; 116; 117; 118; 120; 121; 122; 123; 125; 126; 127; 128; 130; 131; 134; 136; 137; 138; 139; 140; 141; 142; 144; 145; 146; 147; 148; 149; 151; 152; 154; 155; 156; 157; 158; 159; 161; 162; 163; 164; 165; 166; 167; 168; 171; 172; 173; 175; 176; 179; 180; 181; 182; 184; 185; 186; 187; 188; 190; 191; 192; 193; 194; 195; 196; 198; 199; 201; 202; 203; 204; 205; 206; 207; 208; 209; 210; 211; 212; 213; 214; 215; 216; 217; 218; 219; 220; 221; 222; 223; 224; 225; 226; 227; 228; 229; 230; 231; 232; 233; 234; 235; 236; 237; 238; 239; 247; 250; 258; 259; 263; 264; 265; 267; 268; 269; 270; 272; 274; 276; 277; 278; 279; 280; 283; 285; 286; 287; 288; 289; 290; 292; 293; 294; 295; 296; 1501; 1502; 1503; 1504; 1505; 1506; 1509; 1510; 1511; 1512; 1515; 1518; 1519; 1520; 1521; 1524; 1525; 1526; 1527; 1528; 1529; 1532; 1533; 1534; 1535; 1536; 1537; 1538; 1539; 1542; 1543; 1544; 1545; 1546; 1547; 1548; 1550; 1551; 1552; 1553; 1554; 1555; 1556; 1557; 1559; 1560; 1561; 1562; 1563; 1564; 1565; 1566; 1567; 1568;

2. M=43. (0.14 < X32 <= 0.2)

Строки: 17; 20; 34; 45; 46; 47; 48; 61; 71; 106; 115; 137; 146; 147; 151; 152; 172; 197; 198; 201; 202; 214; 219; 225; 227; 234; 238; 239; 243; 260; 293; 374; 1505; 1506; 1520; 1521; 1532; 1533; 1556; 1557; 1558; 1565; 1566;

3. M=38. (2 < X4 < 2.83)

Строки: 3; 7; 10; 16; 27; 35; 40; 49; 71; 81; 87; 89; 123; 130; 142; 159; 171; 177; 188; 190; 196; 197; 217; 221; 237; 243; 248; 265; 287; 339; 364; 365; 368; 1537; 1543; 1549; 1558; 1564;

4. M=32. (-0.17 < X19 < -0.12)

Строки: 1; 5; 34; 50; 71; 75; 86; 107; 115; 137; 139; 143; 144; 146; 163; 166; 201; 202; 209; 236; 243; 247; 270; 289; 1504; 1505; 1520; 1521; 1535; 1540; 1565; 1567;

5. M=29. (52 < X37 < 57)

Строки: 9; 52; 61; 64; 71; 110; 169; 189; 242; 243; 260; 291; 298; 301; 305; 306; 307; 308; 323; 324; 325; 332; 346; 351; 361; 371; 375; 391; 401;

6. M=22. (203.44 < X9 < 228.22)

Строки: 61; 68; 75; 119; 147; 152; 165; 172; 202; 236; 247; 252; 260; 345; 364; 1516; 1532; 1533; 1555; 1556; 1565; 1567;

7. M=21. (45 < X37 < 47)

Строки: 178; 183; 299; 302; 303; 304; 317; 319; 329; 333; 334; 343; 349; 350; 356; 373; 378; 380; 396; 1530; 1531;

---

8. M=21. (2.64 < X11 < 3)

Строки: 3; 6; 10; 38; 58; 71; 81; 123; 159; 164; 177; 185; 243; 248; 254; 336; 337; 357; 392; 398; 1549;

9. M=21. (6.62 < X9 < 7.25)

Строки: 4; 52; 58; 94; 99; 120; 124; 158; 167; 189; 205; 254; 269; 281; 336; 343; 367; 1507; 1534; 1542; 1562;

10. M=19. (12.54 < X9 < 13.25)

Строки: 66; 85; 133; 135; 168; 176; 259; 272; 335; 341; 346; 358; 369; 394; 399; 1508; 1523; 1527; 1553;

11. M=15. (1.29 < X10 < 1.51)

Строки: 81; 89; 127; 132; 177; 197; 248; 287; 328; 351; 392; 1522; 1536; 1549; 1558;

12. M=15. (-0.12 < X19 < -9.e-002)

Строки: 19; 30; 78; 82; 99; 103; 183; 191; 218; 246; 251; 268; 269; 381; 1531;

13. M=14. (21.77 < X10 < 24.26)

Строки: 41; 47; 69; 146; 147; 152; 227; 228; 256; 344; 390; 1505; 1532; 1533;

14. M=13. (47 < X37 < 52)

Строки: 11; 62; 70; 174; 244; 245; 297; 300; 322; 336; 363; 368; 382;

15. M=12. (45.62 < X4 < 51.74)

Строки: 37; 43; 67; 102; 153; 203; 215; 253; 294; 361; 400; 1541;

16. M=12. (1.86 < X10 < 1.96)

Строки: 8; 106; 114; 121; 138; 148; 293; 295; 308; 347; 1547; 1554;

17. M=12. (89.93 < X13 < 91.3)

Строки: 6; 81; 87; 111; 164; 177; 248; 265; 276; 308; 379; 1549;

18. M=11. (117.17 < X3 < 129.47)

Строки: 65; 67; 253; 262; 306; 328; 330; 339; 345; 366; 381;

19. M=10. (219.01 < X15 < 223.26)

Строки: 60; 145; 161; 240; 311; 323; 350; 387; 1550; 1552;

20. M=10. (7.97 < X9 < 8.96)

Строки: 11; 116; 174; 298; 299; 302; 355; 370; 404; 1546;

21. M=10. (-0.46 <= X26 < -0.22)

Строки: 13; 72; 79; 86; 232; 241; 249; 289; 306; 308;

22. M=9. (58 < X37 < 60)

Строки: 73; 150; 160; 261; 328; 358; 397; 1513; 1514;

23. M=9. (4.2 < X18 < 4.39)

Строки: 93; 114; 182; 204; 273; 295; 300; 1512; 1568;

24. M=9. (195 < X8 < 207)

Строки: 25; 69; 118; 152; 192; 256; 388; 1524; 1533;

25. M=9. (25 < X16 < 25.4)

Строки: 83; 116; 118; 156; 271; 380; 1502; 1524; 1546;

26. M=9. (83.73 < X13 < 85.07)

Строки: 197; 214; 300; 355; 359; 391; 398; 1558; 1566;

27. M=8. (21.2 < X11 < 22.71)

Строки: 57; 118; 172; 223; 312; 316; 1524; 1556;

28. M=8. (182 < X8 < 192)

Строки: 1; 144; 151; 344; 345; 364; 402; 1506;

29. M=7. (1114 < X7 < 1133)

Строки: 32; 33; 76; 170; 210; 230; 255;

30. M=7. (18.58 < X9 < 18.92)

Строки: 91; 95; 130; 275; 288; 331; 1543;

31. M=7. (5.75 < X11 < 5.8)

Строки: 95; 236; 275; 325; 342; 354; 1567;

32. M=7. (2.98 < X10 < 3.05)

Строки: 96; 139; 178; 284; 299; 1504; 1530;

