

на правах рукописи

Буданова

Маргарита Александровна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕИНВАЗИВНОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОЛОГИЧЕСКОЙ
ДИАГНОСТИКИ АРИТМИЙ С ШИРОКИМИ КОМПЛЕКСАМИ QRS**

14.01.05 – кардиология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург

2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель – доктор медицинских наук, профессор **Тихоненко Виктор Михайлович**

Официальные оппоненты:

Куликов Александр Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, заместитель главного врача клиники по медицинской части (по терапии); кафедра функциональной диагностики, заведующий кафедрой

Обрезан Андрей Григорьевич – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра госпитальной терапии, заведующий

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «18» мая 2020 г. в 13.15 на заседании диссертационного совета Д 208.054.04 на базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России (197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д.2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России (197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д.2, www.almazovcentre.ru).

Автореферат разослан « ____ » _____ 2020 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 208.054.04

доктор медицинских наук, профессор Недошивин Александр Олегович



Общая характеристика работы

Актуальность и степень разработанности темы исследования

В литературе 20-го века описано немало исследований, посвященных дифференциальной диагностике аритмий с широкими комплексами QRS, однако этот вопрос все еще до конца не решен.

Актуальность данной темы связана, в первую очередь, с различиями в тактике лечения пациентов при суправентрикулярных и желудочковых нарушениях ритма, а также их разным влиянием на прогноз, особенно при структурной патологии сердца. Особое значение приобретает правильная постановка диагноза при нарушениях ритма, протекающих с явлениями нестабильности гемодинамики и угрозой для жизни больного, когда важно быстро и своевременно оказать необходимую медицинскую помощь.

Среди известных методов дифференциальной диагностики наибольшей точностью обладают чреспищеводная электрокардиограмма и инвазивное электрофизиологическое исследование, однако применение их ограничивается наличием противопоказаний, отсутствием нужного оборудования во многих учреждениях и сложностью выполнения. В связи с этим большое количество научных работ по дифференцированию аритмий с широкими комплексами QRS проведено по поверхностной электрокардиограмме в 12 отведениях, в результате которых предложен целый ряд отдельных критериев и алгоритмов. Все они базируются на общих принципах: выявление Р зубца и установление его взаимосвязи с прилежащими QRS комплексами или оценка формы комплекса QRS в разных отведениях. Наиболее достоверным способом является визуализация на поверхностной электрокардиограмме зубца Р, но при невозможности его распознавания, актуальным является использование морфологических критериев дифференциальной диагностики.

Несмотря на большое разнообразие предложенных ЭКГ критериев и алгоритмов дифференциальной диагностики многие исследования показали, что тахикардии с широкими комплексами QRS по-прежнему часто неверно диагностируются. Так еще в 1986 г. Stewart H.L. попытался оценить масштабы и последствия некорректной диагностики тахикардий с широкими комплексами QRS, представленных в экстренном порядке. 15 из 38 эпизодов желудочковой тахикардии (39%) были ошибочно определены как суправентрикулярные тахикардии к тому времени, как была начата терапия. Верапамил был введен в 13 из 15 эпизодов неправильно диагностированной ЖТ, что повлекло за собой нарушения гемодинамики во всех 13 случаях. Таким образом, пациенты с неверным диагнозом имели худшие результаты лечения, чем с диагнозом, поставленным точно.

В практической деятельности предложенные критерии и алгоритмы не получили широкого распространения, среди основных причин – их многообразие, невысокая точность, сложность применения, отсутствие четких амплитудно-временных характеристик, в особенности, при наличии необычной формы широких комплексов QRS, низкоамплитудных зубцов, зазубринах, что может сопровождаться увеличением степени субъективности при оценке разными специалистами.

Ограниченное применение дифференциально-диагностических критериев и алгоритмов во врачебной практике ведет к необходимости совершенствования неинвазивной электрокардиологической диагностики аритмий с широкими комплексами QRS, выявлению оптимальных критериев и попытка формирования из их совокупности единого комплексного алгоритма. Внедрение такого алгоритма в программу холтеровского мониторирования с возможностью автоматического анализа значительно увеличило бы точность дифференциальной диагностики аритмий с широкими комплексами QRS при интерпретации холтеровских мониторов.

Цель исследования

Изучить возможности распознавания аритмий с широкими комплексами QRS с помощью автоматического анализа при комплексном применении морфологических критериев и алгоритмов.

Задачи исследования

1. Стандартизировать и унифицировать амплитудные и временные характеристики зубцов и комплексов электрокардиограммы с использованием критериев Миннесотского кода.
2. Определить чувствительность, специфичность, диагностическую точность наиболее распространенных электрокардиографических критериев и алгоритмов дифференциальной диагностики аритмий с широкими комплексами QRS на основании данных сравнения с верифицирующими методами.
3. Создать автоматический алгоритм распознавания аритмий с широкими комплексами QRS с последующим его внедрением в программу холтеровского мониторирования и оценкой точности на контрольной группе.
4. Использовать метод «нейронных сетей» в комплексной оценке морфологических характеристик для увеличения точности распознавания аритмий с широкими комплексами QRS по сравнению с ранее предложенными критериями/алгоритмами.

