

Ваштанян Альберт Карапетович

**Векторэлектрокардиография в оценке течения заболевания и
эффективности терапии у пациентов с сердечной недостаточностью**

3.1.20 Кардиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научные руководители:

доктор медицинских наук, профессор

Ускач Татьяна Марковна

Официальные оппоненты:

Гарганеева Алла Анатольевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая отделением патологии миокарда Научно-исследовательского института кардиологии – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук».

Ларина Вера Николаевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой поликлинической терапии лечебного факультета Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «__» _____ 2025 года в __ часов на заседании диссертационного совета, на базе ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России по адресу: 121552, г. Москва, ул. Академика Чазова, д. 15А

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России и на сайте <http://cardio.ru>

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор медицинских наук, профессор

Ускач Татьяна Марковна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Сердечная недостаточность (СН) остаётся серьёзной проблемой здравоохранения, несмотря на успехи в лечении хронической сердечной недостаточности (ХСН) за последние годы. Прогноз для пациентов с этим заболеванием остаётся неблагоприятным: отмечается высокая заболеваемость, частые повторные госпитализации и значительные финансовые затраты. В России диагноз ХСН установлен у 8,2% населения [Галявич А.С. и др., 2024]. По зарубежным данным, годовая смертность среди пациентов с ХСН I-IV функционального класса составляет 6%, а при выраженной ХСН — 12% [Heidenreich P.A., et. al., 2022]. Поэтому важно изучать показатели, которые могут прогнозировать течение ХСН. Обычно для оценки риска летального исхода используют уровень N-терминального фрагмента мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) и данные эхокардиографии. Основные инструментальные методы диагностики СН — это лучевые методы, позволяющие оценить работу миокарда, но они зависят от квалификации специалиста и требуют времени, что затрудняет регулярный мониторинг и быструю оценку эффективности лечения [Мацкеплишвили С.Т., и др., 2025].

В связи с этим актуальной задачей является поиск более простых и объективных инструментальных методов для прогнозирования и оценки динамики заболевания. Одним из таких методов может быть вычислительная векторэлектрокардиография (ВЭКГ), которая регистрирует движение электрического вектора сердца в течение сердечного цикла и позволяет анализировать графические фигуры, отражающие электрическую активность сердца [Ханади С., и др., 2021]. ВЭКГ уже показала свою информативность при ишемической болезни сердца, легочной гипертензии и артериальной гипертензии, однако у пациентов с ХСН этот метод изучен недостаточно [Ханади С., и др., 2021].

Использование ВЭКГ в дополнение к стандартной электрокардиографии и эхокардиографии может стать дополнительным инструментом для оценки тяжести состояния, прогноза и мониторинга эффективности терапии у пациентов с ХСН.

Цель исследования. Изучить возможности применения вычислительной векторэлектрокардиографии в определении прогноза и эффективности терапии у пациентов с сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса левого желудочка.

Задачи исследования

1. Определить показатели вычислительной векторэлектрокардиографии, отражающие прогноз пациентов с хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса в наблюдении в течении 24 месяцев.

2. Изучить связь показателей вычислительной векторэлектрокардиографии с NT-proBNP у пациентов с хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса.

3. Определить связь показателей вычислительной векторэлектрокардиографии и прогноза у пациентов с острой декомпенсацией сердечной недостаточности.

4. Изучить динамику показателей вычислительной векторэлектрокардиографии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса в зависимости от приема лекарственных препаратов.

Научная новизна. В работе был использован метод вычислительной векторэлектрокардиографии для определения параметров, ассоциированных с неблагоприятным прогнозом у пациентов с хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса. Впервые выявлена взаимосвязь показателей вычислительной векторэлектрокардиографии с N-терминальным фрагментом мозгового натрийуретического пептида. Выявлены параметры векторэлектрокардиографии, связанные с риском смерти пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Впервые определены параметры векторэлектрокардиографии, связанные с летальным исходом у пациентов с острой декомпенсацией сердечной недостаточности. Впервые получены результаты динамики показателей векторэлектрокардиографии на фоне применения разных составляющих оптимальной медикаментозной терапии.

Практическая значимость. Результаты данной работы демонстрируют, что применение технологии регистрации изменения электрических сил сердца за сердечный цикл в трехмерном пространстве, с использованием современных матричных вычислительных процедур для получения векторной ЭКГ могут способствовать определению прогноза течения ХСН. Получены результаты о значимо более высоких значениях пространственного угла QRS-T, измеренного при помощи векторэлектрокардиографии у пациентов с летальными исходами. Показатели ВЭКГ могут служить для определения прогноза течения СН как у амбулаторных пациентов, так и госпитализированных по причине острой декомпенсации сердечной недостаточности

(ОДСН). По результатам работы выявлена корреляция показателя пространственного угла QRS-T, измеренного при помощи ВЭКГ с уровнем NT-proBNP, что подтверждает значение метода ВЭКГ для пациентов с ХСН. Продемонстрирована связь динамики пространственного угла QRS-T, измеренного при помощи векторэлектрокардиографии и назначенной терапии ХСН. У пациентов, получавших антагонисты рецепторов ангиотензина-неприлизина (АРНИ) выявлена лучшая динамика показателя по сравнению с терапией ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ). Таким образом измерение пространственного угла QRS-T служит дополнительным фактором, демонстрирующим эффективность терапии ХСН.

Методология и методы исследования. Методология данного клинического исследования основывалась на современных методах обследования и лечения пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. В исследование включено 300 пациентов с ХСНнФВ, составивших три группы: 200 пациентов были включены в исследование определения прогностического значения показателей ВЭКГ, из них 100 амбулаторных пациентов (1 группа), находящихся на оптимальной медикаментозной терапии минимум 3 месяца с длительностью периода наблюдения 24 месяца и 100 пациентов (2 группа), госпитализированных по поводу ОДСН с длительностью периода 12 месяцев. Еще 100 пациентов (3 группа) с ХСНнФВ были включены в исследование применения ВЭКГ для оценки эффективности терапии: 50 пациентов, находившихся на четырехкомпонентной терапии, в составе которой были АРНИ, и 50 пациентов на терапии, включавшей иАПФ. Наблюдение за данной группой пациентов проводилось в течение 12 месяцев. Статистический анализ полученных данных проводился с использованием проверенных методик, что способствовало достижению поставленных научных целей.

Основные положения, выносимые на защиту

1. ВЭКГ может служить методом оценки риска летального исхода у пациентов с ХСН и сниженной ФВЛЖ. Пространственный угол QRS-T показал связь с выживаемостью пациентов с ХСНнФВ в течение 24 месяцев. Отрезным значением пространственного угла QRS-T для определения вероятности смерти является 156 градусов.

2. Выявлена корреляционная зависимость значений пространственного угла QRS-T и уровня NT-proBNP: чем больше значение пространственного угла QRS-T, тем больше значение NT-proBNP.

3. Для пациентов с ОДСН получены данные о прогностическом значении пространственного угла QRS-T в 12 месячном наблюдении. Отрезным значением угла QRS-T для определения вероятности смерти у пациентов с ОДСН является 164,5 градусов.

4. Применение терапии ХСН сопровождается снижением пространственного угла QRS-T, измеренного при помощи вычислительной векторэлектрокардиографии. Более выраженный эффект терапии был показан на фоне применения АРНИ по сравнению с иАПФ.

Внедрение результатов в практику. Результаты диссертационного исследования были внедрены в научную и клиническую практику Отдела заболевания миокарда и сердечной недостаточности НИИ клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России.

