

На правах рукописи

Феофанова Татьяна Борисовна

**«Неинвазивное исследование электрофизиологических
свойств миокарда у пациентов с нарушениями
внутрижелудочкового проведения ишемического и
неишемического генеза»**

(14.01.05 – кардиология)

Автореферат

**ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА МЕДИЦИНСКИХ НАУК**

Москва – 2012

Диссертационная работа выполнена в ФГБУ «Научный Центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» РАМН

Научные руководители:

Доктор медицинских наук,

академик РАМН и РАН

Бокерия Лео Антонович

доктор биологических наук

Полякова Ирина Петровна

Официальные оппоненты:

Недоступ Александр Викторович – профессор кафедры факультетской терапии № 1 лечебного факультета Московского Государственного Медицинского Университета им. И.М.Сеченова, доктор медицинских наук, профессор

Асымбекова Эльмира Уметовна – старший научный сотрудник клинко-диагностического отделения Научного Центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН, доктор медицинских наук

Ведущая организация: Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского (МОНИКИ)

Защита состоится «30» марта 2012 года в «14» часов на заседании Диссертационного совета Д 001.015.01. при Научном Центре сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева РАМН (121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135, конференц-зал № 2)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Научного Центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН

Автореферат разослан «28» февраля 2012 г.

Ученый секретарь Диссертационного Совета:

Доктор медицинских наук

Газизова Динара Шавкатовна

Общая характеристика работы

Актуальность

Изучение основных электрофизиологических процессов в миокарде желудочков (де- и реполяризации) – важная составляющая диагностики ишемической болезни сердца (ИБС).

При сопутствующих нарушениях внутрижелудочкового проведения (НВЖП) измененная морфология желудочкового комплекса и сегмента ST полностью маскируют признаки рубцовых и ишемических изменений миокарда. Изменения на электрокардиограмме (ЭКГ) в подобных случаях неспецифичны. В отсутствие НВЖП стресс-тест с дозированной физической нагрузкой (велозргометрическая проба, или ВЭМ-проба) – ведущий метод диагностики ИБС, однако он теряет свою информативность при сопутствующих НВЖП.

В настоящее время многоканальное поверхностное компьютерное ЭКГ-картирование (ПК) рассматривают в литературе как неинвазивный метод исследования электрофизиологических процессов в сердце человека. В ряде проведенных ранее исследований показано, что у больных ИБС с сопутствующими НВЖП возможно выделить и локализовать зоны постинфарктных (рубцовых) изменений миокарда. Однако отсутствуют данные о возможности неинвазивного изучения измененных процессов де- и реполяризации миокарда у пациентов с НВЖП неишемического генеза и, соответственно, дифференциальной диагностики ишемических и неишемических процессов на фоне НВЖП. Кроме того, необходимо отметить, что при всем многообразии математических методов, используемых в настоящее время для диагностики в кардиологии, отсутствуют математические подходы к анализу данных ПК у данной категории пациентов.

Цель исследования – изучение электрофизиологических свойств и функциональных особенностей миокарда у пациентов с сердечной патологией, осложненной нарушением внутрижелудочкового проведения

В соответствии с целью поставлены **задачи исследования**:

1. Исследовать возможности и выявить диагностические параметры метода многоканального поверхностного компьютерного ЭКГ-картирования в оценке электрофизиологических свойств миокарда у пациентов с ИБС на фоне нарушений внутрижелудочкового проведения.
2. Исследовать возможности метода многоканального поверхностного компьютерного ЭКГ-картирования в оценке электрофизиологических свойств миокарда у пациентов с неишемическими заболеваниями сердца на фоне нарушений внутрижелудочкового проведения.
3. Разработать критерии дифференциальной диагностики ИБС и неишемических заболеваний сердца на фоне нарушений внутрижелудочкового проведения.
4. Исследовать возможность применения математических методов для анализа и классификации данных многоканального поверхностного компьютерного ЭКГ-картирования, проведенного у пациентов с НВЖП.

Научная новизна

Работа является первым исследованием, посвященным неинвазивному выявлению особенностей электрофизиологических кардиальных процессов и свойств миокарда желудочков у пациентов с НВЖП ишемического и неишемического генеза. Впервые из сложного электрофизиологического явления – сочетания ИБС и НВЖП – выделяются признаки, относящиеся к ИБС. Впервые исследована возможность неинвазивной дифференциальной диагностики ИБС и

неишемических заболеваний сердца на фоне НВЖП. Впервые в отечественной медицине к анализу данных ПК применен метод нейросетевого анализа и предложена модель для выделения существенных признаков с последующей классификацией данных.

Практическая значимость

Исследование электрофизиологических свойств миокарда с помощью ПК, развитие этого метода и разработка на его основе способа дифференциальной диагностики позволили повысить эффективность неинвазивной диагностики ИБС на фоне НВЖП, в особенности при обследовании пациентов кардиохирургического стационара.

Определены критерии выявления стресс-индуцированной ишемии и локализации зоны ишемии у пациентов с НВЖП на основании оценки динамических изменений параметров поверхностных карт при одновременном проведении ПК и ВЭМ-пробы, что является безопасным и малозатратным методом, доступным для рутинного клинического обследования и научных исследований.

Разработанные автором методы анализа данных ПК, диагностические критерии и модель нейросетевого классификатора создают основу для диагностического программного обеспечения новых электрокардиографических компьютерных систем.

Положения, выносимые на защиту

1. Проведение ВЭМ-пробы одновременно с ПК расширяет возможности пробы с дозированной физической нагрузкой при обследовании пациентов с НВЖП.