33. M=7. (0.18 < X18 < 0.21)

Строки: 16; 43; 197; 215; 237; 383; 1558;

34. M=7. (929 < X7 < 931)

Строки: 77; 141; 198; 264; 386; 1510; 1557;

35. M=7. (3.59 < X18 < 3.64)

Строки: 11; 153; 174; 301; 348; 377; 1541;

36. M=6. (8.70605e-003 < X19 < 9.20348e-003)

Строки: 79; 135; 249; 362; 401; 1523;

37. M=6. (69.09 < X13 < 69.84)

Строки: 45; 52; 189; 225; 352; 371;

38. M=6. (10 < X9 < 10.25)

Строки: 84; 86; 125; 282; 289; 1515;

39. M=6. (632.81 < X14 < 644.53)

Строки: 77; 115; 129; 264; 1517; 1520;

40. M=6. (9.41 < X9 < 9.63)

Строки: 59; 257; 297; 311; 338; 376;

41. M=6. (31.1 < X16 < 31.3)

Строки: 62; 67; 244; 253; 320; 346;

42. M=6. (19.12 < X9 < 19.7)

Строки: 36; 82; 92; 200; 251; 266;

43. M=5. (162.7 < X15 < 166.97)

Строки: 178; 179; 395; 1530; 1545;

44. M=5. (507.81 < X14 < 523.43)

Строки: 24; 57; 68; 223; 252;

45. M=5. (20.77 < X13 < 21.35)

Строки: 30; 137; 191; 372; 1521;

46. M=5. (802 < X7 < 804)

Строки: 95; 104; 275; 279; 353;

47. M=5. (25.21 < X9 < 25.44)

Строки: 12; 50; 131; 209; 393;

48. M=4. (6.14 < X9 < 6.62)

Строки: 10; 123; 313; 326;

49. M=4. (-9.14975e-003 < X26 < -8.69989e-003)

Строки: 165; 318; 326; 1555;

50. M=4. (0.67 < X18 < 0.69)

Строки: 130; 309; 314; 1543;

51. M=4. (0.34 < X27 < 0.36)

Строки: 204; 355; 384; 1568;

52. M=4. (4.99063e-003 < X26 < 6.38063e-003)

Строки: 148; 314; 360; 1554;

53. M=4. (370.74 < X15 < 374.94)

Строки: 117; 327; 363; 1503;

54. M=4. (9.35 < X10 < 9.52)

Строки: 113; 274; 315; 340;

55. M=4. (62.96 < X15 < 64.12)

Строки: 70; 245; 310; 356;

56. M=3. (9.08 < X11 < 9.15)

Строки: 22; 184; 389;

57. M=3. (75.87 < X3 < 75.98)

Строки: 60; 240; 385;

58. M=3. (42.64 < X13 < 43.12)

Строки: 303; 340; 403;

59. M=3. (59.6 < X4 < 73.29)

Строки: 152; 321; 1533;

Важно отметить, что алгоритмы АМКЛ с различным порядком обработки случаев дали одинаковый результат по количеству результирующих составляющих и главных результирующих составляющих.

На Рисунке 3.3 отображен график определения главных результирующих составляющих данной модели (способ 1).

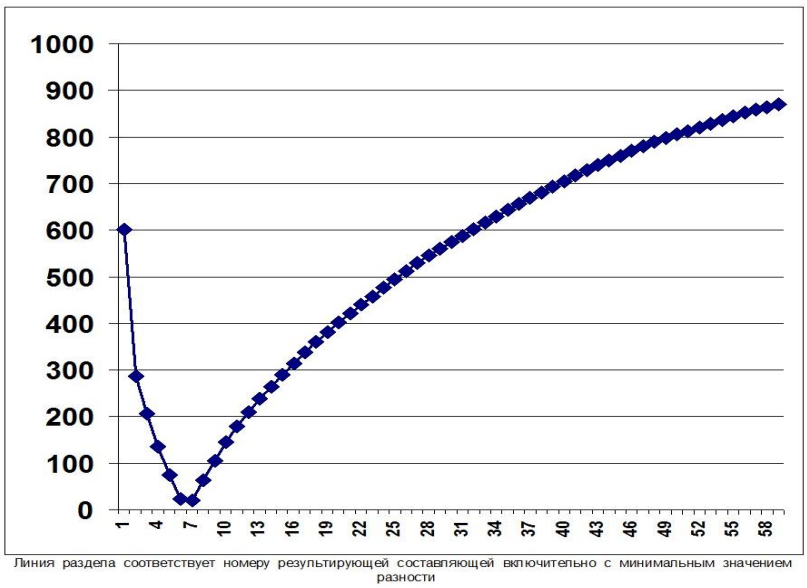


Рисунок 3.3. − Главные результирующие составляющие (способ 1)

В полученной математической модели нет следующих факторов:

1, 2, 5, 6, 12, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36.

По причине сильного влияния на модель возраста исследуемых, было принято решение применить к данному фактору приём «маска», который позволяет более точно реализовывать наиболее важные для выполнения цели данного исследования анализы.

Математическая модель прямая усечённая, маска - возраст

Исходные данные из файла:

E:\Минина\Расчет_2\ПрямойУсечВозраст\base.txt

Переменная цели: X1.

Значение цели: 1.

Маска: X37.

Совпало целевых и нецелевых строк: 0.

1. M=85. (-0.5 <= X29 < 0) Амплитуда T ФУК одноканальной ЭКГ, мс

Строки: 1; 10; 11; 17; 23; 32; 34; 38; 39; 41; 45; 46; 47; 48; 49; 62; 63; 64; 73; 82; 86; 89; 106; 107; 115; 123; 125; 137; 144; 146; 147; 148; 151; 152; 158; 163; 165; 172; 174; 178; 181; 183; 185; 186; 198; 201; 202; 210; 213; 214; 219; 221; 225; 227; 228; 238; 239; 242; 244; 251; 261; 263; 270; 287; 289; 293; 339; 1505; 1506; 1515; 1520; 1521; 1528; 1530; 1531; 1532; 1533; 1534; 1535; 1554; 1555; 1556; 1557; 1565; 1566;

2. M=38. (2. < X4 < 2.83) Вариабельность ЧСС, %

Строки: 3; 7; 10; 16; 27; 35; 40; 49; 71; 81; 87; 89; 123; 130; 142; 159; 171; 177; 188; 190; 196; 197; 217; 221; 237; 243; 248; 265; 287; 339; 364; 365; 368; 1537; 1543; 1549; 1558; 1564;

3. M=32. (-0.17 < X19 < -0.12) смещение сегмента ST ФУК одноканальной ЭКГ, мс

Строки: 1; 5; 34; 50; 71; 75; 86; 107; 115; 137; 139; 143; 144; 146; 163; 166; 201; 202; 209; 236; 243; 247; 270; 289; 1504; 1505; 1520; 1521; 1535; 1540; 1565; 1567;

4. M=30. (0.46 < X31 < 0.56) Интервал Q-T ФУК одноканальной ЭКГ, мс

Строки: 2; 12; 13; 20; 37; 76; 85; 100; 101; 118; 128; 131; 136; 154; 156; 179; 199; 203; 232; 234; 255; 272; 278; 296; 1502; 1524; 1525; 1545; 1548; 1559;