Степень достоверности и апробации результатов. В данной работе для достижения достоверности результатов исследования было привлечено оптимальное количество участников, что обеспечило получение статистически значимых данных. В процессе исследования применялись современные лабораторные, инструментальные и клинические методы для сбора и анализа информации, что способствовало высокой точности и надежности выводов. Основные результаты и выводы диссертации основываются на детальном изучении исходных данных и их статистической обработке. Проведен комплексный анализ, который подтверждает научные утверждения, рекомендации и выводы работы. Тщательный анализ документации обогатил исследуемый материал, что повысило значимость работы. Результаты научного исследования были представлены на XII Евразийском конгрессе кардиологов (15-16 мая 2024 года, г. Москва), XVI Всероссийской научно-практической конференции «Функциональная диагностика – 2024» (28-30 мая 2024 года, г. Москва). Апробация кандидатской диссертации состоялась в рамках межотделенческой конференции НИИ клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России от 21 августа 2025 года (протокол № 3). Диссертация рекомендована к защите.

Личный вклад автора. Разработке проекта с тщательным планированием и изучением соответствующей литературы, что позволило автору разработать комплексную методологию исследования. На этапе сбора данных был осуществлен набор

и наблюдение за пациентами в различных клинических условиях. Автором освоена методика регистрации ВЭКГ, лично проведена обработка и интерпретация результатов ВЭКГ- исследований. Процесс формирования базы данных, который включал систематизацию информации и статистическую обработку, стал основой для детального анализа полученных результатов. Эти данные, в свою очередь, создают платформу для дальнейшего использования результатов в научной и практической деятельности, включая потенциальное улучшение методики диагностики и лечения. Работа было успешно завершена, что привело к созданию диссертации и публикация в рецензируемых научных журналах.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 6 печатных работ, из них 4 научные статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных в перечне Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Представленная диссертационная работа имеет следующую структуру и объем: работа изложена на 114 страницах печатного текста, иллюстрирована 29 рисунками и 22 таблицами. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, характеристики материала и методов исследования, главы описания результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы. Список литературы включает как 34 отечественных, так и 82 зарубежных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Материалы и методы исследования. Исследование было выполнено на базе отдела заболеваний миокарда и сердечной недостаточности ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России. Исследование было одобрено Этическим комитетом НИИ клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России (протокол № 283 заседания Комитета от 31 октября 2022 г.). В проспективное исследование были включены 300 пациентов с ХСН и ФВ ЛЖ менее 40% (таблица 1).

Таблица 1. Общая клинико-демографическая характеристика пациентов (n=300)

Показатель	Значение
Мужчин/женщин, n (%)	257 (85%)/43 (15%)
Возраст, годы	59 [28; 85]
Масса тела, кг	95 [57; 197]
Рост, см	175 [128; 197]
ИМТ, кг/м ²	30,4 [19; 55]
Курение, n (%)	42 (14%)
ФВЛЖ, %	30 [16; 40]
NT-proBNP, пг/мл	1512 [137,9; 15022]
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	25 (8%)
ФК, n (%):	
II	77 (25)
III	208 (69)
IV	5 (1,6)
Этиология ХСН:	
ИБС, n (%)	156 (52)
ДКМП, n (%)	100 (33)
ГБ, n (%)	130 (43)
ФП при включении, n (%)	121 (40)
ТП, n (%)	13 (4)
Синусовый ритм, n (%)	149 (49)
Артифициальный ритм, n (%)	17 (5)
Блокады ножек пучка Гиса, n (%)	83 (28) (БЛНПГ-74, БПНПГ-9)
Длительность ХСН, мес	66,08 [8;218]
Имплантированные устройства, n (%)	56 (18) (ИКД-44, ЭКС-8, Оптимайзер-4)

Критерии включения в исследование: Возраст пациента старше 18 лет. ХСН с низкой фракцией выброса (ФВ \leq 40%). II- IV функциональный класс ХСН по NYHA. Установленный диагноз ХСН в течение как минимум 3 месяцев. Терапия ХСН в течение как минимум 3 месяцев. Информированность и согласие пациента.

Критерии невключения в исследование: Отказ пациента от участия в исследовании. Перенесённые в течении 3 месяцев инфаркт миокарда, коронарное шунтирование, любые другие вмешательства на коронарных артериях, катетерные абляции, имплантации устройств. Наличие острых заболеваний и операций, которые, по мнению исследователя, могли бы отрицательно повлиять на прогноз – активные онкологические заболевания, острые инфекционные заболевания, острый миокардит. Общее состояние, ограничивающее ожидаемую продолжительность жизни до 1 года.

В исследование было включено 300 пациентов с ХСНнФВ, разделенные на три группы: 200 пациентов были включены в исследование определения прогностического значения показателей ВЭКГ, из них 100 амбулаторных пациентов (1 группа), находящихся на оптимальной медикаментозной терапии минимум 3 месяца и 100

пациентов (2 группа), госпитализированных по поводу ОДСН. Еще 100 пациентов с ХСНнФВ (3 группа) были включены в исследование применения ВЭКГ для оценки эффективности терапии: 50 пациентов на четырехкомпонентной терапии с АРНИ и 50 пациентов с иАПФ.

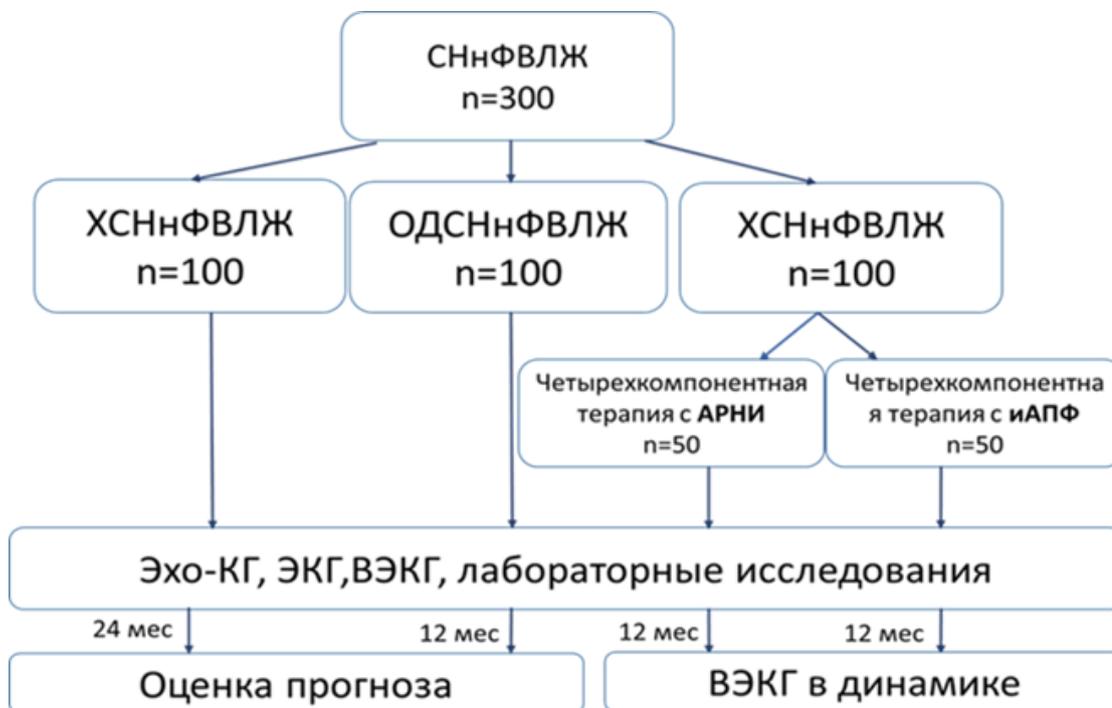


Рисунок 1. Дизайн исследования

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета статистических программ Statistica 10.0. Оценка нормальности распределения производилась по критерию Шапиро-Уилка. Описательная статистика представлена следующим образом: абсолютное число (%), при нормальном распределении – среднее значение (M), стандартное отклонение (SD), 95% доверительный интервал (ДИ), при распределении, отличном от нормального – медиана (Me), интерквартильный размах (25-й перцентиль – Q1; 75-й перцентиль – Q3). Для оценки достоверности различий частоты качественных показателей применялся точный критерий Фишера или критерий хи-квадрат Пирсона. Различия между группами по количественным признакам описаны с помощью t-критерия Стьюдента при нормальном распределении и критерия Манна-Уитни при распределении, отличном от нормального. Сравнения связанных совокупностей проводилось с использованием критерия Уилкоксона при распределении, отличном от нормального. Для выявления зависимости между показателями применяли корреляционный тест Спирмена. Статистически значимыми считались результаты при уровне достоверности $p < 0,05$. Для предварительного анализа математических

зависимостей между признаками применялась ранговая корреляция Спирмана. Для обработки данных и проведения методов статистического анализа было использовано программное обеспечение Statistica 10.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В первой части нашего исследования мы оценивали возможность использования ВЭКГ для прогностической оценки пациентов с ХСН. В исследование были включены 100 пациентов с ХСН и сниженной ФВ, из которых 74% составляли мужчины. Все участники находились под амбулаторным наблюдением и проходили стандартные обследования, а также анализ ВЭКГ. Для повышения достоверности прогностических выводов наблюдение за этой группой пациентов продолжалось в течение 24 месяцев, что позволило собрать больше данных о клинических исходах (таблица 2).