2. В покое у пациентов с НВЖП, независимо от сопутствующей патологии, параметры электрического поля сердца, соответствующие процессу реполяризации, однотипны. При проведении пробы с физической нагрузкой изменения параметров электрического поля

сердца, соответствующие процессу реполяризации, у пациентов с НВЖП ишемического и неишемического генеза разнонаправлены.

3. Диагностически информативными являются динамические изменения параметров разностных карт, построенных на интервале QRST в покое, на пике нагрузки, в 1-ю, 3-ю и 5-ю минуту периода восстановления.

4. Нейросетевые методы – перспективные методы анализа данных ПК, учитывающие индивидуальные и общегрупповые характеристики, позволяющие делать заключение о принадлежности к той или иной диагностической группе. Предлагаемая модель может быть использована для выделения существенных признаков с последующей классификацией данных, полученных при проведении ПК и ВЭМ-пробы.

Реализация результатов работы

Научные положения и практические рекомендации, сформулированные в диссертации, внедрены в клиническую практику и нашли применение в НЦССХ им. А.Н.Бакулева РАМН. Результаты, полученные в ходе выполнения исследования, можно использовать в клинической практике, а метод ПК рекомендовать для рутинного неинвазивного обследования пациентов и научных исследований в большинстве кардиологических и кардиохирургических центров.

Публикации результатов исследования

По теме диссертации опубликовано 26 научных работ, в том числе 4 статьи. Принята к рассмотрению патентная заявка на новый способ неинвазивной диагностики ИБС – МПК⁷ А 61 В 5/02, 5/0402.

Апробация диссертационного материала

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на ежегодных российских съездах сердечно-сосудистых хирургов, ежегодных конференциях кардиологов и аритмологов в НЦССХ им. А.Н.Бакулева

РАМН, российских съездах и конгрессах, в том числе с международным участием; отражены в патентной заявке на новый способ неинвазивной диагностики ИБС.

Объем и структура работы

Диссертация изложена на 159 страницах машинописи. Состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Список литературы включает 102 источника: 56 отечественных и 46 зарубежных. Иллюстративный материал представлен 18 таблицами, 40 рисунками и 3 диаграммами.

Содержание работы

Клиническая характеристика больных

Для решения поставленных задач проведено клиническое обследование 86 пациентов.

Критерии включения в исследование: наличие у пациента НВЖП, данных ангиокоронарографии (АКГ), проведенной в первые 1-2 месяца от времени исследования.

Критерии исключения из исследования: наличие абсолютных противопоказаний для проведения ВЭМ-пробы.

Все пациенты разделены на 2 группы: группа 1 – пациенты с ИБС и НВЖП (47 человек), группа 2 – изолированное НВЖП и в сочетании с патологией неишемического генеза (39 человек).

В группу 1 вошли 41 мужчина и 6 женщин. Средний возраст у мужчин составил $59,37 \pm 9,14$, у женщин – $58 \pm 6,93$ лет. В группу 2 вошли 27 мужчин и 12 женщин. Средний возраст у мужчин составил $50,78 \pm 13,31$, у женщин – $50,67 \pm 13,16$ лет.

Все диагнозы подтверждены данными АКГ.

В группе 1 коронарные артерии без гемодинамически значимых стенозов выявлены у 2 пациентов (4,26%), поражение 1 коронарной

артерии выявлено у 8 пациентов (17,02%), поражение 2 коронарных артерий выявлено у 8 пациентов (17,02%), многососудистое поражение выявлено у 29 пациентов (61,7%).

В группе 2 у всех пациентов отсутствовали гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий.

Таблица 1. Характеристика НВЖП в исследуемых группах

Признак	Группа 1	Группа 2
Полная блокада левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ)	24 (51,06%)	34 (87,18%)
Полная блокада правой ножки пучка Гиса (ПНПГ)	5 (10,64%)	2 (5,13%)
Двупучковая блокада (сочетание блокады ПНПГ и ветви ЛНПГ)	9 (19,15%)	3 (7,69%)
Перенесенный инфаркт миокарда, аневризма левого желудочка и полная блокада ПНПГ	1 (2,13%)	-
Перенесенный инфаркт миокарда, аневризма левого желудочка и двупучковая блокада	1 (2,13%)	-
Перенесенный инфаркт миокарда, аневризма левого желудочка и НВЖП	7 (14,89)	-

Первый этап исследования – в покое производят регистрацию ЭКГ с каждого электрода сетки ПК одновременно; анализируют комплекс PQRS, записанный одновременно в 80 грудных, 12 стандартных и 3 ортогональных отведениях.

После регистрации исходных параметров, пациенту дают дозированную физическую нагрузку на велоэргометре с динамическим измерением частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД), непрерывной регистрацией ЭКГ и записью ЭКГ с каждого из 80 электродов системы ПК. Критерии прекращения

нагрузочной пробы те же, что и при проведении стандартных тестов с дозированной физической нагрузкой.

Регистрацию ЧСС и АД, мониторинг ЭКГ для контроля периода восстановления продолжают в течение 5-7 минут после прекращения нагрузки. Одновременно с этим проводят регистрацию ЭКГ с сетки электродов в 1, 3, 5 и 7-ю минуту периода восстановления. Используя полученные при исследовании данные, производят построение разностных карт покоя, максимальной нагрузки, 1, 3, 5 и 7-й минуты периода восстановления. Полученные карты сравнивают в хронологическом порядке.