5. M=22. (203.44 < X9 < 228.22) RMS SX, мс.

Строки: 61; 68; 75; 119; 147; 152; 165; 172; 202; 236; 247; 252; 260; 345; 364; 1516; 1532; 1533; 1555; 1556; 1565; 1567;

6. M=21. (2.64 < X11 < 3) HRV tr.index

Строки: 3; 6; 10; 38; 58; 71; 81; 123; 159; 164; 177; 185; 243; 248; 254; 336; 337; 357; 392; 398; 1549;

7. M=21. (6.62 < X9 < 7.25) RMS SX, мс.

Строки: 4; 52; 58; 94; 99; 120; 124; 158; 167; 189; 205; 254; 269; 281; 336; 343; 367; 1507; 1534; 1542; 1562;

8. M=20. (1.41 < X27 < 1.49) Амплитуда R ФУК одноканальной ЭКГ, мс

Строки: 6; 12; 30; 31; 85; 88; 107; 127; 131; 141; 164; 183; 191; 222; 270; 272; 283; 1510; 1531; 1536;

9. M=19. (12.54 < X9 < 13.25) RMS SX, мс.

Строки: 66; 85; 133; 135; 168; 176; 259; 272; 335; 341; 346; 358; 369; 394; 399; 1508; 1523; 1527; 1553;

10. M=18. (1355.4 < X15 < 1593.09)

Строки: 3; 39; 42; 54; 105; 132; 158; 159; 186; 206; 214; 231; 286; 308; 337; 1522; 1534; 1566;

11. M=17. (1139.65 < X15 < 1355.4)

Строки: 6; 10; 18; 38; 40; 62; 99; 123; 124; 164; 185; 217; 224; 244; 269; 351; 1507;

12. M=15. (-0.12 < X19 < -9.e-002)

Строки: 19; 30; 78; 82; 99; 103; 183; 191; 218; 246; 251; 268; 269; 381; 1531;

13. M=14. (2.83 < X4 < 3.05)

Строки: 6; 20; 78; 90; 99; 124; 164; 234; 246; 269; 280; 380; 381; 1507;

14. M=14. (0.23 < X30 <= 0.27)

Строки: 27; 117; 126; 136; 138; 157; 162; 190; 1503; 1518; 1519; 1538; 1547; 1548;

15. M=12. (45.62 < X4 < 51.74)

Строки: 37; 43; 67; 102; 153; 203; 215; 253; 294; 361; 400; 1541;

16. M=12. (2.51715e-003 < X34 < 8.97858e-003)

Строки: 42; 56; 57; 97; 118; 119; 193; 206; 223; 267; 1516; 1524;

17. M=12. (1.86 < X10 < 1.96)

Строки: 8; 106; 114; 121; 138; 148; 293; 295; 308; 347; 1547; 1554;

18. M=11. (117.17 < X3 < 129.47)

Строки: 65; 67; 253; 262; 306; 328; 330; 339; 345; 366; 381;

19. M=10. (261.88 < X9 < 298.77)

Строки: 1; 25; 28; 118; 144; 163; 192; 212; 1524; 1535;

20. M=10. (7.97 < X9 < 8.96)

Строки: 11; 116; 174; 298; 299; 302; 355; 370; 404; 1546;

21. M=10. (219.01 < X15 < 223.26)

Строки: 60; 145; 161; 240; 311; 323; 350; 387; 1550; 1552;

---

22. M=9. (3.25 < X11 < 3.33)

Строки: 62; 132; 155; 204; 244; 379; 1522; 1551; 1568;

23. M=9. (195. < X8 < 207)

Строки: 25; 69; 118; 152; 192; 256; 388; 1524; 1533;

24. M=9. (83.73 < X13 < 85.07)

Строки: 197; 214; 300; 355; 359; 391; 398; 1558; 1566;

25. M=9. (4.2 < X18 < 4.39)

Строки: 93; 114; 182; 204; 273; 295; 300; 1512; 1568;

26. M=9. (42.66 < X4 < 44.85)

Строки: 79; 115; 175; 202; 249; 330; 1520; 1544; 1565;

27. M=9. (4.35429e-003 < X33 < 5.0431e-003)

Строки: 17; 69; 151; 202; 219; 256; 382; 1506; 1565;

28. M=8. (70.94 < X13 < 71.64)

Строки: 109; 142; 180; 290; 343; 347; 1511; 1537;

29. M=8. (2.59 < X18 < 2.69)

Строки: 59; 71; 150; 243; 257; 311; 358; 1513;

30. M=8. (56.75 < X3 < 57.54)

Строки: 34; 77; 118; 201; 211; 264; 1524; 1560;

31. M=8. (10.3 < X17 < 10.9)

Строки: 17; 168; 219; 297; 337; 348; 374; 1553;

32. M=8. (38.31 < X13 < 38.63)

Строки: 83; 113; 140; 162; 271; 274; 1509; 1519;

33. M=8. (0.17 < X33 < 0.2)

Строки: 92; 179; 188; 266; 328; 333; 1545; 1564;

34. M=8. (1.62 < X10 < 1.73)

Строки: 17; 108; 111; 155; 219; 276; 277; 1551;

35. M=8. (21.2 < X11 < 22.71)

Строки: 57; 118; 172; 223; 312; 316; 1524; 1556;

36. M=8. (182. < X8 < 192)

Строки: 1; 144; 151; 344; 345; 364; 402; 1506;

37. M=8. (0.3 < X18 < 0.33)

Строки: 22; 70; 72; 184; 226; 241; 245; 1561;

38. M=8. (65.3 < X17 < 66)

Строки: 21; 72; 103; 197; 229; 241; 268; 1558;

39. M=7. (23.32 < X4 < 23.71)

Строки: 53; 80; 113; 208; 250; 274; 349;

40. M=7. (16.22 < X9 < 16.49)

Строки: 9; 60; 148; 169; 240; 347; 1554;

41. M=7. (8.8 < X11 < 8.87)

Строки: 53; 74; 80; 208; 250; 258; 307;

42. M=7. (5.75 < X11 < 5.8)

Строки: 95; 236; 275; 325; 342; 354; 1567;

43. M=7. (2.34 < X10 < 2.38)

Строки: 76; 104; 134; 255; 279; 370; 1539;

44. M=7. (3.65 < X4 < 3.99)

Строки: 55; 76; 132; 194; 255; 359; 1522;

45. M=7. (18.58 < X9 < 18.92)

Строки: 91; 95; 130; 275; 288; 331; 1543;

46. M=7. (2.98 < X10 < 3.05)

Строки: 96; 139; 178; 284; 299; 1504; 1530;

47. M=7. (59.74 < X3 < 60.14)

Строки: 91; 112; 183; 285; 288; 303; 1531;

48. M=7. (242.18 < X14 < 248.04)

Строки: 15; 45; 220; 225; 311; 329; 378;

49. M=7. (2.2 < X10 < 2.34)

Строки: 62; 98; 109; 244; 290; 292; 359;

50. M=7. (3.59 < X18 < 3.64)

Строки: 11; 153; 174; 301; 348; 377; 1541;

51. M=7. (0.18 < X18 < 0.21)

Строки: 16; 43; 197; 215; 237; 383; 1558;