Научная новизна

1. Установлено, что при комплексном анализе морфологических критериев и алгоритмов, предложенных ранее, точность распознавания аритмий с широкими комплексами QRS повышается по сравнению с использованием их по-отдельности.
2. Определено, что стандартизация морфологических признаков с использованием критериев Миннесотского кода уменьшает число ошибок при автоматическом анализе распознавания аритмий с широкими комплексами QRS.
3. Показано, что использование метода «нейронных сетей» в комплексной оценке морфологических характеристик позволяет значительно увеличить точность распознавания аритмий с широкими комплексами QRS по сравнению с ранее предложенными критериями/алгоритмами.

Практическая значимость

Предложен алгоритм комплексного распознавания аритмий с широкими комплексами QRS, внедрение которого в программу холтеровского мониторирования позволяет увеличить точность распознавания желудочковых и суправентрикулярных нарушений ритма, значительно ускоряет диагностику и снижает трудозатраты врача, анализирующего холтеровский монитор.

Разработана программа автоматического получения амплитудно-временных характеристик широких комплексов QRS при использовании алгоритмов и критериев дифференциальной диагностики аритмий с широкими комплексами QRS.

Реализована возможность одновременного получения результатов, как при использовании отдельных алгоритмов и критериев дифференциальной диагностики аритмий с широкими комплексами QRS, так и при комплексном анализе.

Методология и методы исследования

В диссертационной работе проведен ретроспективный анализ данных обследования 159 пациента. Используются следующие методы диагностики: стандартная электрокардиограмма с дополнительными чреспищеводными отведениями, холтеровское мониторирование, инвазивное эндокардиальное электрофизиологическое исследование.

Положения, выносимые на защиту

1. Стандартизация амплитудно-временных характеристик отдельных зубцов и комплексов устраняет субъективность врачебной оценки первичных электрокардиографических данных (формы комплекса, продолжительности отдельных интервалов, типа нарушения внутрижелудочкового проведения)
2. Выявление оптимальных критериев/алгоритмов дифференциальной диагностики или их совокупности позволяет улучшить точность распознавания желудочковых и суправентрикулярных нарушений ритма.
3. Одновременное применение критериев/алгоритмов по отдельности или комплексно для распознавания желудочковых и суправентрикулярных нарушений ритма в программе холтеровского мониторирования дает возможность ускорить диагностику, и уменьшить трудозатраты врача.
4. Комплексный анализ морфологических критериев и алгоритмов с помощью метода последовательного анализа Вальда и нейронных сетей позволяет увеличить точность дифференцирования аритмий с широкими комплексами QRS

Степень достоверности и апробация результатов

Материалы диссертации были представлены в виде устных докладов и обсуждены: на X Всероссийской конференции «Внезапная смерть: от критериев риска к профилактике» (г. Санкт-Петербург, 2016); на Российском национальном конгрессе кардиологов (г. Санкт-Петербург, 2017); на 18-м и 19 Конгрессе Российского общества холтеровского мониторирования и неинвазивной электрофизиологии (2017, 2018гг.); на 16-й и 17-й Санкт-Петербургской школе кардиологов (Нижний Новгород, 2017, Ростов на Дону, 2018); на 7-м Всероссийском съезде аритмологов (г. Москва, 2017); на III Международном конгрессе по электростимуляции и клинической электрофизиологии сердца «Кардиостим-2018» (г. Санкт-Петербург, 2018); на 2-м Санкт-Петербургском Аритмологическом Форуме (г. Санкт-Петербург, 2018).

Внедрение результатов работы

Основные положения и результаты диссертационной работы внедрены в программу холтеровского мониторирования (КТ Result 3, ЗАО «ИНКАРТ», РФ) и используются в образовательном центре ООО «Институт кардиологической техники "Инкарт"», Санкт-Петербург, НИЛ Электрокардиологии ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России.

Публикации:

Всего опубликовано 12 печатных работ, 17 тезисов. По теме диссертации опубликовано 2 статьи в журналах, входящих в перечень Высшей Аттестационной Комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. Тезисы (5), как в отечественных (4), так и в зарубежных (1) сборниках научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 152 страницах, состоит из введения, четырех глав, выводов и практических рекомендаций. Список литературы содержит 139 источников, из них 10 отечественных и 129 зарубежных авторов. Текст иллюстрирован 24 рисунками и 5 таблицами.

Содержание работы

Материалы и методы исследования

Общая характеристика пациентов и дизайн исследования

В данной работе проводился ретроспективный анализ аритмий с широкими комплексами QRS с 2015 по 2018 год у пациентов, проходящих стационарное или амбулаторное лечение по поводу нарушений ритма в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России.