Таблица 2. Общая клиничко-демографическая характеристика пациентов (n=100)

Характеристика	Значение	
Мужчин/женщин, n (%)	74 (74)/26 (26)	
Возраст, годы	59 [34; 80]	
Масса тела, кг	93 [61; 150]	
Рост, см	173 [168; 196]	
ИМТ, кг/м ²	30,1 [19; 46]	
Курение, n (%)	42 (42%)	
ФВ ЛЖ, %	32,1 [22; 40]	
NT-proBNP, пг/мл	950,2 [431,05; 1350,0]	
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	27 (27%)	
Этиология ХСН:		
ИБС, n (%)	55 (55)	
ДКМП, n (%)	31 (31)	
ГБ, n (%)	56 (56)	
ФК ХСН	II	44 (44)
	III	56 (56)
ФП при включении, n (%)	45 (45)	
ТП, n (%)	6 (6)	
Синусовый ритм, n (%)	49 (49)	
Блокады ножек пучка Гиса, n (%)	29 (29) (БЛНПГ-25, БПНПГ-4)	
Длительность ХСН, мес	66,08 [8; 218]	
Имплантированные устройства, n	21 (21) (ИКД-18, ЭКС-3)	

За 24 месяца наблюдения среди пациентов с ХСНнФВ, находившихся под амбулаторным наблюдением, было зарегистрировано 16 случаев летального исхода. Годовая смертность составила 8%. В исследовании учитывались смерти от всех причин. Некоторые пациенты скончались не от сердечно-сосудистых заболеваний, а по другим причинам, таким как коронавирусная инфекция, онкологические заболевания и желудочно-кишечные кровотечения (рисунок 2, 3).

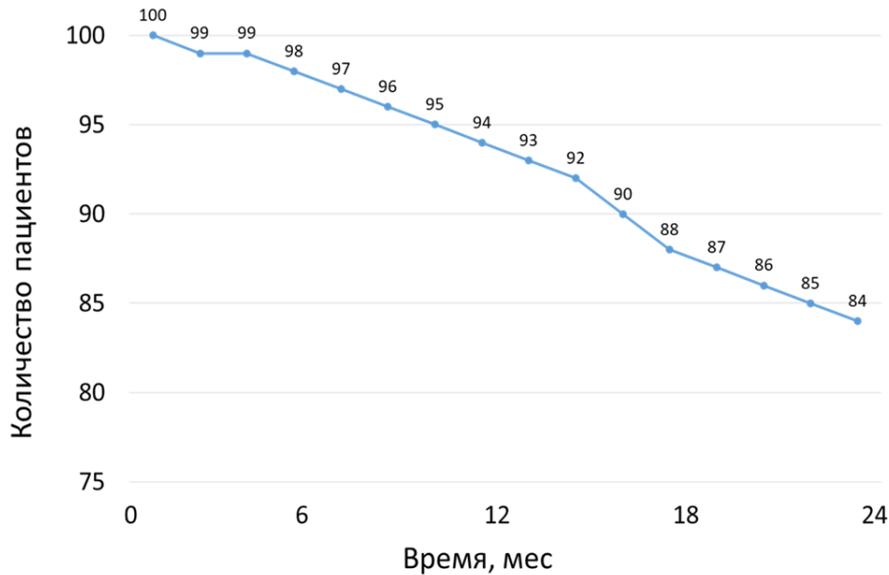


Рисунок 2. График выживаемости пациентов за 24 месяца



Рисунок 3. Причины смерти пациентов с ХСН (n=16)

В ходе анализа параметров ВЭКГ у пациентов были оценены такие параметры, как пространственный угол QRS-T, индексы планарности, продолжительность интервала QT, а также минимальные, средние и максимальные значения RR. При сравнении этих показателей между выжившими и умершими пациентами выявлено, что пространственный угол QRS-T статистически значимо отличался у пациентов с летальными исходами. Для индексов планарности отмечалась тенденция к различиям, однако статистической значимости она не достигла. В предыдущих исследованиях индекс планарности рассматривался как показатель гипертрофии миокарда, однако в нашем исследовании именно пространственный угол QRS-T оказался наиболее информативным и статистически значимым маркером неблагоприятного прогноза (таблица 3,4).

Таблица 3. Характеристики ВЭКГ включенных пациентов (n=100)

Показатель	Значение (n=100)
Угол QRS-T, градусах	154° [138,5°; 166°]
ЧСС, уд/мин	71 [62; 84,5]
Индекс планарности	0,83 [0,69; 0,93]
Индекс планарности 2	0,85 [0,74; 0,93]
Индекс планарности 3	0,875 [0,79; 0,94]
QT, мсек	392 [362; 423]
RR минимальный, мс	703 [493; 875]
RR средний, мс	835,5 [708,8; 959,3]
RR максимальный, мс	970 [798; 1215]

Таблица 4. Характеристика ВКГ у выживших и умерших пациентов

Показатель	Выжившие (n=84)	Умершие (n=16)	p
Угол QRS-T, градусах	153° [135,5°; 164°]	163° [154,5°; 170,5°]	0,025
ЧСС, уд/мин	69,5 [61,5; 84,5]	77 [66; 86,5]	0,4
Индекс планарности	0,85 [0,72; 0,93]	0,765 [0,51; 0,895]	0,09
Индекс планарности 2	0,865 [0,75; 0,93]	0,79 [0,635; 0,895]	0,09
Индекс планарности 3	0,885 [0,8; 0,94]	0,875 [0,79; 0,94]	0,1
QT, мсек	392 [361; 421]	399 [387; 443]	0,1
RR минимальный, мс	715 [493; 885]	661 [513; 767]	0,6
RR средний, мс	858,35 [708,8; 970;85]	773,9 [695,35; 903,9]	0,4
RR максимальный, мс	992 [789; 1219]	923 [820; 1072]	0,3

Наиболее важным и часто применяемым маркером прогноза пациентов с ХСН является уровень NT-proBNP. В связи с этим нами проведён корреляционный анализ взаимосвязи пространственного угла QRS-T, измеренного по данным ВЭКГ и уровня NT-proBNP у пациентов с ХСН с низкой ФВ. Выявлена значимая взаимосвязь. Таким образом мы можем считать, что пространственный угол QRS-T может служить маркером риска смерти у пациентов с ХСН (рисунок 4).