52. M=7. (1114. < X7 < 1133)

Строки: 32; 33; 76; 170; 210; 230; 255;

53. M=6. (15.63 < X9 < 15.78)

Строки: 48; 161; 239; 317; 332; 1552;

54. M=6. (69.09 < X13 < 69.84)

Строки: 45; 52; 189; 225; 352; 371;

55. M=6. (8.70605e-003 < X19 < 9.20348e-003)

Строки: 79; 135; 249; 362; 401; 1523;

56. M=6. (54.52 < X3 < 55.66)

Строки: 14; 64; 187; 199; 242; 1559;

57. M=6. (124. < X8 < 128)

Строки: 44; 137; 235; 312; 375; 1521;

58. M=6. (9.41 < X9 < 9.63)

Строки: 59; 257; 297; 311; 338; 376;

59. M=6. (31.1 < X16 < 31.3)

Строки: 62; 67; 244; 253; 320; 346;

60. M=6. (632.81 < X14 < 644.53)

Строки: 77; 115; 129; 264; 1517; 1520;

61. M=6. (245.87 < X9 < 253.12)

Строки: 29; 56; 146; 193; 233; 1505;

62. M=6. (19.12 < X9 < 19.7)

Строки: 36; 82; 92; 200; 251; 266;

63. M=6. (10. < X9 < 10.25)

Строки: 84; 86; 125; 282; 289; 1515;

64. M=5. (7.25 < X9 < 7.6)

Строки: 160; 177; 300; 1514; 1549;

65. M=5. (20.9 < X16 < 21.3)

Строки: 72; 149; 241; 399; 1501;

66. M=5. (20.77 < X13 < 21.35)

Строки: 30; 137; 191; 372; 1521;

67. M=5. (31.75 < X9 < 32.01)

Строки: 78; 173; 246; 304; 1529;

68. M=5. (507.81 < X14 < 523.43)

Строки: 24; 57; 68; 223; 252;

69. M=5. (452.24 < X15 < 465.7)

Строки: 13; 232; 322; 354; 390;

70. M=5. (25.21 < X9 < 25.44)

Строки: 12; 50; 131; 209; 393;

71. M=5. (11.8 < X9 < 12.01)

Строки: 38; 182; 185; 324; 1512;

72. M=5. (162.7 < X15 < 166.97)

Строки: 178; 179; 395; 1530; 1545;

73. M=5. (4.e-002 < X26 < 8.e-002)

Строки: 2; 45; 154; 225; 334;

74. M=5. (8.21 < X4 < 8.36)

Строки: 145; 338; 356; 386; 1550;

75. M=4. (370.74 < X15 < 374.94)

Строки: 117; 327; 363; 1503;

76. M=4. (10.14 < X4 < 10.21)

Строки: 72; 122; 241; 1526;

77. M=4. (0.34 < X27 < 0.36)

Строки: 204; 355; 384; 1568;

78. M=4. (53.1 < X16 < 53.5)

Строки: 26; 85; 216; 272;

79. M=4. (6.44092e-003 < X33 < 7.09372e-003)

Строки: 51; 165; 195; 1555;

80. M=4. (-9.14975e-003 < X26 < -8.69989e-003)

Строки: 165; 318; 326; 1555;

81. M=4. (74.45 < X3 < 74.71)

Строки: 69; 256; 319; 353;

82. M=4. (4.41 < X4 < 4.46)

Строки: 110; 114; 291; 295;

83. M=4. (78. < X8 < 80)

Строки: 72; 207; 241; 1563;

84. M=4. (70.69 < X3 < 70.79)

Строки: 46; 238; 373; 394;

85. M=4. (76.96 < X3 < 77.1)

Строки: 108; 277; 350; 397;

86. M=4. (0.67 < X18 < 0.69)

Строки: 130; 309; 314; 1543;

87. M=4. (9.35 < X10 < 9.52)

Строки: 113; 274; 315; 340;

88. M=4. (62.96 < X15 < 64.12)

Строки: 70; 245; 310; 356;

89. M=4. (4.99063e-003 < X26 < 6.38063e-003)

Строки: 148; 314; 360; 1554;

90. M=4. (6.14 < X9 < 6.62)

Строки: 10; 123; 313; 326;

91. M=3. (42.64 < X13 < 43.12)

Строки: 303; 340; 403;

92. M=3. (59.6 < X4 < 73.29)

Строки: 152; 321; 1533;

93. M=3. (71.98 < X3 < 72.05)

Строки: 152; 305; 1533;

94. M=3. (75.87 < X3 < 75.98)

Строки: 60; 240; 385;

95. M=3. (9.08 < X11 < 9.15)

Строки: 22; 184; 389;

96. M=1. (73.37 < X3 < 73.43)

Строки: 396.

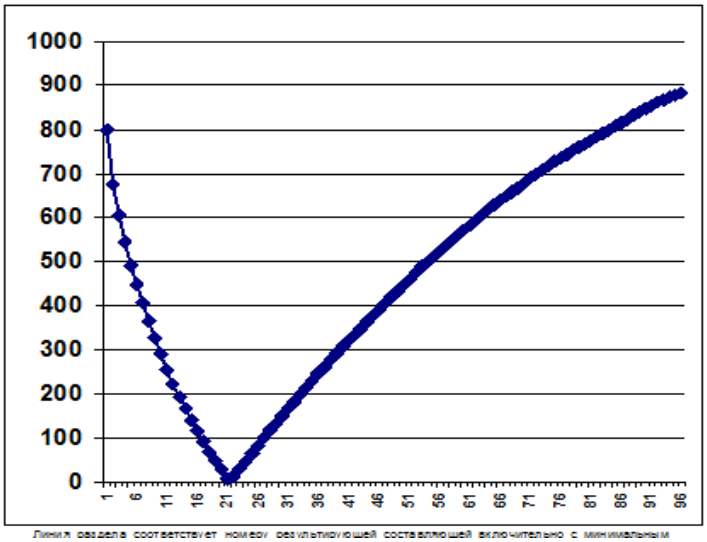


Рисунок 2.4. − Мощности результирующих составляющих (способ 1)

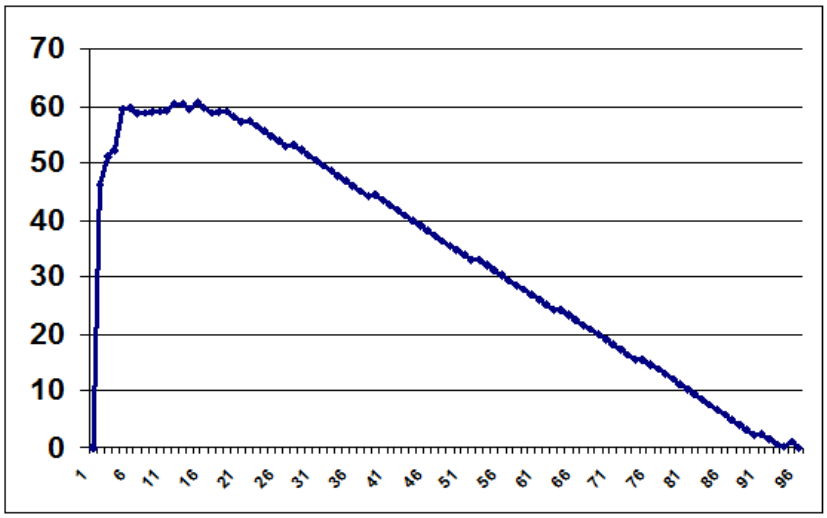


Рисунок 2.5. − Мощности результирующих составляющих (способ 2)

Графическое представление математической модели и её интерпретация

В результате математического моделирования при анализе показателей ФГИ и ФУК у обследованных здоровых лиц и у обследованных с НПР и НР информативным показателем определён интервал QT фазового усреднённого кардиоцикла (ФУК) одноканальной ЭКГ. Интервал QT ЭКГ отражает суммарную продолжительность деполяризации и реполяризации кардиомиоцитов желудочков.