В исследовании принимали участие 159 пациентов (86 мужчин и 73 женщины) в возрасте от 10 до 85 лет (средний возраст 44,5 лет) с одиночными преждевременными широкими эктопическими комплексами QRS, зарегистрированными во время синусового ритма с помощью 12-канальных ХМ. Широкие эктопические комплексы были представлены желудочковыми или суправентрикулярными комплексами с аберрантным проведением по типу блокады левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) или блокады правой ножки пучка Гиса (БПНПГ) с продолжительностью QRS от 120 мс до 230 мс. Верификация диагноза осуществлялась с помощью эндокардиального электрофизиологического исследования (эндоЭФИ), чреспищеводной ЭКГ (ЧПЭКГ) и по достоверным электрокардиографическим (ЭКГ) критериям:

- четко визуализирующиеся зубцы Р перед широкими QRS, проводящиеся на желудочки, характерные для аберрантных комплексов; или
- синусовые зубцы Р, следующие непосредственно за широкими QRS, обусловленные отсутствием разрядки синусового узла, характерные для желудочковых комплексов, или
- ретроградные зубцы Р, характерные для желудочковых комплексов.

В нашем исследовании не производилось разделения пациентов на группы в зависимости от клинических данных и структурной патологии сердца. Это было сделано целенаправленно, так как зачастую при интерпретации ЭКГ или холтеровского монитора (ХМ) врач не имеет возможности оценить данные эхокардиографии, клиническую картину, собрать анамнез. Таким образом, говорить о наличии у пациента той или иной сердечной патологии можно только опираясь на данные записи электрической активности сердца, в соответствии с имеющимися рекомендациями. Создание единого алгоритма, не зависящего от сопутствующей соматической или сердечной патологии, положения сердца в грудной клетке, позволит избежать ошибок, связанных с некорректной ЭКГ диагностикой заболеваний сердца.

Критерии исключения:

- невозможность верификации диагноза (противопоказания к эндоЭФИ, ЧПЭКГ, отсутствие четко визуализирующихся зубцов Р);
- пациенты с ЭКГ критериями исходной полной внутрижелудочковой блокады, признаками предвозбуждения желудочков, постоянной формой фибрилляции предсердий.

Наличие другой сердечной патологии (ишемической болезни сердца, перенесенного инфаркта миокарда, рубцовых изменений ЭКГ, гипертрофии левого желудочка, пароксизмальных нарушений ритма, кардиомиопатий, миокардитов), сопутствующих хронических соматических заболеваний, не являющихся противопоказаниями к выполнению верификационных методик, прием антиаритмической терапии (ААТ) – не являлись критериями исключения. Дизайн исследования представлен на Рис. 1.