Показатели, характерные для каждой разностной карты: DI (departure index, или отклонение от средней нормы), его минимальное (min DI) и максимальное значение (max DI), среднее отрицательное и положительное значение DI, размер области положительных и отрицательных значений DI (%). $DI = (П - N) / \sigma$, где П – значение интеграла в соответствующих точках наложения электродов у пациента; N и σ – среднее значение и среднеквадратичное отклонение интеграла в соответствующих точках наложения электродов в группе нормы.

Результаты

Графическое представление результатов исследования

ИБС и полная блокада левой ножки пучка Гиса

Пациент S., 52 года. Диагноз: ИБС. Стенокардия напряжения II ф.к. по NYHA. Артериальная гипертензия 2 степени, риск 3. Полная блокада ЛНПГ.

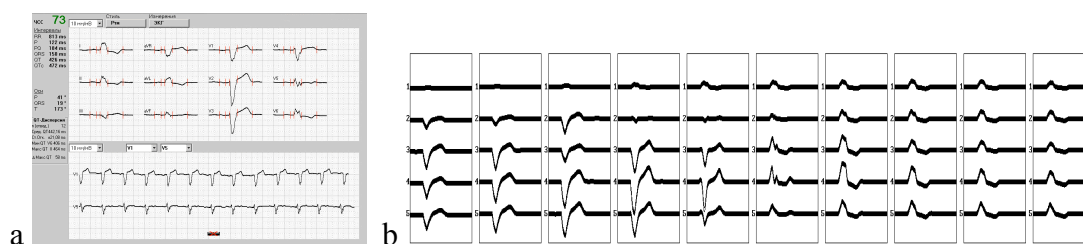


Рис. 1. Электрокардиограмма пациента с ИБС и полной блокадой ЛНПГ, записанная в покое: а – на аппарате Schiller, б – на аппарате Cardiac.

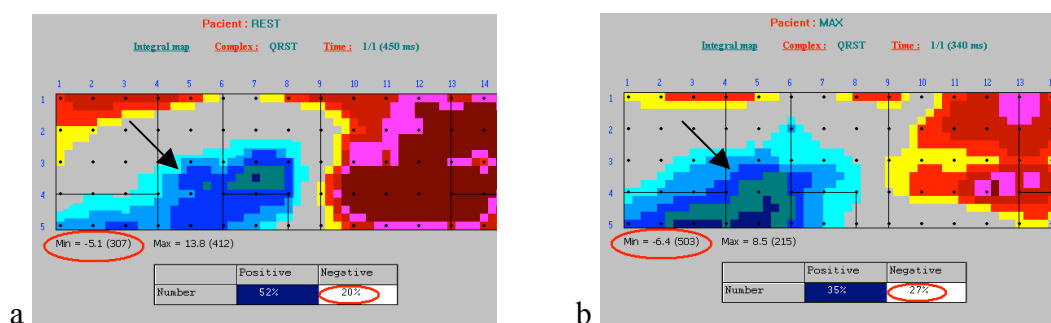


Рис. 2. Разностные карты пациента с ИБС и полной блокадой ЛНПГ: а – разностная карта, построенная в покое (min DI -5,1, размер области отрицательных значений DI 20%), б – разностная карта, построенная на пике нагрузки (min DI -6,4, размер области отрицательных значений DI 27%).

Изолированная полная блокада левой ножки пучка Гиса

Пациент Т., 49 лет. Диагноз: Артериальная гипертензия 1 степени, риск 1. Полная блокада ЛНПГ.

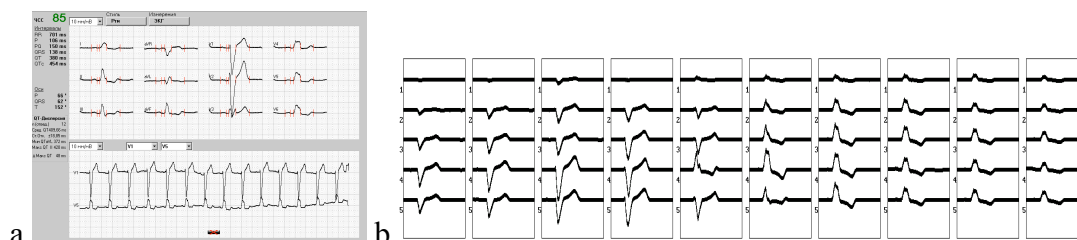


Рис. 3. Электрокардиограмма пациента с полной блокадой ЛНПГ, записанная в покое: а – на аппарате Schiller, б – на аппарате Cardiac.

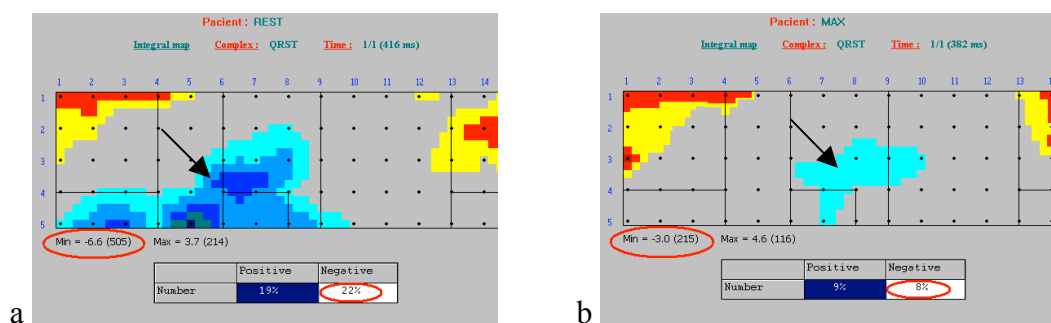


Рис. 4. Разностные карты пациента с полной блокадой ЛНПГ: а – разностная карта, построенная в покое (min DI -6,6, размер области отрицательных значений DI 22%), б – разностная карта, построенная на пике нагрузки (min DI -3, размер области отрицательных значений DI 8%).