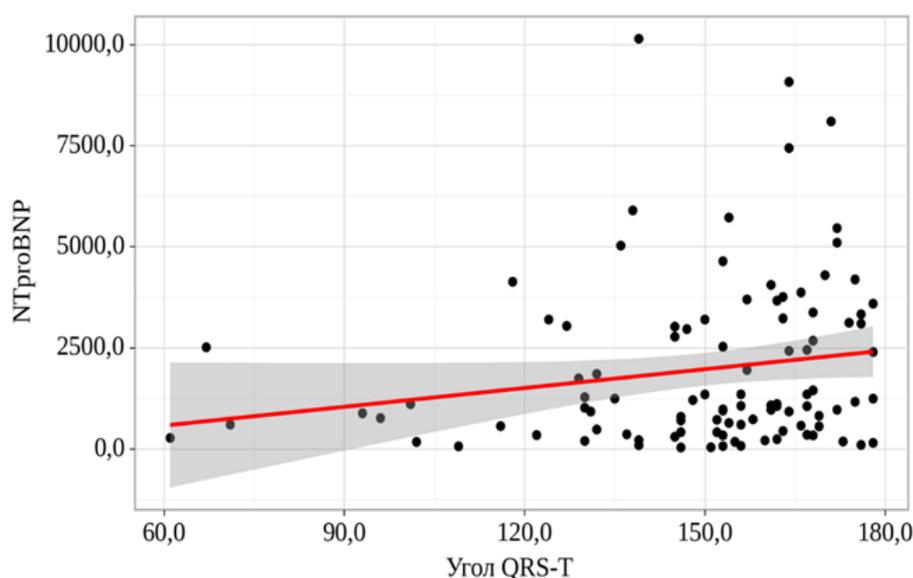


Рисунок 4. График корреляции, характеризующий зависимость показателя NT-proBNP от показателя Угол QRS-T

При проведении ROC-анализа было определено пороговое значение пространственного угла QRS-T по данным ВЭКГ — 156° . Превышение этого значения связано с повышенной вероятностью летального исхода. Чувствительность данного критерия составила 76,5%, а специфичность — 62,7%. (рисунок 5).

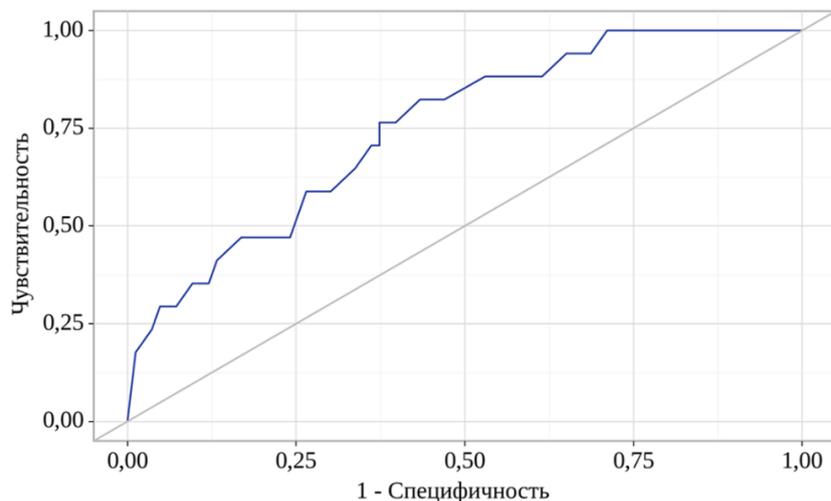


Рисунок 5. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности показателя "летальный исход" от показателя "Угол QRS-T"

Был проведён отдельный анализ связи между летальным исходом и уровнем NT-proBNP у пациентов с пространственным углом QRS-T более 156° . Получена статистически значимая зависимость ($p=0,002$) уровня NT-proBNP, что дополнительно подтверждает возможность использования пространственного угла QRS-T как прогностического фактора у пациентов с ХСН с низкой фракцией выброса. По данному отрезному значению были проанализированы группы соответственно менее 156 и более 156 и соответственно уровень NT-proBNP в этих группах различался более чем в 1,5 раза статистически значимо.

Интерпретация данных электрокардиографии обычно затруднена наличием БЛНПГ и имплантированных устройств. В связи с этим нами был проведён дополнительный анализ показателей ВЭКГ у пациентов с наличием или отсутствием БЛНПГ и наличием или отсутствием имплантированных устройств. При сравнении показателей ВЭКГ в этих группах статистически значимой разницы не обнаружено. Поэтому мы можем считать, что у пациентов с БЛНПГ и при наличии имплантированных устройств мы можем применять показатели ВЭКГ для определения прогноза также как и у пациентов без блокад и имплантированных устройств (таблица 5).

Таблица 5. Характеристика ВЭКГ у пациентов с ХСН в зависимости от наличия БЛНПГ и имплантированных устройств

БЛНПГ (n=32)			
Показатель	Без БЛНПГ (n=68)	С БЛНПГ (n=32)	p
Угол QRS-T	145° [61°; 178°]	157° [124°; 178°]	0,75
Индекс планарности 1	0,78 [0,69; 0,93]	0,8 [0,635; 0,89]	0,9
Индекс планарности 2	0,79 [0,74; 0,93]	0,81 [0,68; 0,89]	0,9
Индекс планарности 3	0,85 [0,76; 0,94]	0,82 [0,79; 0,9]	1,0
Имплантированные устройства (n=21)			
Показатель	Отсутствие (n=79)	Наличие (n=21)	p
Угол QRS-T	150° [129,5°; 166,5°]	166° [149,5°; 172,75°]	0,806
Индекс планарности 1	0,78 [0,69; 0,93]	0,83 [0,735; 0,94]	0,7
Индекс планарности 2	0,84 [0,74; 0,93]	0,83 [0,78; 0,94]	0,8
Индекс планарности 3	0,88 [0,845; 0,94]	0,86 [0,805; 0,94]	0,5

ВЭКГ позволяет наглядно увидеть различия в показателях пространственного угла QRS-T. На этой картинке мы можем увидеть разницу угла у выжившего и скончавшегося пациентов примерно одинакового возраста мы видим, как отличается пространственный угол QRS-T и наглядно можем проследить прогноз нашего пациента (рисунок 6,7).

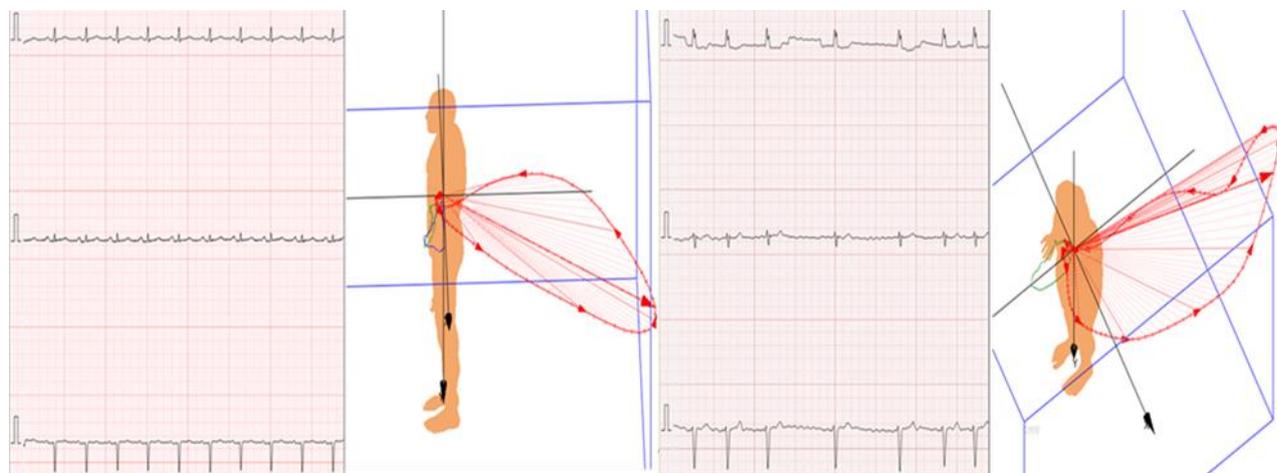


Рисунок 6. ВЭКГ выжившего пациента (женщины 52 лет), на котором прослеживается меньший пространственный угол QRS-T
Рисунок 7. ВЭКГ умершего пациента (мужчины 58 лет), на котором отмечается больший пространственный угол QRS-T (больше 162°)

Вторая часть исследования была посвящена оценке применимости показателей ВЭКГ у пациентов с остро декомпенсированной сердечной недостаточностью (ОДСН). Известно, что прогноз у таких пациентов хуже, чем у больных с компенсированной сердечной недостаточностью. В исследование были включены 100 госпитализированных

пациентов отдела заболеваний миокарда и сердечной недостаточности. Всем им проводились аналогичные обследования, включая анализ ВЭГ, и наблюдение длилось 12 месяцев. Пациенты этой группы отличались более тяжёлым состоянием: их фракция выброса была ниже, чем у амбулаторных больных с ХСН, а уровень NT-proBNP — значительно выше. (таблица 6).