Дизайн исследования

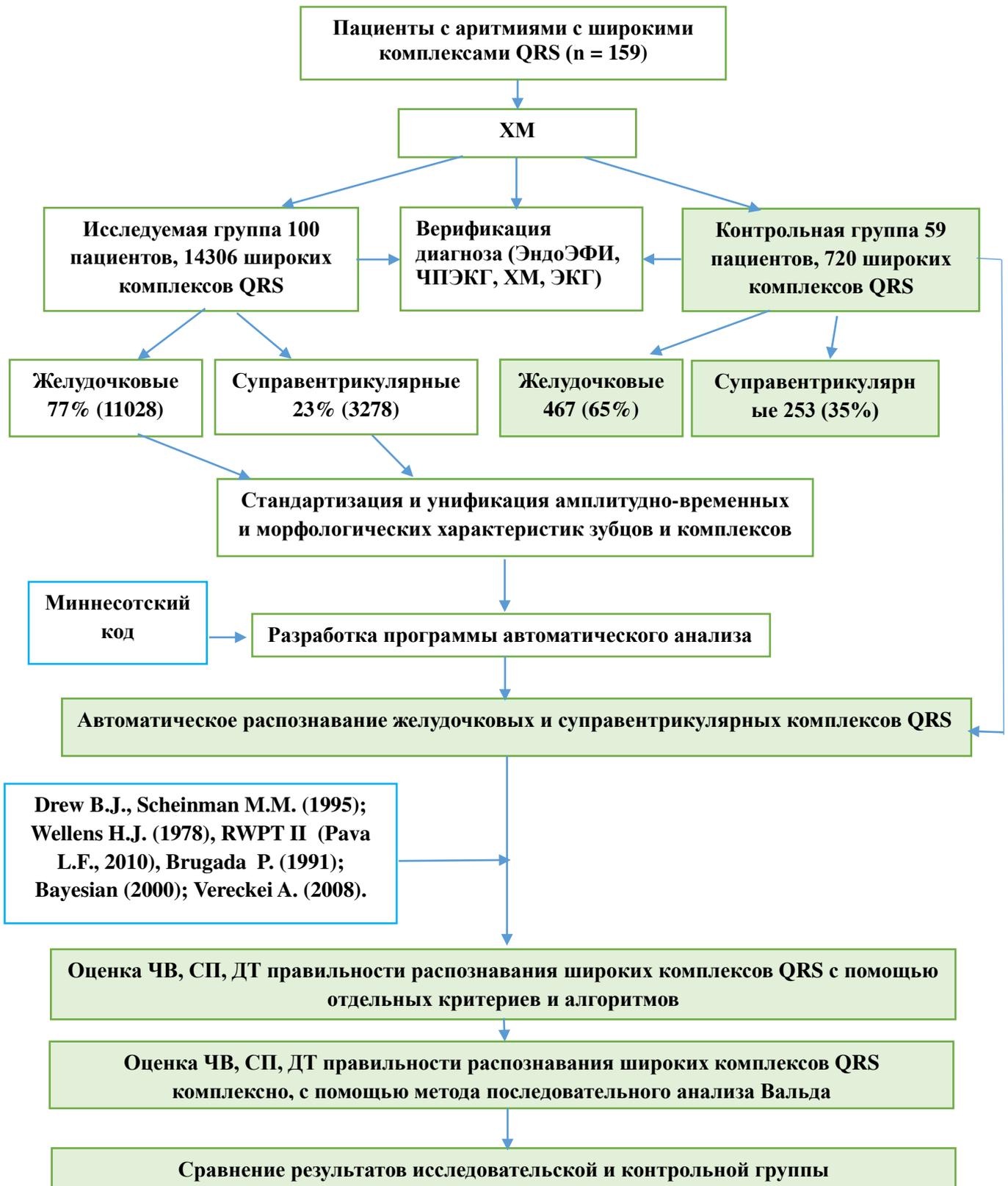


Рис.1 – Дизайн исследования.

Все пациенты были разделены на 2 группы.

Первая группа – исследовательская, включающая 100 пациентов (61 мужчин и 39 женщин в возрасте от 10 до 85 лет) у которых суммарно было зарегистрировано 14306 преждевременных одиночных широких комплексов QRS. Из них 77% (11028) составили желудочковые и 23%

(3278) – абберрантные комплексы, представленные 145 различными формами QRS (в среднем по 98 комплексов для каждой формы).

Вторая группа – контрольная, включающая 59 пациентов (25 мужчин и 34 женщины в возрасте от 14 до 85 лет) для которых было зарегистрировано 720 внеочередных широких комплексов QRS. Из них 467 (65%) желудочковых и 253 (35%) абберрантных комплексов, представленных 86 формами QRS (в среднем по 8 комплексов для каждой формы).

Для всех пациентов было выполнено ХМ и один (или несколько) верифицирующих методов исследования. В исследовательской группе производилась стандартизация анализируемых данных с помощью критериев Миннесотского кода, их автоматическое кодирование. Для контрольной группы производилась только проверка полученных результатов.

Холтеровское мониторирование

Проводился ретроспективный анализ записей суточных и многосуточных ХМ с частотой дискретизации – 257 ГЦ. Отбор широких комплексов осуществлялся в программе ХМ во время синусового ритма случайным образом с учетом положения тела (лежа на правом и левом боку, на спине, стоя, во время физической нагрузки) в различные промежутки времени (утро, день, вечер, ночь). Для обеих групп врачом функциональной диагностики проводилась проверка точности распознавания программой границ комплексов, подсчет их количества, разделение на классы (желудочковые эктопические комплексы, суправентрикулярные комплексы с абберрантным проведением по типу БПНПГ и БЛНПГ).

ЭКГ с использованием чреспищеводных отведений

С целью верификации пациентам с неуточненным диагнозом после подписания информированного согласия выполнялась запись ЧПЭКГ с использованием чреспищеводного электрода ПЭДСП-2. Введение электрода производилось в положении пациента лежа на спине или полусидя в правый или левый носовой ход на глубину 35-45 см от кончика носа. Контакты располагались напротив левого предсердия, на расстоянии 1,5 – 2 см друг от друга. Контроль положения электрода осуществлялся по форме чреспищеводного зубца Р. Запись производилась в течение времени, необходимого для регистрации искомым нарушений ритма.

Инвазивное эндоЭФИ

Инвазивное эндоЭФИ выполнялось пациентам с желудочковыми нарушениями ритма (ЖНР) с показаниями к радиочастотной абляции в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России. Критерием достоверности диагноза являлась эффективная абляция, результатом которой было купирование аритмий. Ретроспективный анализ производился по записям в электронной базе данных.

Стандартизация и унификация анализируемых данных с помощью критериев Миннесотского кода и автоматическое кодирование их в программе ХМ

Критерии Миннесотского кода использовались для стандартизации амплитудных и временных показателей зубцов, определения формы комплексов и типа блокады ножки пучка Гиса (БНПГ) для желудочковых и суправентрикулярных аритмий (СВА). Для врачебного и автоматического анализа использовались отведения I, II, AVL, AVR, AVF. V1, V2, V5, V6. После стандартизации и унификации параметров зубцов и комплексов было произведено их внедрение в программу ХМ. На основании полученных данных было разработано программное обеспечение для автоматического анализа в программе ХМ (KT Result3, ЗАО «ИНКАРТ», РФ).

Используемые критерии и алгоритмы

Для распознавания широких комплексов QRS были отобраны наиболее известные морфологические критерии и алгоритмы, которые, по данным предыдущих исследований, обладали высокой диагностической значимостью и, в целом, характеризовались большей разнообразностью. Среди них использовались следующие: морфологические критерии ЖТ по Wellens H.J. (1978), Drew B.J., Scheinman M.M. (1995), критерий времени пика волны R (RWPT) (Pava L.F., 2010), алгоритмы Brugada P. (1991), Bayesian (2000), Vereckei A. (2008).