На Рисунке 2.6, а представлены зоны интервала QT ФУК, соответствующие дисфункциональному состоянию по результатам математического моделирования, которые находятся в диапазоне 0,46–0,56 с.

Очередной показатель, включённый в полученную математическую модель, – амплитуда зубца R фазового усреднённого кардиоцикла. В норме на 12-канальной ЭКГ амплитуда R не превышает 2 мв и сильно варьирует в зависимости от отведения. Деполяризация желудочков, на ЭКГ отражаемая зубцом R, обычно начинается в середине левой части межжелудочковой перегородки и направляется вперед и слева направо.

Оценивать амплитуду зубца R необходимо в нескольких отведениях. Математическая модель АМКЛ позволила уточнить репрезентативные

значения зубца R фазового усреднённого кардиоцикла, характеризующие дисфункциональное состояние, в диапазоне R < 0,36 мв и > 1,41 мв (Рисунок 2.6, б.).

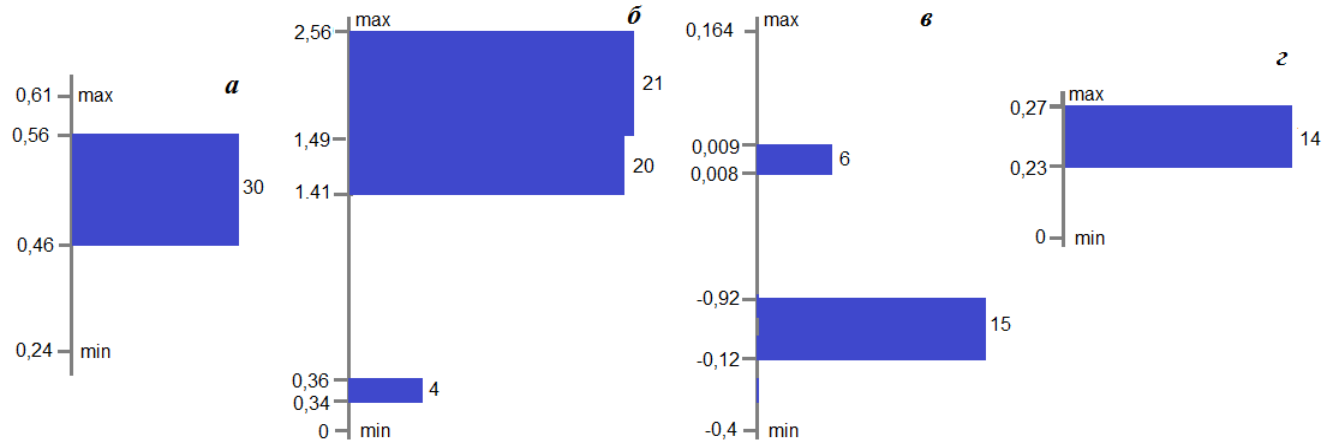


Рисунок 2.6 − Графическое отображение математической модели диапазона интервала QT (а), амплитуды зубца R (б), смещения сегмента ST (в), интервала PQ (г) фазового усреднённого кардиоцикла одноканальной ЭКГ, с, соответствующие дисфункциональному состоянию

Смещение сегмента ST рассматривают как результат расстройства возбуждения вследствие повреждения отдельных отделов миокарда. На Рисунке 2.6 в диаграмма значений сегмента ST (ST < -0,92 > 0,008 мв), полученная в результате АМКЛ-анализа, отражал значения, характерные дисфункциональному состоянию. Интервал PQ также вошёл в модель и имеет высокую информативность. Как известно, интервал PQ –это расстояние (временной промежуток) от начала зубца P до начала зубца q (или зубца R; если зубец q отсутствует, тогда речь идет об интервале PR). Интервал PQ (PR) зависит от возраста, массы тела, частоты сердечного ритма. В норме интервал PQ составляет 0,12–0,18 (до 0,2) с. Для измерения интервала PQ выбирают то отведение, где хорошо выражены зубец P и комплекс QRS, например, II стандартное отведение. Погрешности можно избежать, если проводить измерение на многоканальном электрокардиографе. Однако при применении

АМКЛ-анализа в оценке фазового усреднённого кардиоцикла получены достоверные значения этого показателя, характеризующие дисфункциональное функционирование (Рисунок 2.6, г.). Выявленный диапазон > 0,23 с.

Результаты исследования соотношения площадей зубцов P/R и Q/R, вошедшие в математическую модель, открывают новые перспективы для дальнейших исследований.

Инновационность показателей ФУК предполагало отсутствие верифицированных раннее значений, характеризующих различные состояния. В данном случае АМКЛ позволило выявить наиболее значимые показатели ФУК для характеристики различных состояний и дифференцировать диапазоны их значений.

Таким образом, установлено, что описательные показатели фазового усреднённого кардиоцикла, характеризующие временные признаки, с незначительными изменениями соответствуют общепризнанным значениям нормы. Показатели ФУК, отражающие амплитудные признаки, значительно отличаются от общепризнанных норм, проявляя новое интегральное качество фазового усреднённого кардиоцикла.

Установлены маркеры-показатели фазового усреднённого кардиоцикла и их диапазоны, соответствующие дисфункциональному состоянию: QT – 0,46–0,56 с., R < 0,36 мв и > 1,41 мв.,PQ > 0,23 с., смещение ST < –0,92 > 0,008 .