Таблица 6. Характеристика пациентов с ОДСН при включении в исследование (n=100)

Показатель	Значение
Мужчин/женщин, n (%)	87 (87)/13 (13)
Возраст, годы	63 [34; 85]
Масса тела, кг	96 [57; 197]
Рост, см	177 [156; 191]
ИМТ, кг/м²	30,7 [21; 55]
Курение, n (%)	38 (38)
ФВЛЖ, %	26 [16; 40]
NT-proBNP, пг/мл	1696 [374; 15022]
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	22 (22)
СКФ, мл/мин/1,73м²	71,8 [40; 113]
Этиология ХСН:	
ИБС, n (%)	51 (51)
ДКМП, n (%)	29 (29)
ГБ, n (%)	20 (20)
ФП при включении, n (%)	35 (35)
ТП, n (%)	5 (5)
Синусовый ритм, n (%)	51 (51)
Артифициальный ритм, n (%)	9 (9)
Блокады ножек пучка Гиса, n (%)	25 (25) (БЛНПГ-22, БПНПГ-3)
Длительность ХСН, мес	66 [12;175]
Имплантированные устройства, n (%)	16 (16) (ИКД-11, ЭКС-3, Оптимайзер-2)

В этой группе в течении 12 месяцев скончались 17 пациентов. Смертность в 17% в течении года у пациентов с ОДСН соответствует цифрам большинства регистров у декомпенсированных пациентов. Основными причинами смерти были сердечно-сосудистые. Мы анализировали смерть от всех причин, но в этой группе все пациенты скончались от сердечно-сосудистых причин (рисунок 8,9).

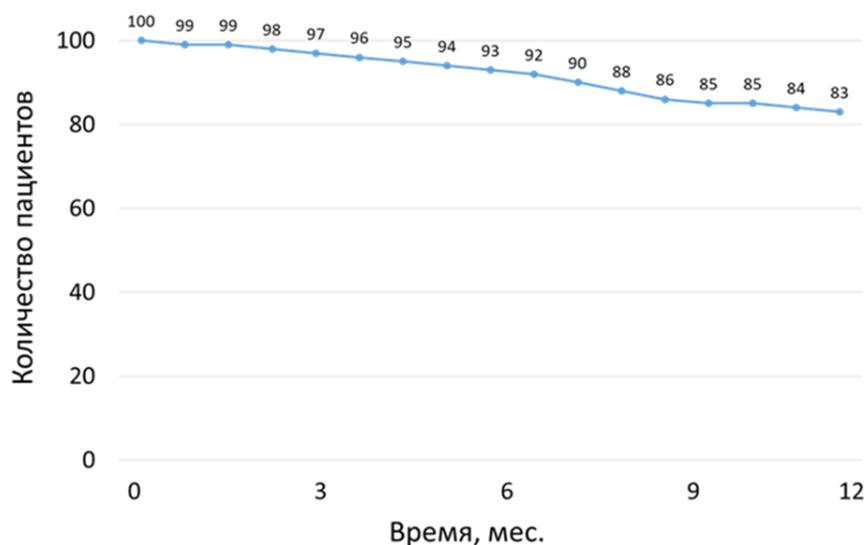


Рисунок 8. График выживаемости пациентов за 12 месяцев



- ИМ
- Расслоение аневризмы аорты
- Тромбоэмболия легочной артерии
- ВСС

Рисунок 9. Причины смерти пациентов с ОДСН (n=17)

Исходно в этой группе оценивались те же самые показатели. Также как и в группе пациентов с компенсированной ХСН у пациентов с ОДСН именно показатель пространственного угла QRS-T показал значимые различия между выжившими и умершими пациентами (таблица 7,8).

Таблица 7. Характеристики показателей ВЭКГ включенных пациентов (n=100)

Показатель	Значение (n=100)
Угол QRS-T, градусах	156° [63°; 178°]
ЧСС, уд/мин	86 [49; 129]
Индекс планарности	0,7 [0,03; 0,99]
Индекс планарности 2	0,76 [0,31; 0,99]
Индекс планарности 3	0,82 [0,44; 0,99]
QT, мсек	393 [130; 606]

Таблица 8. Характеристика выживших и умерших пациентов

Показатель	Выжившие (n=83)	Умершие (n=17)	p
Угол QRS-T, градусах	155° [63°; 177°]	161° [102°; 178°]	0,039
ЧСС, уд/мин	84,5 [49; 129]	90,5 [50; 121]	0,125
Индекс планарности	0,7 [0,06; 0,99]	0,69 [0,03; 0,98]	0,971
Индекс планарности 2	0,76 [0,31; 0,99]	0,75 [0,35; 0,98]	0,985
Индекс планарности 3	0,82 [0,44; 0,99]	0,8 [0,48; 0,98]	0,076
QT, мсек	391 [130; 606]	399 [322; 542]	0,956

Проведён корреляционный анализ взаимосвязи пространственного угла QRS-T и NT-proBNP в группе пациентов с ОДН получена статистически значимая взаимосвязь ($p=0,018$) соответственно мы можем говорить о том, что в этой группе пространственный угол QRS-T может быть использован для оценки прогноза пациентов с ОДН (рисунок 10).

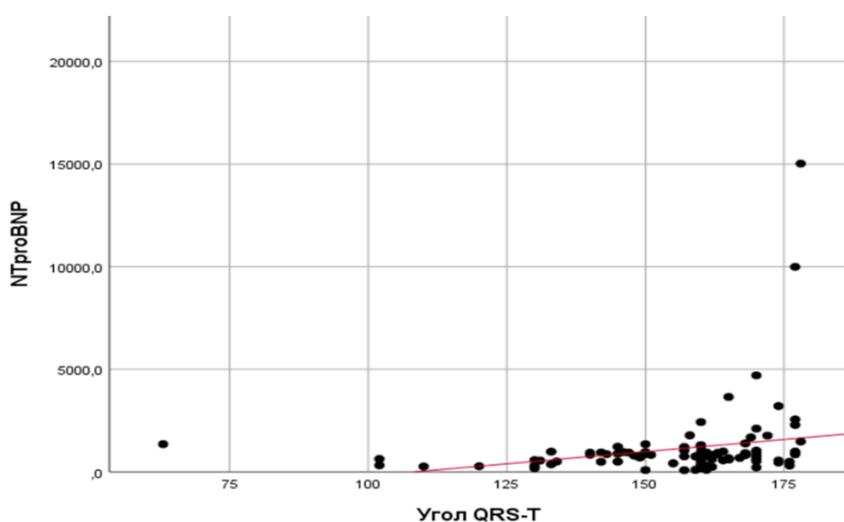


Рисунок 10. График корреляции, характеризующий зависимость показателя NT-proBNP от показателя Угол QRS-T