Для исследовательской группы производился автоматический анализ широких QRS, как с использованием отдельных вышеперечисленных критериев и алгоритмов, так и комплексно, с помощью метода последовательного анализа Вальда в модификации, разработанной в ЗАО «ИНКАРТ». Оценивалась чувствительность (ЧВ), специфичность (СП), диагностическая точность (ДТ) и правильности распознавания желудочковых и (СВА) для каждого из критериев/алгоритмов. Также автоматически рассчитывались показатели амплитуды и продолжительности зубцов, время внутреннего отклонения, отклонение электрической оси сердца, тип нарушения внутрижелудочкового проведения для каждого исследуемого комплекса в 12 отведениях.

На основании полученных данных проводилось выявление лучших отдельных критериев/алгоритмов, а также анализировались результаты работы комплексного метода последовательного анализа Вальда.

Далее для группы контроля производилась проверка работы отдельных критериев/алгоритмов, комплексного анализа и анализа с помощью нейронных сетей, с последующим сравнением с результатами исследовательской группы.

Статистический анализ

Для суправентрикулярных и желудочковых комплексов исследовательской группы (обучающей выборки) были построены графики распределения каждого из используемых критериев/алгоритмов дифференциальной диагностики, которые разбивались на отдельные участки. Для каждого из этих участков оценивался процент попадания тех и других аритмий (Pок и Perr). Вероятность правильного распознавания комплексов определялась коэффициентом Вальда, который рассчитывался по формуле $k = 20 \times \log(P_{ок}/P_{err})$, где Pок и Perr – процент суправентрикулярных и желудочковых комплексов на каждом из участков. Общий коэффициент Вальда по множеству критериев/алгоритмов получался путем простого суммирования коэффициентов каждого из них. После построения графика распределения общего коэффициента Вальда для суправентрикулярных и желудочковых комплексов и аналогичного разделения его на участки, определялась вероятность попадания в него как тех, так и других комплексов, т.е. проводился анализ с помощью совокупности критериев/алгоритмов.

С помощью вышеописанного метода последовательного анализа Вальда в модификации, разработанной в ЗАО «ИНКАРТ» и реализованной в специально созданном программном обеспечении на базе среды быстрой разработки приложений Embarcadero RAD Studio v.10.2 (Idera inc, USA) и с использованием программы автоматического анализа (KT Result3, ЗАО «ИНКАРТ», РФ), оценивалась ЧВ, СП, ДТ каждого из анализируемых критериев/алгоритмов по отдельности и комплексно. Также проводилось моделирование алгоритмов/критериев распознавания аритмий с широкими комплексами QRS с использованием нейронных сетей: линейный, однослойный персептрон, Sigmoid (52 входа, 2 выхода и один скрытый слой со 100 ячейками, Microsoft CNTK).

Полученные результаты проверялись на контрольной группе и сравнивались с результатами верифицирующих методик, а также с результатами исследовательской группы.

Результаты исследования

Результаты автоматического анализа в программе ХМ

Результаты автоматического анализа выводятся в программе ХМ под графиком ЭКГ и включают буквенное обозначение исследуемого комплекса в каждом из 12 отведений (Peak), значение угла альфа, тип БНПГ (RBBB – БНПГ, LBBB – БЛНПГ, ASBB – блокада передней ветви ЛНПГ, PSBB – блокада задней ветви ЛНПГ), а также закодированные величины амплитуды (Amp), продолжительности (Dur), времени внутреннего отклонения (Pos) для каждого зубца; соотношение индекса медленного проведения V_i/V_t и соотношение амплитуд зубцов R/S для каждого комплекса QRS во всех отведениях при наведении на него курсора. В верхней строке выводятся результаты анализа комплексов QRS с помощью отдельных морфологических критериев Drew B.J., Scheinman M.M. (1995); Wellens H.J. (1978), RWPT во II стандартном отведении (Pava L.F., 2010) и алгоритмов Brugada P. (1991); Bayesian (2000); Vereckeі A. (2008), а также с помощью комплексного метода последовательного анализа Вальда «Wald» и нейронных сетей «DNN».

На Рис. 2 представлен пример автоматического анализа одиночного суправентрикулярного комплекса с аберрантным проведением по типу БНПГ в программе ХМ.



Рис. 2 – Фрагмент ХМ. Пример автоматического анализа одиночного суправентрикулярного комплекса с аберрантным проведением по типу БНПГ в программе ХМ. Для анализируемого комплекса при наведении на него курсора (вертикальная синяя черта перед широким комплексом) под экраном ЭКГ выводятся его качественные и количественные характеристики.

В ходе подготовки данных к расчету было выявлено важное влияние точного определения границ комплекса на результаты анализа. Это связано с тем, что многие критерии, в том числе, входящие в состав алгоритмов, зависят от продолжительности отдельных интервалов и комплекса QRS в целом. Поэтому смещение границ может приводить к неправильному определению критериев. На Рис. 3 представлены результаты анализа при неправильном выделении границ исследуемого комплекса V1 (правая и левая границы смещены вправо), что привело к ошибочной работе отдельных критериев и алгоритмов.