Анализ полученных результатов

Анализ динамики параметров ПК при проведении ВЭМ-пробы у пациентов обеих групп показал следующие изменения. У пациентов с ИБС min DI увеличивается по модулю и увеличивается размер области отрицательных значений DI, в то время как у пациентов с изолированными НВЖП или в сочетании с артериальной гипертензией (АГ) наблюдается противоположная картина.

В группе 1 признаки стресс-индуцированной ишемии были максимальны на пике нагрузки и/или в 1-ю минуту периода восстановления (см. табл. 2, диаг. 1 а-б, е-ф). В небольшом количестве случаев ишемические изменения были ярко выражены и на 3-й минуте периода восстановления, однако к 5-й минуте интенсивность изменений уменьшалась и карты, построенные в 5-ю минуту периода восстановления, были практически идентичны картам, построенным в покое.

В группе 2 выраженность нарушений процессов де- и реполяризации максимально уменьшалась на пике нагрузки и/или в 1-ю минуту периода восстановления (см. табл. 2, диаг. 1 с-d, g-h), в

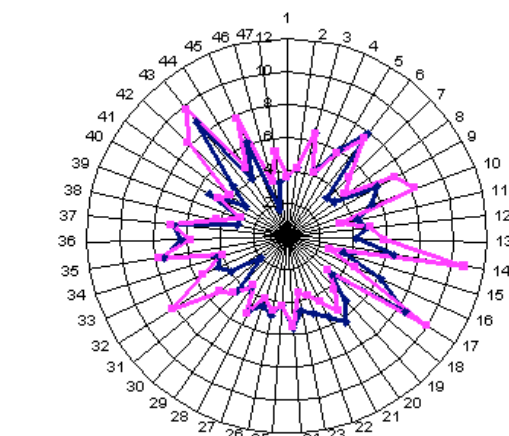
небольшом количестве случаев и в 3-ю минуту периода восстановления. Карты, построенные в 5-ю минуту периода восстановления, были практически идентичны картам, построенным в покое (см. табл. 2).

Таблица 2. Динамика изменений параметров разностных карт

Признак	Покой		Пик нагрузки		1-я минута восстановления	
	ИБС и НВЖП (гр. 1)	НВЖП (гр. 2)	ИБС и НВЖП (гр. 1)	НВЖП (гр. 2)	ИБС и НВЖП (гр. 1)	НВЖП (гр. 2)
max DI	4,84 ± 1,84	5,29 ± 2,17	4,33 ± 1,91	5,38 ± 2,55	4,65 ± 2,03	5,37 ± 2,54
min DI	-4,85 ± 1,55	-5,61 ± 1,71	-5,39 ± 1,90	-4,14 ± 1,38	-5,13 ± 1,89	-4,21 ± 1,59
Среднее положительное значение DI	2,94 ± 1,06	3,13 ± 1,14	2,77 ± 0,77	3,08 ± 0,92	2,87 ± 0,81	3,14 ± 0,97
Среднее отрицательное значение DI	-3,15 ± 0,89	-3,41 ± 0,57	-3,23 ± 0,58	-2,81 ± 0,65	-3,20 ± 0,61	-2,77 ± 0,86
Область положительных значений DI, %	19,96 ± 13,75	18,18 ± 13,36	10,59 ± 9,67	16,05 ± 15,29	13,5 ± 12,84	16,78 ± 15,77
Область отрицательных значений DI, %	20,49 ± 8,73	23,28 ± 10,52	26,23 ± 9,44	13,54 ± 9,83	23,26 ± 12,13	13,77 ± 11,04

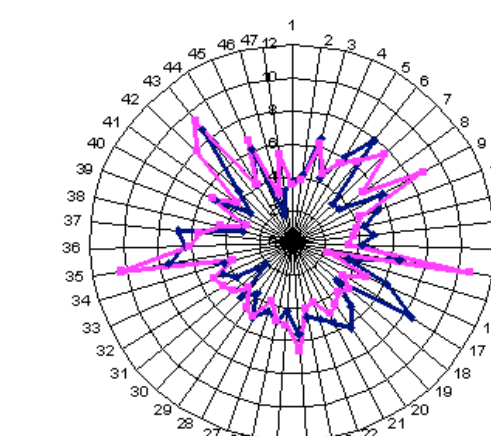
Таким образом, процессы, происходящие на пике нагрузки и/или в 1-ю минуту периода восстановления (динамика изменений min DI и области отрицательного значения DI) в группе 1 и группе 2, разнонаправлены.

Изменения $\min DI$ при проведении ПК и ВЭМ-пробы у пациентов с ИБС и НВЖП



а

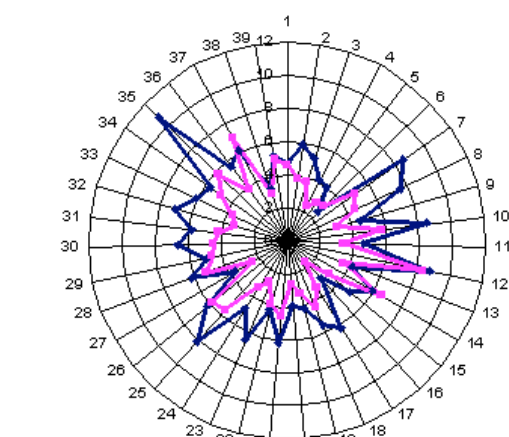
— $\min DI$, покой
— $\min DI$, пик нагрузки