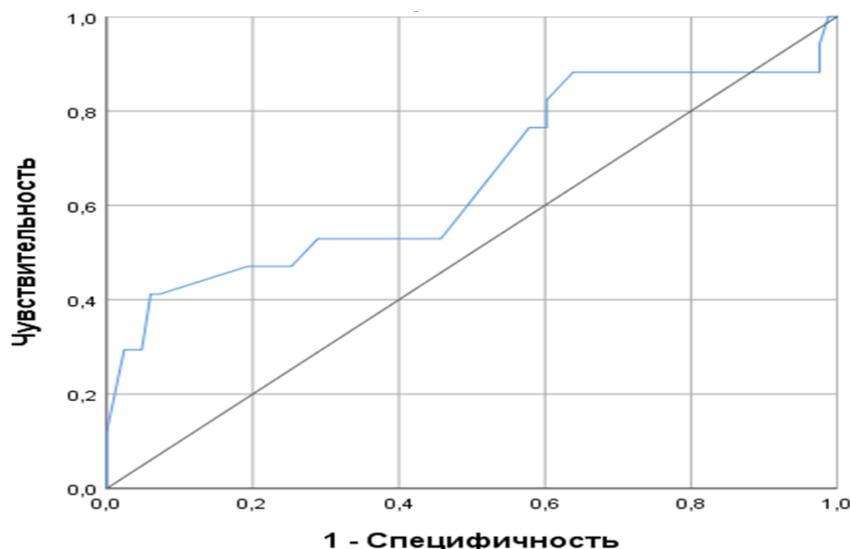


Рисунок 11. ROC-кривая, характеризующая возможность применения показателя "Угол QRS-T" для разделения групп выживших и умерших пациентов

При проведении ROC-анализа получено отрезное значение пространственного угла QRS-T, при превышении которого увеличивается вероятность летального исхода. У пациентов с ОДСН данный показатель выше и составил в $164,5^\circ$, данном случае чувствительностью 53% и специфичностью 71% при составлении модели (рисунок 11).

Аналогично был проведён анализ зависимости летального исхода у пациентов с величиной пространственного угла более $164,5$ и уровня NT-proBNP. Получена статистически значимая зависимость ($p=0.012$). Соответственно мы можем говорить о том, что пространственный угол QRS-T, измеренный по ВЭКГ может быть применён для оценки прогноза как у пациентов с ХСН амбулаторно, так и у пациентов с декомпенсацией.

Таблица 9. Характеристика ВЭКГ у пациентов с ОДСН в зависимости от наличия БЛНПГ и имплантированных устройств

БЛНПГ (n=31)			
Показатель	Без БЛНПГ (n=69)	С БЛНПГ (n=31)	p
Угол QRS-T, градусах	153° [63; 178]	164° [133; 178]	0,03
Индекс планарности 1	0,57 [0,11; 0,94]	0,6 [0,03; 0,99]	0,6
Индекс планарности 2	0,66 [0,36; 0,94]	0,68 [0,35; 0,91]	0,5
Индекс планарности 3	0,74 [0,55; 0,94]	0,75 [0,48; 0,91]	0,4
Имплантированные устройства (n=16)			
Показатель	Отсутствие (n=84)	В наличии (n=16)	p
Угол QRS-T, градусах	156° [63; 178]	158° [120; 178]	0,4
Индекс планарности 1	0,6 [0,16; 0,98]	0,52 [0,03; 0,91]	0,9
Индекс планарности 2	0,69 [0,31; 0,98]	0,63 [0,35; 0,91]	0,7
Индекс планарности 3	0,78 [0,44; 0,98]	0,73 [0,48; 0,91]	0,6

У более тяжёлых пациентов с ОДСН оказалось, что при наличии БЛНПГ пространственный угол QRS-T был значимо выше, чем у пациентов без БЛНПГ. Это стоит учитывать при анализе таких тяжёлых пациентов. Возможно разница связана с тяжестью пациентов и БЛНПГ здесь отражает худший прогноз данных пациентов. По имплантированным устройствам у пациентов с ОДСН значение пространственного угла QRS-T статистически значимо не различались (таблица 9).

QRS-T выживших и умерших пациентов ещё более наглядно можно проследить на рисунках, которые мы можем получить при интерпретации результатов ВЭКГ мы можем видеть на слайде различия в картинках.

В третьей части нашей работы была оценка возможности применения ВЭКГ для оценки эффективности терапии. В этой части работы мы оценивали данные ВЭКГ в динамике. 100 пациентов с ХСН и оптимальной медикаментозной терапией были

включены в данное исследование. Все пациенты получали ОМТ как минимум 3 месяца. 50 в составе четырехкомпонентной медикаментозной терапии ХСН получали антагонисты рецепторов ангиотензина-неприлизина - сакубитрил/валсартан и 50 пациентов половина ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента - периндоприл. Всем пациентам проводились лабораторные и инструментальные обследования и оценивались показатели ВЭКГ через 12 месяцев наблюдения (таблица 10).

Таблица 10. Характеристика пациентов с ХСН при включении в исследование (n=100)

Показатель	Значение
Мужчин/женщин, n (%)	85 (%)/15 (%)
Возраст, годы	59 [28; 78]
Масса тела, кг	94 [58; 197]
Рост, см	174 [128; 196]
ИМТ, кг/м ²	30,4 [19; 55]
Курение, n (%)	42 (42%)
ФВЛЖ, %	31,2 [19; 40]
NT-proBNP, пг/мл	1891 [137,9; 9081]
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	26 (26)
ФК, n (%):	
II	33 (33)
III	65 (65)
IV	2 (2)
Этиология ХСН:	
ИБС, n (%)	50 (50)
ДКМП, n (%)	40 (40)
ГБ, n (%)	54 (54)
ФП при включении, n (%)	41 (41)
ТП, n (%)	2 (2)
Синусовый ритм, n (%)	49 (49)
Артериальный ритм, n (%)	8 (8)
Блокады ножек пучка Гиса, n (%)	29 (29) (БЛНПГ-27, БПНПГ-2)
Длительность ХСН, мес	67,31 [8;218]
Имплантированные устройства, n (%)	19 (19) (ИКД-15, ЭКС-2, Оптимайзер-2)

При сравнении клинико-демографических показателей пациентов в 2 группах исходно группы были сопоставимы. Группа пациентов получавших АРНИ, по сравнению с группой получавшей иАПФ статистически значимо не различались не по росту, не по весу, не по сопутствующим заболеваниям, также по длительности ХСН и функциональному классу ХСН (таблица 11).

Важным моментом являлась оценка медикаментозной терапии. Если пациент по каким-либо причинам не мог получать какой-либо из четырёх жизненно необходимых компонентов медикаментозной терапии ХСН он в исследование не включался. Поэтому все пациенты получали β -АБ — бисопролол, метопролол, антагонисты минералкортикоидных рецепторов — спиронолактон, эплеренон, ингибиторы натрий-

глюкозного котраспортера 2-го типа — дапаглифлозин эмпаглифлозин.

Таблица 11. Характеристика пациентов с ХСН на терапии АРНИ и иАПФ при включении в исследование

Показатель	АРНИ (n=50)	иАПФ (n=50)	p
Мужчин/женщин, n (%)	40 (80%)/10 (20%)	45 (90%)/5 (10%)	0,79
Возраст, годы	59 [34; 78]	58 [28; 78]	0,66
Масса тела, кг	96 [58; 197]	92 [61; 135]	0,1
Рост, см	173 [155; 192]	175 [128; 196]	0,1
ИМТ, кг/м ²	31,3 [21; 55]	29,2 [19; 40]	0,25
Курение, n (%)	22 (41%)	20 (40%)	0,267
ФВЛЖ, %	30 [19; 40]	32 [20; 40]	0,064
NT-proBNP, пг/мл	1726 [137,9; 8102]	2055 [166,5; 9081]	0,08
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	11 (22)	15 (30)	0,09
ФК, n (%):			
II	8 (16)	20 (40)	0,495
III	40 (80)	25 (50)	0,52
IV	2 (4)	5 (10)	0,6
Этиология ХСН:			
ИБС, n (%)	21 (42)	29 (58)	0,781
ДКМП, n (%)	22 (44)	18 (36)	0,255
ГБ, n (%)	30 (60)	24 (48)	0,52
ФП при включении, n (%)	15 (30)	16 (32)	0,79
ТП, n (%)	1 (2)	1 (2)	0,189
Синусовый ритм, n (%)	30 (60)	19 (38)	0,076
Артифициальный ритм, n (%)	4 (8)	4 (8)	0,8
Блокады ножек пучка Гиса, n (%)	19 (38) (БЛНПГ-17, БПНПГ-2)	10 (20) (БЛНПГ-10, БПНПГ-0)	0,056
Длительность ХСН, мес	71,5 [9;175]	63,12 [8;218]	0,817
Имплантированные устройства, n (%)	10 (20) (ИКД-8, ЭКС-1, Оптимайзер-1)	9 (18) (ИКД-8, ЭКС-1)	0,332

При оценке исходных показателей ВЭКГ в группах АРНИ и иАПФ статистически значимых отличий не выявлено (таблица 12).