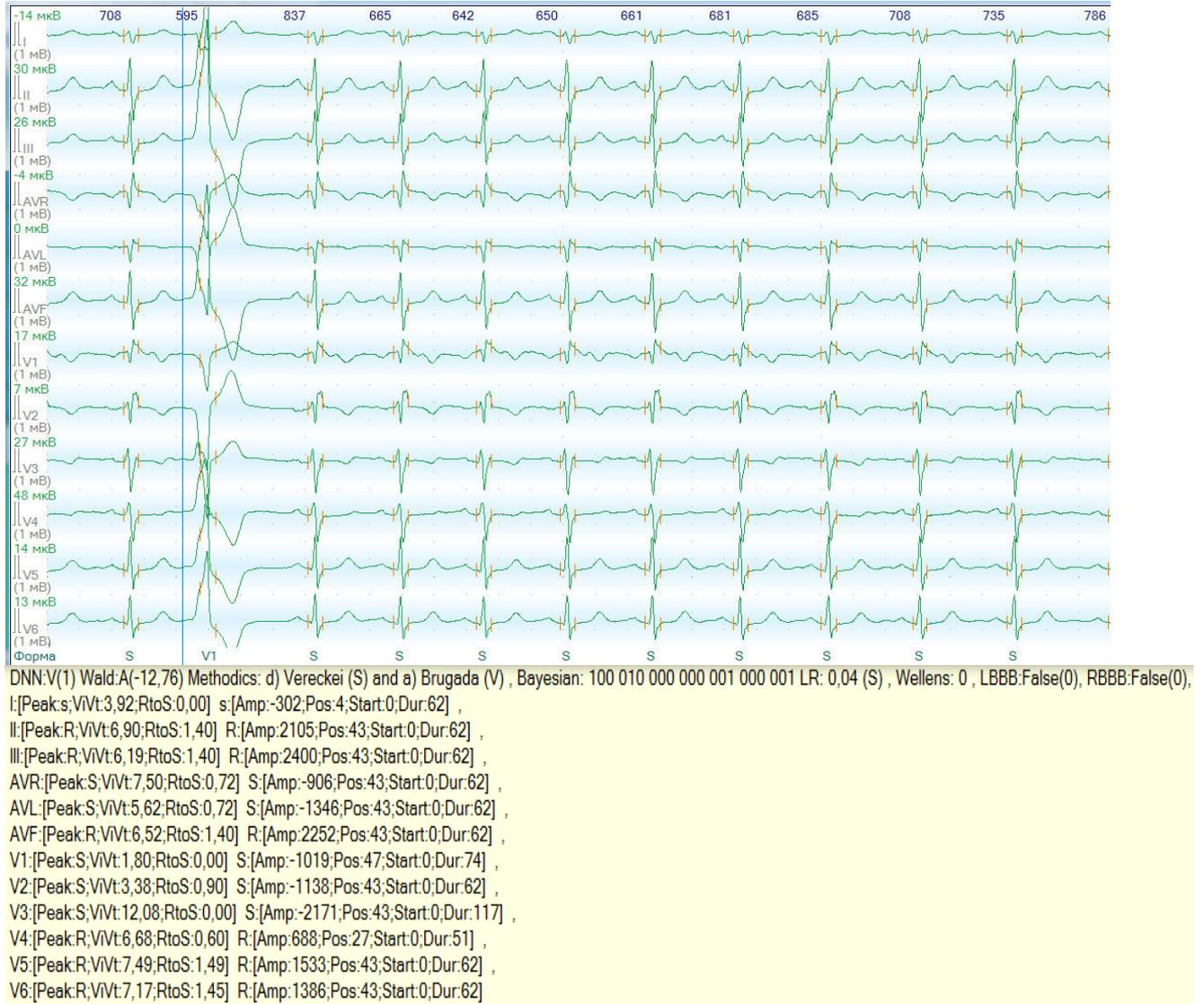


Рис. 3 – Фрагмент ХМ. Пример неправильного определения границ исследуемого комплекса V1.

В связи со смещенными границами, программа не смогла определить угол альфа, тип БНПГ и часть алгоритмов неправильно распознала комплекс как суправентрикулярный (Vereckeí A. (2008), Bayesian (2000), комплексный анализ Вальда), а некоторые не смогли отнести комплекс ни к одному из классов – Wellens H.J. (1978). При этом по результатам анализа с помощью нейронных сетей комплекс правильно распознан как желудочковый, за счет для вычисления вероятности на основе входных данных.

Таким образом, перед любым анализом необходимо убедиться, что границы расставлены правильно и, при необходимости, скорректировать их вручную.

Результаты распознавания желудочковых аритмий (ЖА) и СВА в исследовательской группе

Результаты распознавания ЖА и СВА в исследовательской группе представлены в таблице 1.