б

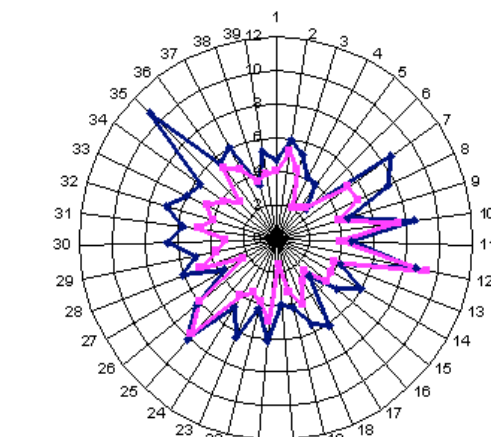
— $\min DI$, покой
— $\min DI$, 1-я минута
восстановления

Изменения $\min DI$ при проведении ПК и ВЭМ-пробы у пациентов с НВЖП



с

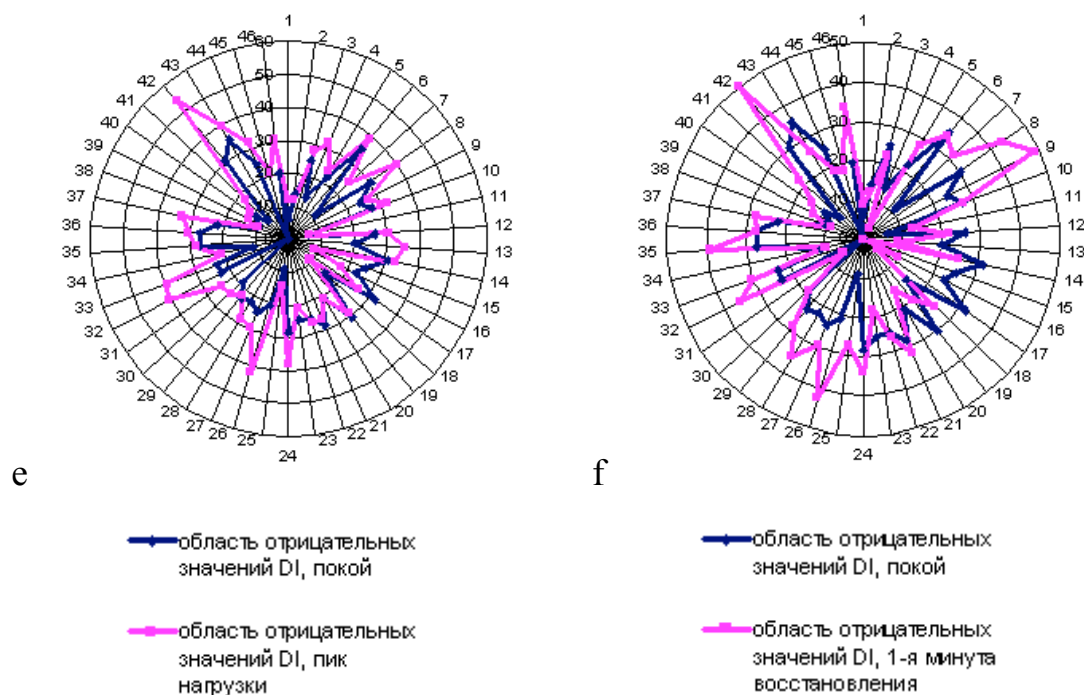
— $\min DI$, покой
— $\min DI$, пик нагрузки



д

— $\min DI$, покой
— $\min DI$, 1-я минута
восстановления

Изменения области отрицательных значений DI при проведении ПК и ВЭМ-пробы у пациентов с ИБС и НВЖП



Изменения области отрицательных значений DI при проведении ПК и ВЭМ-пробы у пациентов с НВЖП