Таблица 12. Характеристики показателей ВЭКГ включенных пациентов на терапии АРНИ и иАПФ

Показатель	АРНИ (n=50)	иАПФ (n=50)	p
Угол QRS-T, градусах	152,02° [63°; 177°]	150,54° [96°; 178°]	0,063
Индекс планарности	0,73 [0,23; 0,98]	0,77 [0,1; 0,98]	0,26
Индекс планарности 2	0,78 [0,39; 0,98]	0,81 [0,37; 0,98]	0,245
Индекс планарности 3	0,82 [0,55; 0,98]	0,85 [0,45; 0,98]	0,324

Далее при оценке динамики показателей ВЭКГ как в группе пациентов АРНИ, так и в группе пациентов, получавших иАПФ, в динамике через 12 месяцев наблюдения получены статистически значимые снижения показателя пространственного угла QRS-T, что отражает эффективность проводимой оптимальной медикаментозной терапии в обеих

группах (таблицы 13 и 14).

Таблица 13. Динамика показателей ВЭКГ у пациентов на терапии АРНИ (n=50)

Показатель	Исходно	Через 12 месяцев	p
Угол QRS-T, градусах	152,02° [63°; 177°]	140,3° [63°; 168°]	0,01
Индекс планарности	0,73 [0,23; 0,98]	0,76 [0,1; 0,98]	0,91
Индекс планарности 2	0,78 [0,39; 0,98]	0,8 [0,37; 0,98]	0,84
Индекс планарности 3	0,82 [0,55; 0,98]	0,84 [0,45; 0,98]	0,97

Таблица 14. Динамика показателей ВЭКГ у пациентов на терапии иАПФ (n=50)

Показатель	Исходно	Через 12 месяцев	p
Угол QRS-T, градусах	150,54° [96°; 178°]	147,61° [95°; 175°]	0,016
Индекс планарности	0,77 [0,1; 0,98]	0,77 [0,1; 0,98]	0,64
Индекс планарности 2	0,81 [0,37; 0,98]	0,81 [0,37; 0,98]	0,57
Индекс планарности 3	0,85 [0,45; 0,98]	0,85 [0,45; 0,98]	0,7

По другим показателям ВЭКГ разницы не было. Мы в основном индексы планарности поскольку ранее они отражали динамику гипертрофии миокарда в работах по гипертонической болезни.

При сравнении показателей пространственного угла QRS-T через 12 месяцев наблюдения выявлена статистически значимые более низкие значения у пациентов получавших антагонисты рецепторов ангиотензина-неприлизина. Мы можем связывать это с тем, что в предыдущих ранее исследованиях АРНИ большее влияние на течении ХСН по сравнению с иАПФ и возможно по результатам нашей работы пространственный угол QRS-T отражает более эффективное лечение АРНИ по сравнению с иАПФ. Подтверждение гипотезы мы можем найти в значимом снижении уровня NT-proBNP в группе АРНИ, по сравнению с группой иАПФ через 12 месяцев терапии (рисунок 12,13).

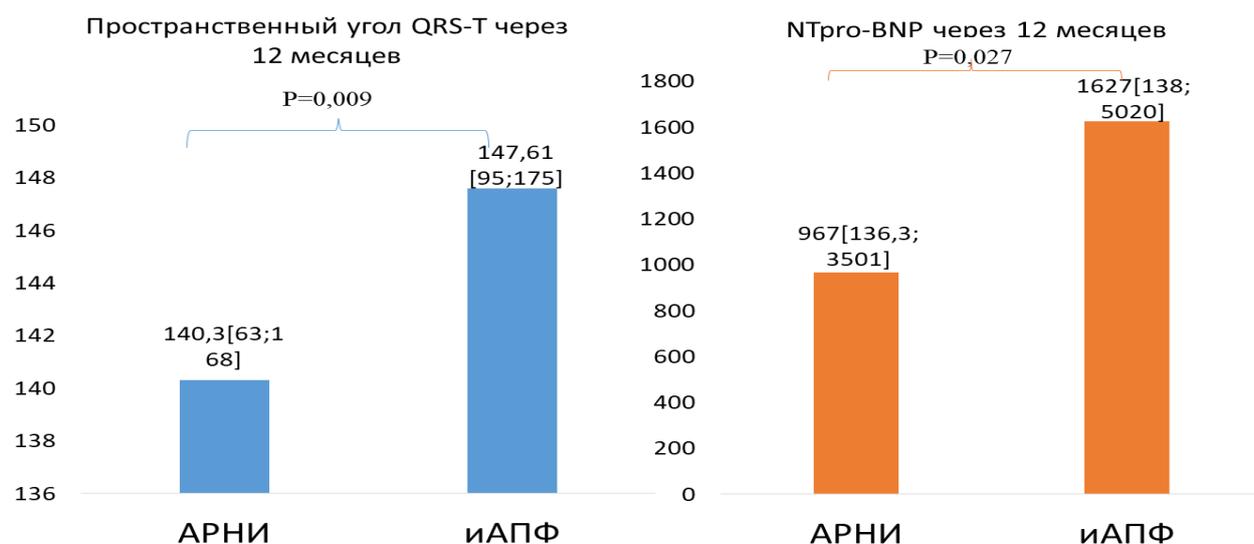


Рисунок 12. Пространственный угол QRS-T у пациентов групп АРНИ и иАПФ через 12 месяцев

Рисунок 13. NT-proBNP у пациентов групп АРНИ и иАПФ через 12 месяцев

Также наглядно мы можем видеть в показателях угла у пациентов получавших АРНИ и иАПФ. Проведённое нами исследование демонстрирует возможность применения пространственного угла QRS-T как дополнительного показателя оценки эффективности терапии. Мы получили снижение данного показателя на фоне четырёхкомпонентной терапии ХСН, в составе которой были АРНИ более значимой по сравнению с ОМТ и включённой в неё иАПФ (рисунок 14,15).