Таблица 1. Диагностическая ценность алгоритмов/критериев при автоматическом анализе в исследовательской группе.

| Название алгоритма/критерия | ЧВ,% | СП,% | ДТ,% |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Vereckeі A. (2008) для ЖА | 36,59 | 72,12 | 44,34 |
| Vereckeі A. (2008) для СВА | 49,22 | 87,44 | 79,10 |
| Brugada P. (1991); Drew B.J., Scheinman M.M. (1995) для ЖА | 86,43 | 66,73 | 82,14 |
| Brugada P. (1991); Drew B.J., Scheinman M.M. (1995) для СВА | 65,85 | 86,72 | 82,17 |
| Wellens H.J. (1978) для ЖА | 77,13 | 73,81 | 76,41 |
| Wellens H.J.(1978) для СВА | 41,13 | 93,15 | 81,80 |
| Bayesian (2000) для ЖА | 87,81 | 73,62 | 84,72 |
| Bayesian (2000) для СВА | 73,62 | 87,81 | 84,72 |
| RWPT во II отведении (Pava L.F., 2010) для ЖА | 59,19 | 92,46 | 66,45 |
| Комплексный анализ с помощью метода последовательного анализа Вальда для ЖА | 83,06 | 84,80 | 83,44 |
| Комплексный анализ с помощью метода последовательного анализа Вальда для СВА | 84,80 | 83,06 | 83,44 |
| Метод нейронных сетей для ЖА | 97,06 | 99,35 | 97,56 |
| Метод нейронных сетей для СВА | 99,35 | 97,06 | 97,56 |

Примечание: Слева – названия алгоритмов/критериев, используемых в программе автоматического анализа. Жирным шрифтом выделены ЧВ, СП, ДТ алгоритмов с наиболее высокой диагностической значимостью распознавания ЖА для исследовательской группы.

Для исследовательской группы из отдельных методов лучшие результаты по выявлению ЖА продемонстрировал алгоритм Bayesian (ЧВ 87,81%, СП 73,62%, ДТ 84,72%). Для алгоритма Brugada P., Drew B.J., Scheinman M.M., несмотря на высокую ЧВ и ДТ (ЧВ 86,43%, ДТ 82,14%), специфичность оказалась более низкой по сравнению с другими (СП 66,73%), а для критерия RWPT во II отведении, наоборот, высокая СП 92,46%, сопровождалась низкими значениями ЧВ и ДТ – 59,10% и 66,45%, соответственно. Худшие результаты по распознаванию ЖА показал алгоритм Vereckeі A. (2008) (ЧВ 36,59%, СП 72,12% и ДТ 44,34%).

Результаты комплексного анализа с помощью последовательного метода Вальда показали лучшие значения ЧВ, СП, ДТ (ЧВ 83,11%, СП 83,65%, ДТ 83,23%), чем большинство отдельно взятых критериев/алгоритмов. Наиболее близкие значения были получены для алгоритма Bayesian (ЧВ 87,81%, СП 73,62%, ДТ 84,72%), однако, его СП значительно уступает (73,62% против 83,65%). Что касается распознавания комплексов с помощью нейронных сетей, то в данной группе были получены отличные результаты, которые позволили диагностировать ЖНР с ЧВ 97,06%, СП 99,39%, ДТ 97,6%.

Для распознавания суправентрикулярных комплексов из отдельных алгоритмов лучшие результаты были также получены при использовании алгоритма Bayesian (ЧВ 73,62%, СП 87,81%, ДТ 84,72%), которые были близки к результатам комплексного анализа Вальда (ЧВ 84,8%, СП 83,06%, ДТ 83,44%), но уступали по ЧВ (73,62% против 84,8%). Нейронные сети диагностировали суправентрикулярные нарушения ритма также с высокой ЧВ 99,35%, СП 97,6%, ДТ 97,56%.

Результаты распознавания ЖА и СВА в группе контроля

Результаты распознавания ЖА и СВА в группе контроля представлены в таблице 2.

Таблица 2. Диагностическая ценность алгоритмов/критериев при автоматическом анализе в контрольной группе.

| Название алгоритма/критерия | ЧВ,% | СП,% | ДТ,% |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Vereckeі A. (2008) для ЖА | 43,68 | 66,01 | 51,53 |
| Vereckeі A. (2008) для СВА | 41,11 | 91,22 | 73,61 |
| Brugada P. (1991); Drew B.J., Scheinman M.M. (1995) для ЖА | 81,8 | 73,12 | 78,75 |
| Brugada P. (1991); Drew B.J., Scheinman M.M. (1995) для СВА | 71,15 | 81,8 | 78,06 |
| Wellens H.J.(1978) дляЖА | 71,73 | 84,58 | 76,25 |
| Wellens H.J.(1978) дляСВА | 51,38 | 91,01 | 77,08 |
| Bayesian (2000) для ЖА | 83,3 | 77,08 | 81,11 |
| Bayesian (2000) для СВА | 77,08 | 83,3 | 81,11 |
| RWPT во II отведении (Pava LF, 2010) для ЖА | 62,1 | 95,65 | 73,89 |
| Комплексный анализ с помощью метода последовательного анализа Вальда для ЖА | 83,51 | 84,58 | 83,89 |
| Комплексный анализ с помощью метода последовательного анализа Вальда для СВА | 84,58 | 83,51 | 83,89 |
| Метод нейронных сетей для ЖА | 91,43 | 91,3 | 91,39 |
| Метод нейронных сетей для СВА | 91,3 | 91,43 | 91,39 |

Примечание: Слева – названия алгоритмов/критериев, используемых в программе автоматического анализа. Жирным шрифтом выделены ЧВ, СП, ДТ алгоритмов с наиболее высокой диагностической значимостью распознавания ЖА для контрольной группы.