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 5.9 – Показатели функционального состояния в группе квалифицированных футболистов 20-22 лет, (M± Sx)

Показатель	(M± Sx)
общий белок	74,685±5,321
глюкоза	5,321±0,084
мочевина	6,691±0,205
креатинин	109,306±1,218
холестерин об.	4,238±0,109
Билирубин об.	12,215±0,680
прямой	2,032±0,674
непрямой	10,535±0,613
АлАТ	18,029±0,748
АсАТ	24,197±0,747
фосфатаза щел.	107,497±3,458
железо	110,523±6,062
гемоглобин	148,118±1,405
эритроциты	5,272±0,068
гематокрит	47,102±0,364
СОЭ	4,294±0,279
MCV	89,059±0,742
MCH	27,906±0,233
MCHC	31,435±0,126
RDW	12,816±0,100

WBC	6,312±0,183
PLT	196,529±4,983
MPV	10,440±0,154
эозинофилы	1,941±0,202
палочкоядерные	1,294±0,130
сегментроядер.	52,824±0,896
лимфоциты	35,941±0,895
моноциты	8,000±0,179
Ph	5,735±0,106
Средняя симетрия T(+)	0,561±0,011
Прод.серд.	0,903±0,0026
ЧСС	68,103±2,035
Адс	131,879±3,143
Адд	70,517±1,321
Среднее АД	91,655±1,671
пульсовое АД	63,571±2,006
Уд.обьём крови	79,596±1,924
Удар.индекс	57,168±1,708
Мин.об.крови	5,621±0,157
Серд.индекс	3,408±0,091
Диаст-сист. Коэф.	0,235±0,016
Конечное диаст.даввл.лев.жел.	9,576±0,097
об.переф.сопр.	1143,4419,576±40,536
раб.лев.жел.	6,649±0,275
инд.раб.лев.жел.	4,486±0,216

Средняя симетрия T(+)	0,651±0,011
СКО симметрия T(+)	0,041±0,003
СмещениеST,мв.	0,015±0,003
Продолжит.P,сек.	0,118±0,003
Комплекс QRS,сек.	0,126±0,027
Амплитуда P,мв.	0,144±0,003
Амплитуда R,мв.	1,213±0,036
Амплитуда T,мв.	0,301±0,011
Интервал P-Q®,сек.	0,164±0,005
Интервал Q-T,сек.	0,391±0,005
SDNN,мс.	47,912±2,657
RMSSD,мс.	53,033±6,413
pNN50,%	15,544±3,534
CV,%	11,172±0,974
HRV tr.index	10,618±0,532
Amo,%	29,980±2,479
Инд.напряжения.	45,053±5,368
LFn,%	41,574±1,676
HFn,%	37,309±2,667
LF/HF	1,454±0,213
угол α	138,147±4,885
δ (вариаб.циклов)	15,480±0,666
Str	0,080±0,016
диам.аорты	2,914±0,028
лев.пердс.	3,759±0,036
КДР лев.жел	5,368±0,059

КСР лев.жел	3,329±0,041
толщина МЖП	1,012±0,012
толщина ЗСЛЖ	1,015±0,011
фракц.выбр.ЛЖ	64,235±0,447
прав.жел.	2,312±0,030

Факторный анализ результатов обследования спортсменов

Главной целью факторного анализа является сокращение числа переменных. Сокращение достигается посредством выделения скрытых (латентных) общих факторов, объясняющих связи между наблюдаемыми признаками исследуемых объектов, т. е. вместо исходного набора переменных анализируются данные по выделенным факторам, число которых значительно меньше исходного числа признаков.

Результатом факторного анализа является переход от множества исходных переменных к существенно меньшему числу новых переменных – факторов. Фактор при этом интерпретируется как причина совместной изменчивости нескольких исходных переменных.

Основные задачи факторного анализа:

1. Исследование структуры взаимосвязей переменных. В этом случае каждая группировка переменных будет определяться фактором, по которому эти переменные имеют максимальные нагрузки.
2. Идентификация факторов как скрытых (латентных) переменных – причин взаимосвязи исходных переменных.
3. Вычисление значений факторов для испытуемых как новых, интегральных переменных. При этом число факторов существенно меньше числа исходных переменных. В этом смысле факторный анализ решает задачу сокращения количества признаков с минимальными потерями исходной информации.

Факторный анализ основан на линейном корреляционно-регрессионном анализе, поэтому перед его проведением необходимо провести проверку распределения переменных на соответствие закону нормального распределения. Эта проверка была выполнена путём расчёта параметров асимметрии и эксцесса и сравнения их собственных дисперсий с критическими значениями. Оказалось, что 51 переменная из 72 имели нормальное распределение:

Белок, Глюкоза, Мочевина, Креатинин, Холестерин, АлАТ, АсАТ, Железо, Гемоглобин, Эритроциты, Гематокрит, MCV, MCH, MCHC, PLT, MPV, Эозинофилы, СЯ, Лимфоциты, Моноциты, Ph, ЧСС, АДС, АДД, АДср, УО, УИ, МОК, СИ, КДДЛЖ, РЛЖ, ИРЛЖ, Симметрия T, dST, Ампл P, Ампл R, Ампл T, Q-T, CV, HRV, LFn, HFn, ВСЦ, Аорта, ЛП, КДРЛЖ, КСРЛЖ, МЖП , ЗСЛЖ, ФВЛЖ, ПЖ.

21 переменная не подчинялась нормальному закону распределения, это:

Билирубин, Билирубин пр, Билирубин непр, Фосфатаза, СОЭ, RDW, WBC, ПЯ, ДСК, ОПС, СКО симм T, Прод P, QRS, P-Q, SDNN, RMSSD, pNN50, Amo, ИН, Альфа, Str.

Таким образом, факторный анализ был выполнен для указанного списка из 51 переменной.

Вначале был проведён корреляционный анализ по Пирсону, результаты которого отражены в корреляционной матрице (фрагмент):