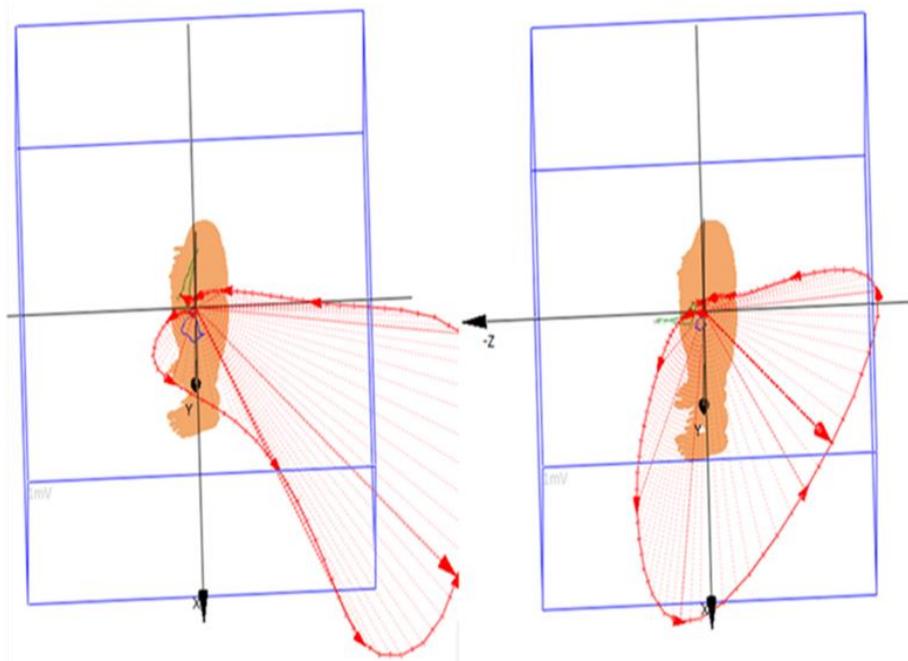


Рисунок 14. ВЭКГ пациента группы АРНИ: слева- исходно пространственный угол QRS-T 144° , справа- через 12 месяцев угол 92°

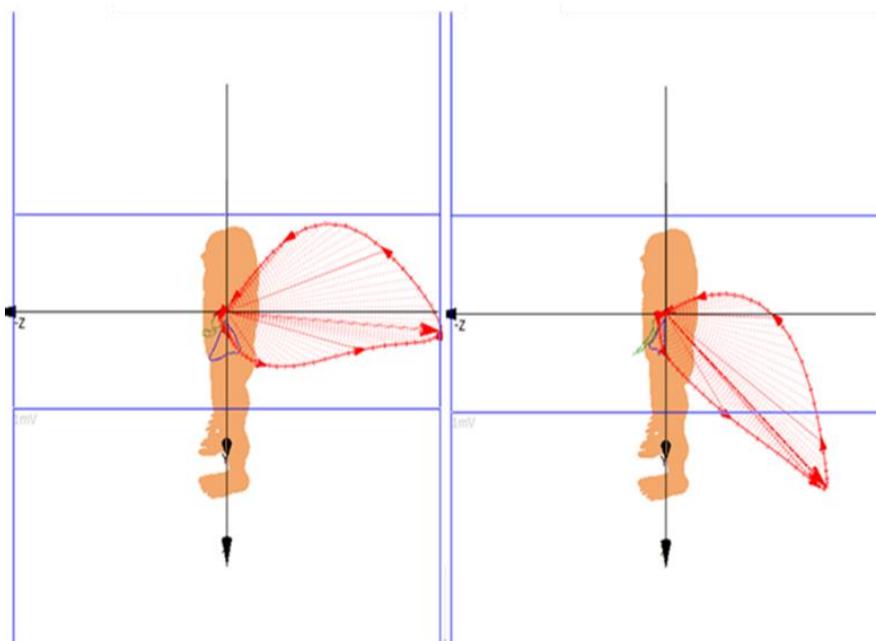


Рисунок 15. ВЭКГ пациента группы иАПФ: слева- исходно пространственный угол QRS-T 135° , справа- через 12 месяцев угол 94°

Выводы

1. Среди показателей вычислительной векторэлектрокардиографии для пациентов с хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса пространственный угол QRS-T продемонстрировал значимость в определении риска летального исхода. Увеличение значения пространственного угла QRS-T связано с увеличением риска смерти от всех причин.

2. Значения пространственного угла QRS-T коррелируют с уровнем NT-proBNP у пациентов с хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса ($p=0,026$).

3. Пространственный угол QRS-T, измеренный по векторэлектрокардиографии, является значимым прогностическим показателем для пациентов с острой декомпенсацией сердечной недостаточности.

4. У пациентов с хронической сердечной недостаточностью и сниженной фракцией выброса левого желудочка на фоне применения ангиотензиновых рецепторов и неприлизина ингибиторов показало значимое снижение пространственного угла QRS-T, измеренного при помощи векторэлектрокардиографии, по сравнению с терапией ингибиторами ангиотензин-превращающего фермента ($p=0,01$).

Практические рекомендации

1. Пациентам с хронической сердечной недостаточностью и сниженной фракцией выброса рекомендуется использование метода вычислительной векторэлектрокардиографии на амбулаторном и стационарном этапе для определения риска летального исхода.

2. Рекомендуется определение пространственного угла QRS-T, как наиболее информативного показателя вычислительной векторэлектрокардиографии для пациентов с сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса.

3. Пациентам с хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса рекомендуется использование метода вычислительной векторэлектрокардиографии для дополнительной оценки эффективности проводимой лекарственной терапии.

Список печатных работ по теме диссертации

1. **Ваштанян А.К.** Прогностические показатели векторэлектрокардиографии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса левого желудочка /

А.К. Ваштанян, Т.М. Ускач, В.А. Аманатова [и др.] // Медицинский алфавит. – 2024. – №15. – С.15-22.

2. Ваштанян А.К. Прогностически значимые показатели векторэлектрокардиографии у пациентов с острой декомпенсацией сердечной недостаточности со сниженной фракцией выброса левого желудочка / А.К. Ваштанян, Т.М. Ускач, В.А. Аманатова [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2024. – №3. – С. 34-45.

3. Ваштанян А.К. Динамика показателей векторэлектрокардиографии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью на фоне оптимальной медикаментозной терапии / А.К. Ваштанян, Т.М. Ускач, В.А. Аманатова [и др.] // Кардиологический вестник. – 2025. – Т. 20. – №1. – С.57-63.

4. Аманатова В.А. Интерпретация электрокардиограмм и результатов суточного мониторирования ЭКГ по Холтеру у пациентов с имплантированным модулятором сердечной сократимости / В.А. Аманатова, Т.М. Ускач, **А.К. Ваштанян** [и др.] // Медицинский алфавит. – 2024. – Т. 1. – №6. – С. 21-26.

5. Ваштанян А.К. Значение пространственного угла QRS-T вычислительной векторэлектрокардиографии в прогнозировании острой декомпенсации хронической сердечной недостаточности / А.К. Ваштанян, Т.М. Ускач, М.Д. Муксинова [и др.] // Сборник тезисов XII Евразийского конгресса кардиологов (15-16 мая 2024 года.) — М.: Издательство: ООО «ИнтерМедсервис». — 2024. — С. 22-23.

6. Ваштанян А.К. Возможности вычислительной векторэлектрокардиографии в прогнозировании течения хронической сердечной недостаточности / А.К. Ваштанян, Т.М. Ускач, Д.В. Дроздов // XVI Всероссийской научно-практической конференции "Функциональная диагностика – 2024" Радиология 2024 Материалы конгресса (28–30 мая 2024 года) «МЕДИ Экспо». — 2024. — С.114-115.

Список сокращений

БРА — блокаторы рецепторов ангиотензина II
 β-АБ — β-адреноблокаторы
 БЛНПГ — блокада левой ножки пучка Гиса
 БПНПГ — блокада правой ножки пучка Гиса
 ВЭКГ — вычислительная векторэлектрокардиография
 ГБ — гипертоническая болезнь
 ДКМП — дилатационная кардиомиопатия
 иАПФ — ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента
 ИБС — ишемическая болезнь сердца
 ИМ — инфаркт миокарда
 ИМТ — индекс массы тела
 иНГЛТ2 — ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2 типа
 ОДСН — острая декомпенсация сердечной недостаточности

ОМТ — оптимальная медикаментозная терапия
 СН — сердечная недостаточность
 ФП — фибрилляция предсердий
 ХСН — хроническая сердечная недостаточность
 ХСНнФВ — хроническая сердечная недостаточность со сниженной фракцией выброса
 ЭКГ — электрокардиография
 Эхо-КГ — эхокардиография
 NT-proBNP — N-терминальный фрагмент мозгового натрийуретического пептида
 NYHA (New York Heart Association) — Нью-Йоркская Ассоциация Сердца