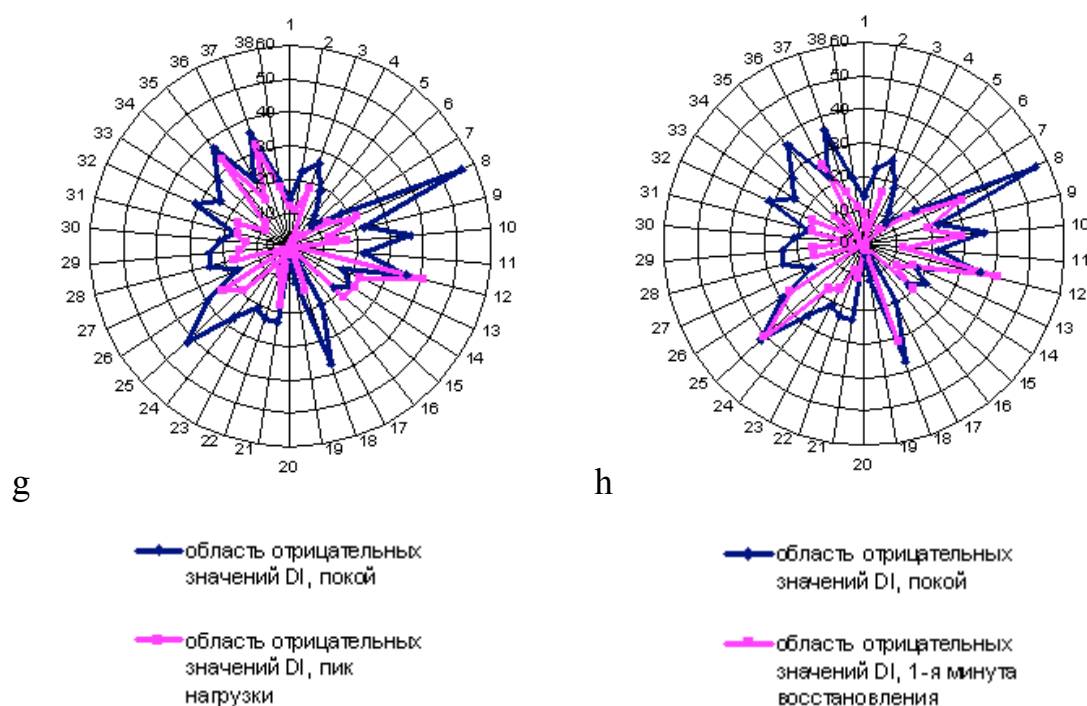


Диаграмма 1. Динамика изменений параметров разностных карт.

Однако в каждой из групп были и исключения. В группе 1 у 9 пациентов, несмотря на наличие гемодинамически значимых стенозов, отмечено уменьшение выраженности ишемических изменений на пике нагрузки и/или в 1-ю минуту периода восстановления; однако уменьшение отмечено только по одному из анализируемых показателей – min DI или размеру области отрицательных значений DI. Отметим, что 4 из этих 9 пациентов была проведена реваскуляризация миокарда в период от 2 до 12 месяцев до проведения ПК и ВЭМ-пробы, 1 пациенту – ресинхронизирующая терапия, 2 пациентам – курс наружной контрпульсации.

В группе 2 у 4 пациентов при отсутствии гемодинамически значимых стенозов на пике нагрузки и/или в 1-ю минуту периода восстановления выявлены стресс-индуцированные изменения по типу ишемических. Так же следует отметить, что изменения отмечены только по одному из анализируемых показателей.

Таким образом, анализ разностных карт, получаемых при одновременном проведении ПК и ВЭМ-пробы, и их сравнение в хронологическом порядке позволяет выявлять и локализовывать стресс-индуцированную ишемию и делать заключение о наличии или отсутствии у пациентов ИБС. В связи с этим, возможно проведение дифференциальной диагностики при помощи неинвазивных методов исследования – ПК и ВЭМ-пробы.

Дифференциальная диагностика ишемических и неишемических процессов в миокарде на фоне нарушений внутрижелудочкового проведения

Диагностические критерии многоканального поверхностного ЭКГ-картирования, проведенного одновременно с ВЭМ-пробой

При проведении ПК одновременно с ВЭМ-пробой в каждой точке наложения электродов сетки ПК регистрируют в покое, на пике нагрузки, в 1-ю, 3-ю, 5-ю и 7-ю минуты периода восстановления.

Для каждой из карт покоя, пика нагрузки, 1-й, 3-й, 5-й и 7-й минут периода восстановления рассчитывают индекс разности (DI), $DI = (\Pi - N) / \sigma$, где Π – значение интеграла в соответствующих точках наложения электродов у исследуемого пациента; N и σ – среднее значение и среднеквадратичное отклонение интеграла в соответствующих точках наложения электродов у пациентов группы нормы. Определяют $\min DI$ и область отрицательных значений DI в процентах от площади каждой карты.

Уменьшение $\min DI$ на 10% и более и/или увеличение области отрицательных значений DI на 18% и более для любой из карт максимальной нагрузки и периода восстановления относительно карты покоя – параметры, подтверждающими ИБС (рис. 2 и 4).

При наличии ИБС по совпадению локализации $\min DI$ и области отрицательных значений DI с проекцией какой-либо зоны миокарда на развертку поверхности грудной клетки дают заключение о локализации зоны ишемии в полученной зоне миокарда.

Таким образом, впервые представлена возможность неинвазивной дифференциальной диагностики электрофизиологических процессов в миокарде на фоне НВЖП.

При статистической обработке данных мы сделали вывод, что группа 1 и группа 2 достоверно различаются в покое по значению $\min DI$, на пике нагрузки и в 1-ю минуту восстановления – по всем рассматриваемым параметрам, на 3-й минуте восстановления – по размеру области отрицательных значений DI. Во всех остальных случаях различия статистически недостоверны (см. табл. 2).

Принята к рассмотрению патентная заявка на новый способ неинвазивной диагностики ИБС – МПК⁷ А 61 В 5/02, 5/0402.

Математические методы исследования. Возможности метода нейросетевого анализа в дифференциальной диагностике пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения

В своей работе мы использовали ряд статистических и нейросетевых методов для разработки автоматизированного комплекса классификации данных ПК. Для анализа сигнала применены самоорганизующиеся карты Кохонена – многоклассовый классификатор, представляющий собой нейронную сеть, построенную на двухмерной решетке нейронов для извлечения важных признаков, содержащихся во входном пространстве.

Проанализированы данные, полученные на интервале QRS, QRST и ST-T ЭКГ в покое, на пике нагрузке, 1, 3, 5 и 7-ю минуту периода восстановления. На каждом этапе исследования для каждого одноканального сигнала данных ПК выделены 4, 6, 8 и 10 главных компонент и сформирован новый сигнал. После тестирования классификатора наибольший процент правильной классификации в каждом периоде получен на интервале QRST, что еще раз доказывает утверждение о том, что при НВЖП наиболее полная электрокардиологическая информация содержится во всем интервале QRST. Полученные результаты имеют важное практическое значение, требующее, однако, дальнейшего изучения. Используя математические методы анализа данных, полученных при проведении ПК в покое, на пике нагрузки в период восстановления, возможна дифференциальная диагностика ишемических и неишемических изменений у пациентов, которым невозможно провести ВЭМ-пробу в силу различных причин. **Таким образом, предлагаемая модель,**

проверенная на данных пациентов со сложной для обычной интерпретации патологией, может применяться для выделения существенных признаков и последующей классификации данных, полученных при проведении ПК или ПК в сочетании с ВЭМ-пробой. Разработанная модель может служить основой для создания автоматизированного диагностического комплекса у пациентов с другими видами патологий

Выводы.