Переменные	Белок	Глюкоза	Мочевина	Креатинин	Холестерин	АлАТ	АсАТ	Железо	Гемоглобин	Эритроциты	Гематокрит	MCV	MCH	MCHC	PLT
Белок	1,00	0,34	0,06	0,13	0,41	0,23	0,17	0,07	-0,01	-0,22	0,17	-0,01	0,21	0,07	
Глюкоза	0,34	1,00	0,44	0,17	0,04	-0,06	0,15	0,08	-0,06	-0,14	-0,16	0,00	0,02	0,02	
Мочевина	0,06	0,44	1,00	0,15	-0,42	-0,16	0,02	-0,09	-0,15	0,10	0,03	0,11	0,01	-0,05	
Креатинин	0,13	0,17	0,15	1,00	0,17	0,17	0,16	0,00	0,08	0,07	-0,01	-0,09	-0,20	0,05	
Холестерин	0,41	0,04	-0,42	0,17	1,00	0,45	0,31	-0,19	0,08	-0,21	0,13	-0,31	0,21	0,06	
АлАТ	0,23	-0,06	-0,16	0,17	0,45	1,00	0,68	0,01	0,05	-0,23	0,08	-0,29	0,14	0,05	
АсАТ	0,17	0,15	0,02	0,16	0,31	0,68	1,00	0,04	0,00	-0,24	-0,06	-0,05	0,11	-0,14	
Железо	0,07	0,08	-0,09	0,00	-0,19	0,01	0,04	1,00	0,05	-0,14	-0,03	0,07	-0,07	-0,18	
Гемоглобин	-0,01	-0,06	-0,15	0,08	0,08	0,05	0,00	0,05	1,00	0,07	0,39	0,11	0,29	0,22	
Эритроциты	-0,22	-0,14	0,10	0,07	-0,21	-0,23	-0,24	-0,14	0,07	1,00	0,56	-0,21	-0,40	0,00	
Гематокрит	0,17	-0,16	0,03	-0,01	0,13	0,08	-0,06	-0,03	0,39	0,56	1,00	-0,10	0,13	-0,11	
MCV	-0,01	0,00	0,11	-0,09	-0,31	-0,29	-0,05	0,07	0,11	-0,21	-0,10	1,00	0,08	0,28	
MCH	0,21	0,02	0,01	-0,20	0,21	0,14	0,11	-0,07	0,29	-0,40	0,13	0,08	1,00	0,11	
MCHC	0,07	0,02	-0,05	0,05	0,06	0,05	-0,14	-0,18	0,22	0,00	-0,11	0,28	0,11	1,00	
PLT	0,37	0,04	0,30	0,07	-0,11	-0,05	0,00	-0,02	0,22	0,03	0,25	0,03	0,16	-0,13	
MPV	0,21	0,17	0,18	0,30	0,05	0,33	0,18	0,05	0,11	0,05	0,22	0,02	0,00	0,08	
Эозинофилы	0,02	0,46	0,57	0,03	-0,23	0,09	0,39	0,13	-0,20	0,05	0,11	-0,13	-0,14	-0,28	
СЯ	0,14	0,14	0,06	-0,35	0,00	0,26	0,11	0,00	0,28	-0,06	0,30	0,11	0,19	0,06	
Лимфоциты	-0,15	-0,15	-0,16	0,36	0,00	-0,30	-0,21	0,00	-0,26	0,09	-0,30	-0,11	-0,22	-0,03	
Моноциты	-0,07	-0,09	-0,04	0,03	0,27	0,17	0,11	-0,05	-0,06	-0,27	-0,34	-0,04	0,11	0,17	
Ph	0,18	-0,13	-0,15	-0,03	0,33	0,21	0,34	0,12	-0,05	-0,07	0,04	-0,04	-0,11	-0,07	
ЧСС	0,45	0,35	0,30	0,01	0,07	0,05	0,11	-0,28	0,16	-0,10	0,21	-0,08	0,14	0,00	
АДС	0,22	0,55	0,53	0,35	0,13	0,01	0,15	0,03	0,01	-0,18	-0,03	0,06	-0,03	-0,25	
АДД	0,26	0,37	0,30	0,10	0,33	0,08	0,16	-0,08	0,14	-0,33	0,03	-0,06	0,25	-0,09	
АДср	0,36	0,49	0,41	0,21	0,28	0,03	0,22	0,01	0,12	-0,34	-0,02	0,04	0,15	-0,16	
УО	-0,31	-0,07	-0,16	0,18	-0,01	0,23	0,03	0,05	-0,33	0,00	-0,41	-0,29	-0,36	-0,02	
УИ	-0,38	-0,10	-0,15	0,26	0,16	-0,07	-0,10	0,19	-0,10	0,20	0,04	-0,17	-0,51	-0,29	
МОК	-0,08	0,40	0,15	0,42	-0,01	0,20	0,25	0,26	-0,21	0,10	-0,15	-0,17	-0,30	0,08	
СИ	-0,02	0,61	0,27	0,44	0,05	0,12	0,19	0,27	0,00	0,01	-0,06	-0,10	-0,19	-0,25	
КДДЛЖ	0,10	-0,22	-0,16	-0,31	-0,11	-0,01	0,04	0,10	-0,23	-0,09	-0,01	0,23	0,06	-0,22	
РЛЖ	0,02	0,54	0,30	0,30	-0,12	0,00	0,16	0,29	-0,37	0,00	-0,13	-0,08	-0,27	-0,30	
ИРЛЖ	0,07	0,46	0,32	0,39	0,12	0,00	0,18	0,19	-0,08	-0,22	-0,16	0,06	-0,18	-0,26	

Симметрия T	-0,12	0,39	0,26	0,10	-0,04	-0,39	0,14	0,13	0,25	0,31	0,23	0,07	-0,20	-0,12
dST	-0,24	-0,11	-0,05	-0,12	-0,03	-0,29	-0,39	-0,05	0,12	0,05	-0,05	0,27	-0,26	0,32
Ампл P	0,15	0,02	0,05	0,04	0,14	-0,06	0,02	-0,07	-0,29	-0,23	-0,02	-0,17	0,15	-0,17
Ампл R	0,08	0,52	0,64	0,24	-0,29	-0,14	0,01	-0,03	-0,07	-0,25	-0,18	0,27	0,13	-0,05
Ампл T	-0,07	-0,28	-0,25	0,02	0,00	-0,12	-0,36	0,18	0,10	-0,24	-0,22	0,15	0,13	-0,07
Q-T	-0,01	-0,49	-0,29	0,20	0,01	0,23	-0,06	-0,06	-0,23	0,08	0,00	-0,08	-0,10	-0,12
CV	-0,03	-0,15	-0,20	-0,16	0,20	-0,13	-0,19	-0,24	-0,30	0,19	0,04	-0,07	-0,17	0,09
HRV	0,24	0,06	0,28	0,15	0,11	0,01	-0,07	0,15	-0,11	0,23	0,24	-0,33	-0,21	-0,17
LFn	-0,34	-0,13	-0,17	0,01	0,08	0,17	0,15	0,08	0,25	-0,03	0,06	-0,19	-0,18	-0,37
HFn	0,26	-0,12	-0,09	0,03	0,00	0,03	0,07	0,08	0,15	0,06	0,21	0,24	0,11	0,29
ВСЦ	0,37	0,27	0,03	0,05	0,09	-0,13	0,07	0,37	0,04	-0,16	0,08	0,11	-0,07	-0,34
Аорта	0,02	0,23	0,03	0,12	0,00	-0,06	-0,05	0,17	0,26	0,09	0,03	0,30	-0,11	0,10
ЛП	0,01	0,27	0,21	0,15	0,13	-0,08	-0,06	0,11	-0,36	0,28	0,05	-0,06	-0,27	-0,30
КДРЛЖ	0,01	0,12	0,28	0,06	-0,13	-0,06	-0,22	0,14	-0,13	0,19	-0,03	0,17	-0,17	0,19
КСРЛЖ	-0,18	0,11	0,35	0,28	-0,12	0,03	-0,12	-0,06	-0,09	-0,01	-0,20	0,37	-0,13	0,20
МЖП	0,12	-0,22	-0,07	0,19	0,20	0,22	0,07	-0,13	-0,46	0,04	-0,10	-0,32	-0,20	0,12
ЗСЛЖ	-0,01	-0,16	0,27	0,24	-0,24	0,20	-0,02	-0,14	0,04	0,17	0,06	0,13	-0,12	0,15
ФВЛЖ	0,08	-0,17	0,01	-0,12	0,05	-0,17	0,07	-0,18	-0,14	-0,20	-0,11	-0,17	0,16	-0,15
ПЖ	-0,15	-0,02	0,20	-0,10	-0,27	-0,31	-0,34	0,11	-0,44	0,30	-0,20	0,03	-0,30	0,06

Как видно, коэффициентов корреляции выше рекомендуемого значения (0,65 по модулю) немного. Это значит, что далеко не все переменные будут иметь высокую факторную нагрузку. Факторная нагрузка — это коэффициент линейной корреляции Пирсона между выделенным фактором и первичной переменной.

Для выборки факторов был использован метод главных компонент с применением вращения осей координат способом ***Varimaxnormalized***. На начальном этапе было задано максимально возможное число факторов, равное числу переменных – 51. Минимальное собственное значение факторов было задано больше 0.