1. Выявлены особенности электрофизиологических свойств миокарда у пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения ишемического и неишемического генеза: в покое параметры электрического поля сердца сходны, при проведении теста с дозированной физической нагрузкой изменения параметров электрического поля сердца разнонаправлены.

2. Разработан метод дифференциальной диагностики ИБС на фоне нарушений внутрижелудочкового проведения, основанный на одновременном проведении ПК и теста с дозированной физической нагрузкой.

3. Для выявления и локализации зон, соответствующих нарушению процессов реполяризации (зон стресс-индуцированной ишемии у пациентов с ИБС), необходимо определение и локализация $\min DI$, размер области отрицательных значений DI на разностных картах, полученных при одновременном проведении ПК и теста с дозированной физической нагрузкой, в покое и на разных этапах теста.

4. У пациентов с ИБС и нарушениями внутрижелудочкового проведения на разностных картах, полученных при одновременном проведении ПК и теста с дозированной физической нагрузкой,

увеличивается область отрицательных значений DI и модуль min DI. У пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения и интактными коронарными артериями уменьшается область отрицательных значений DI и модуль min DI.

5. Использование нейросетевых методов для анализа данных ПК позволяет выделять существенные признаки с последующей классификацией данных.

Практические рекомендации

1. Метод ПК, проводимый одновременно с тестом с дозированной физической нагрузкой, должен быть широко внедрен в клиническую практику как метод, расширяющий возможности неинвазивной диагностики у пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения ишемического и неишемического генеза.

2. Необходимую информацию возможно получить при одновременном проведении ПК и теста с дозированной физической нагрузкой путем анализа параметров разностных карт, построенных на интервале QRST в покое, на пике нагрузки, в 1-ю, 3-ю и 5-ю минуту периода восстановления.

3. При изменении параметров разностных карт – уменьшении min DI на 10% и более и/или увеличении области отрицательных значений DI на 18% и более для любой из карт максимальной нагрузки и периода восстановления относительно изоинтегральной карты покоя дают заключение о наличии у пациента ишемической болезни сердца.

4. При наличии ишемической болезни сердца по совпадению локализации min DI и области отрицательных значений DI с проекцией какой-либо зоны миокарда на развертку поверхности грудной клетки дают заключение о локализации зоны ишемии в полученной зоне миокарда.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Бокерия Л.А. Первый опыт исследования процессов реполяризации миокарда желудочков у пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения ишемического и неишемического генеза / Бокерия Л.А., Полякова И.П., Голухова Е.З., Феофанова Т.Б., Ссори́на Е.С. // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. «Сердечно-сосудистые заболевания» – 2008 – Том 9. – №6. – с. 282.
2. Полякова И.П. Анализ нарушений реполяризации миокарда желудочков при проведении ВЭМ-пробы у пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения / Полякова И.П., Голухова Е.З., Феофанова Т.Б., Бокерия Л.А. // Анналы аритмологии. Материалы 3 Всероссийского съезда аритмологов. – 2009. – №2. – с. 21.
3. Полякова И.П. Выявление и локализация ишемических процессов в миокарде у пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения при проведении велоэргометрической пробы / Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Голухова Е.З. // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. «Сердечно-сосудистые заболевания». – 2009. – Том 10. – №6. – с. 305.
4. Полякова И.П. Первый опыт применения нейросетевого и статистического анализа данных поверхностного ЭКГ-картирования у пациентов с полной блокадой левой ножки пучка Гиса / Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Лукьянова Н.В., Белова И.М., Голухова Е.З. // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. «Сердечно-сосудистые заболевания». – 2009. – Том 10. – №3. – с. 175.
5. Феофанова Т.Б. Анализ данных многоканального поверхностного ЭКГ-картирования и дифференциальная диагностика ишемических и неишемических процессов в миокарде на фоне нарушений внутрижелудочкового проведения / Феофанова Т.Б. // Бюллетень

НЦССХ им. А.Н.Бакулева РАМН. «Сердечно-сосудистые заболевания». – 2009. – Том 10. – №6. – с. 335.

6. Лукьянова Н.В. Сравнительный анализ возможностей нейросетевых и статистических методов в сокращении размерности данных поверхностного ЭКГ-картирования / Лукьянова Н.В., Феофанова Т.Б., Полякова И.П. // Вестник аритмологии. Приложение Б. – 2010. – с. 67-68.
7. Полякова И.П. Возможность дифференциальной диагностики при обследовании пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения различного генеза по данным многоканального поверхностного ЭКГ-картирования и велоэргометрической пробы / Полякова И.П., Голухова Е.З., Феофанова Т.Б. // Бюллетень НЦССХ им. А.Н.Бакулева РАМН. «Сердечно-сосудистые заболевания». – 2010. – Том 11. – №3. – с. 165.
8. Полякова И.П. Выявление особенностей электрического поля сердца у пациентов с блокадами внутрижелудочкового проведения ишемического и неишемического генеза и их классификация при помощи самоорганизующихся нейросетей / Полякова И.П., Лукьянова Н.В., Феофанова Т.Б. // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. «Сердечно-сосудистые заболевания» – 201. – Том 11. – №6. – с. 88.
9. Полякова И.П. Изучение процессов реполяризации у пациентов с блокадами внутрижелудочкового проведения и интактными коронарными артериями. Результаты одновременного проведения ВЭМ-пробы и поверхностного ЭКГ-картирования / Полякова И.П., Феофанова Т.Б. // Вестник аритмологии. – 2010. – с. 142.
10. Полякова И.П. Первый опыт использования многоканального поверхностного ЭКГ-картирования и велоэргометрической пробы при обследовании пациентов с имплантированными

- электрокардиостимуляторами / Полякова И.П., Феофанова Т.Б. // Вестник аритмологии. – 2010. – с. 65-66.
11. Полякова И.П. Первый опыт использования многоканального поверхностного ЭКГ-картирования в сочетании со стресс-тестом для диагностики ИБС у пациентов с желудочковой электрокардиостимуляцией / Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Голухова Е.З. // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. «Сердечно-сосудистые заболевания» – 2010 – Том 11. – №6. – с. 82.
12. Полякова И.П. Расширение возможностей ВЭМ-пробы и дифференциальной диагностики при обследовании пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения различного генеза / Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Голухова Е.З., Бокерия Л.А. // Вестник аритмологии. – 2010. – с. 117.
13. Полякова И.П. Блокада левой ножки пучка Гиса: литературная справка и клиническое наблюдение / Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Табина А.Е., Голухова Е.З. // «Креативная кардиология». – 2010. – №2. – с. 87-98.
14. Богданов А.Р. Велоэргометрическая проба у пациентов с метаболическим синдромом и полной блокадой левой ножки пучка Гиса / Богданов А.Р., Полякова И.П., Феофанова Т.Б. // Российский национальный конгресс кардиологов. Приложение 1 к журналу «Кардиоваскулярная терапия и профилактика». – 2011. – 10 (6). – с. 36.
15. Богданов А.Р. Многоканальное поверхностное ЭКГ-картирование в диагностике нарушений проводимости у больных ожирением / Богданов А.Р., Полякова И.П., Феофанова Т.Б. // «Персонифицированная диетология: настоящее и будущее». – 2011. – с. 24.

16. Бокерия Л.А. Выявление стресс-индуцированной ишемии у пациентов с желудочковой электрокардиостимуляцией с использованием многоканального поверхностного ЭКГ-картирования / Бокерия Л.А., Полякова И.П., Голухова Е.З., Феофанова Т.Б. // Российский национальный конгресс кардиологов. Приложение 1. «Кардиоваскулярная терапия и профилактика» – 2011 – 10(6) – с.38.
17. Полякова И.П. Возможность дифференциальной диагностики при обследовании пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения различного генеза по данным многоканального поверхностного ЭКГ-картирования и велоэргометрической пробы / Полякова И.П., Феофанова Т.Б. // «Креативная кардиология». – 2011. – №1. – с. 113-119.
18. Полякова И.П. Диагностические возможности теста с дозированной физической нагрузкой у пациентов с желудочковой электрокардиостимуляцией / Полякова И.П., Голухова Е.З., Феофанова Т.Б. // «Анналы аритмологии». – 2011. – №2. – с. 125.
19. Полякова И.П. Математические модели классификации многоканальных сигналов электрического поля сердца / Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Лукьянова Н.В. // «Вопросы атомной науки и техники» («ВАНТ»). – 2011. – №4. – с. 82-88.
20. Полякова И.П. Электрокардиофизиологические особенности у пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения ишемического и неишемического генеза / Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Голухова Е.З., Бокерия Л.А. // «Анналы аритмологии». – 2011. – №2. – с. 44.
21. Феофанова Т.Б. Возможности метода многоканального поверхностного ЭКГ-картирования в дифференциальной диагностике ишемических и неишемических процессов в миокарде на фоне

- нарушений внутрижелудочкового проведения / Феофанова Т.Б. // Российский национальный конгресс кардиологов. Приложение 1 к журналу «Кардиоваскулярная терапия и профилактика». – 2011. – 10(6). – с. 318.
22. Феофанова Т.Б. Возможности неинвазивной дифференциальной диагностики при обследовании пациентов с нарушениями внутрижелудочкового проведения и метаболическим синдромом / Феофанова Т.Б., Богданов А.Р., Дербенева С.А., Полякова И.П. // «Персонафицированная диетология: настоящее и будущее». – 2011. – с. 93.
23. Феофанова Т.Б. Неинвазивная диагностика ишемической болезни сердца на фоне нарушений внутрижелудочкового проведения: современное состояние вопроса / Феофанова Т.Б. // «Сердечно-сосудистая хирургия», ВИНТИ. – 2011. – №3. – с. 44-53.
24. Polyakova I.P. Detection of the exercise-induced ischemia in patients with ventricular pacing by the use of body surface potential mapping / Polyakova I.P., Feofanova T.B., Golukhova E.Z. // Book of abstracts 14th congress of the international society for holter and noninvasive electrocardiology. – 2011. – p. 141.
25. Polyakova I.P. Exposure of the ventricular repolarization features in patients with ischemic and nonischemic left bundle branch block / Polyakova I.P., Feofanova T.B., Golukhova E.Z. // Book of abstracts 14th congress of the international society for holter and noninvasive electrocardiology. – 2011. – p. 122.
26. Полякова И.П., Феофанова Т.Б., Голухова Е.З., Бокерия Л.А. Патентная заявка на новый способ неинвазивной диагностики ИБС (МПК⁷ А 61 В 5/02, 5/0402).