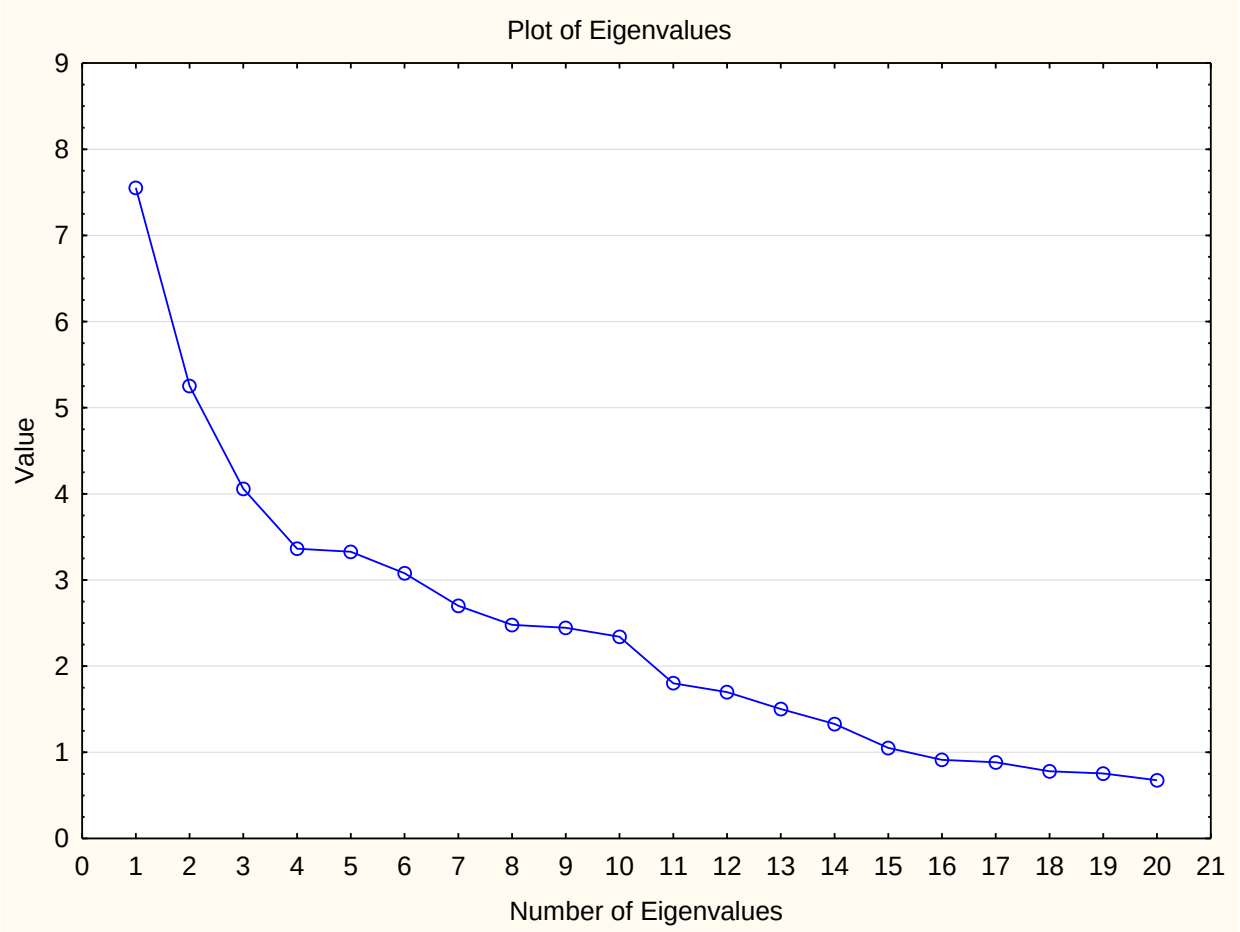
Анализ показал, что при таком подходе было обнаружено 33 фактора, определяющих накопленную общую дисперсию (изменчивость) переменных на 100%.

Value	Собственные значения (Биохим. анализ++) Метод выделения факторов: Главных компонент			
	Собственное значение	% Общей дисперсии variance	Накопленные собственные значения	Накопленный % общей дисперсии
1	7,55	14,81	7,55	14,8
2	5,25	10,30	12,80	25,1
3	4,06	7,96	16,86	33,1
4	3,36	6,60	20,23	39,7
5	3,33	6,52	23,56	46,2
6	3,08	6,04	26,63	52,2
7	2,70	5,29	29,33	57,5
8	2,48	4,86	31,81	62,4
9	2,45	4,80	34,26	67,2
10	2,34	4,59	36,60	71,8
11	1,80	3,53	38,40	75,3
12	1,70	3,33	40,10	78,6
13	1,50	2,95	41,60	81,6
14	1,33	2,61	42,93	84,2
15	1,05	2,06	43,99	86,2
16	0,91	1,79	44,90	88,0
17	0,89	1,74	45,78	89,8
18	0,78	1,53	46,56	91,3
19	0,76	1,48	47,32	92,8
20	0,68	1,33	48,00	94,1
21	0,45	0,89	48,45	95,0
22	0,45	0,87	48,90	95,9
23	0,39	0,77	49,29	96,6
24	0,36	0,70	49,65	97,3
25	0,31	0,60	49,95	97,9
26	0,28	0,54	50,23	98,5
27	0,21	0,41	50,44	98,9
28	0,17	0,34	50,61	99,2
29	0,14	0,27	50,75	99,5
30	0,10	0,19	50,85	99,7
31	0,08	0,15	50,92	99,8
32	0,05	0,09	50,97	99,9
33	0,03	0,06	51,00	100,0

Так как одной из задач анализа является сокращение числа факторов до минимально возможного, то для этой целииспользовали три критерия:

1) **критерий Кайзера** – собственные значения факторов должны быть не менее 1. Согласно данному критерию нужно использовать 15 факторов из таблицы выше.
2) **критерий минимальной накопленной дисперсии** должен составлять не менее 80%. Согласно этому положению можно использовать меньшее число факторов - 13.

3) **критерий Кеттеля**, оценивающий точку перегиба графика «каменистой осыпи» (scree plot). Вначале собственные значения убывают быстро (крутой склон графика), но потом (обычно при Number of eigenvalues=3,4…) убывание собственных значений замедляется ("каменистая осыпь"). Если это замедление происходит резко (т.е. на конкретном номере фактора Number of eigenvalues), а не плавно (уменьшение крутизны распределено между несколькими факторами Number of eigenvalues), то точка резкого уменьшения крутизны называется перегибом графика. Рекомендуется выделять количество факторов (number of eigenvalues), соответствующее крутой части графика. Если график резкого перегиба не имеет, то критерий перегиба мы в расчет не принимаем. Если же перегиб есть, то все зависит от ситуации. Например, если перегиб графика происходит при собственных значениях, близких к единице, то предпочтение необходимо отдавать критерию "каменистой осыпи". Если же перегиб графика происходит при очень малых собственных значениях, **как в данном случае**, то предпочтение отдаем критериям "собственные значения>1" и "объясняемая накопленная дисперсия>80%".



Видно, что точка перегиба соответствует фактору 4, но накопленная дисперсия первых четырёх факторов составляет всего лишь 39,7%. Таким образом, итоговое число факторов должно быть 13, которые в сумме объясняют 81,6% общей дисперсии, что отвечает критерию Кайзера. Степень влияния факторов в процентах отражена в общей дисперсии.