В группе контроля в целом результаты оказались сходными. Для исследовательской группы из отдельных методов, как и в предыдущем случае, лучшие результаты по выявлению ЖА продемонстрировал алгоритм Bayesian (ЧВ 83,3%, СП 77,08%, ДТ 81,11%). Для алгоритма Brugada P., Drew B.J., Scheinman M.M., в отличие от исследовательской группы, показатели оказались немного хуже (ЧВ 81,8%, СП 73,12%, ДТ 78,75%). Критерий RWPT во II отведении, также продемонстрировал высокую СП 95,65% при более низких значениях ЧВ и ДТ – 62,1% и 73,89%, соответственно. Худшие результаты по распознаванию ЖА в очередной раз показал алгоритм Vereckeі A. (2008) (ЧВ 43,68%, СП 66,01% и ДТ 51,53%).

Распознавание ЖА с помощью комплексного метода Вальда происходило лучше (ЧВ

83,51%, СП 84,58%, ДТ 83,89%), чем при всех отдельно взятых критериях/алгоритмах, в том числе и при использовании алгоритма Bayesian (ЧВ 83,3%, СП 77,08%, ДТ 81,11%), хотя и не на много. Что касается распознавания комплексов с помощью нейронных сетей, то оно по-прежнему имело показатели диагностической значимости, превышающие 90%, однако более низкие, чем в исследовательской группе (ЧВ 91,43%, СП 91,3%, ДТ 91,39%).

Для распознавания суправентрикулярных комплексов из отдельных алгоритмов лучшие результаты были также получены при использовании алгоритма Bayesian (ЧВ 77,08%, СП 83,3%, ДТ 81,11%), которые были немного лучше результатов алгоритма Brugada P., Drew B.J., Scheinman M.M. (ЧВ 71,15%, СП 81,8%, ДТ 78,06%), и уступали комплексному методу последовательного анализа Вальда. (ЧВ 84,58%, СП 83,51%, ДТ 83,89%) и анализу с помощью нейронных сетей (ЧВ 91,3%, СП 91,43%, ДТ 91,39%).

Таким образом, в обеих группах (контрольной и исследовательской) лучшие результаты по распознаванию ЖА (также, как и СВА) продемонстрировал комплексный анализ с помощью метода Вальда, (ЧВ 83,11%, СП 83,65%, ДТ 83,23%–в исследовательской; ЧВ 83,51%, СП 84,58%, ДТ 83,89%–в контрольной группе) и метод нейронных сетей, но с более низкими показателями диагностической значимости в группе контроля (ЧВ 91,43%, СП 91,30%, ДТ 91,39%), чем в исследовательской группе (ЧВ 97,06%, СП 99,39%, ДТ 97,6%).

Коэффициент вероятности получения ошибочного результата

Одним из преимуществ разработанного комплексного алгоритма является то, что он не только делает вывод об отнесении комплекса QRS к желудочковым или аберрантным, но и вычисляет коэффициент Вальда (К), показывающий с какой вероятностью этот вывод может быть ошибочным. К представляет из себя $20 \cdot \lg$ отношения ошибок к правильным результатам. То есть, при $K = 20$, это отношение 1:10, при $K = 40$ – 1:100 и т.д. Полученные высокие цифры СП при больших значениях К позволяют использовать этот коэффициент для оценки «силы» сделанного вывода. Если значение К высокое, то и вывод высоковероятен. Однако, необходимо отметить, что высокие значения К получаются не для всех оцениваемых QRS комплексов. Например, К более +26, или менее -26 имеют только 83% желудочковых и аберрантных комплексов, а К более +/- 40 – только 78% аберрантных и 80 % желудочковых. Следовательно, для 17% оцениваемых комплексов сделанный вывод будет иметь СП менее 95%. Однако, возможность значительно повысить СП в оценке для 78 – 83% QRS комплексов – это неплохое дополнительное преимущество предложенного алгоритма.

Таким образом, применение предлагаемого алгоритма позволяет не только повысить ЧВ и СП разделения широких комплексов на желудочковые и аберрантные (относительно других известных алгоритмов), но и, на основании рассчитанного коэффициента «достоверности», оценить вероятную ошибку этого вывода.

При высоком значении этого коэффициента (более 26) врач может быть уверен в высокой СП сделанного вывода, причем такие значения получаются более чем для четырех пятых всех широких комплексов QRS.

Обсуждение результатов

Несмотря на многочисленные исследования по дифференциальной диагностике аритмий с широкими комплексами QRS, на сегодняшний день ни один из предложенных критериев и алгоритмов не позволяет дифференцировать ЖТ и СВТ с высокой точностью. До 10% случаев тахикардий с широкими комплексами QRS (ТШК), по-прежнему, неправильно диагностируются, в связи с чем, многие авторы предлагают лечить все регулярные ТШК, как ЖТ, если диагноз СВТ не может быть установлен. Большинство авторов в своих публикациях указывают на высокую ЧВ, СП, ДТ разрабатываемых ими критериев или алгоритмов (Рис. 4).

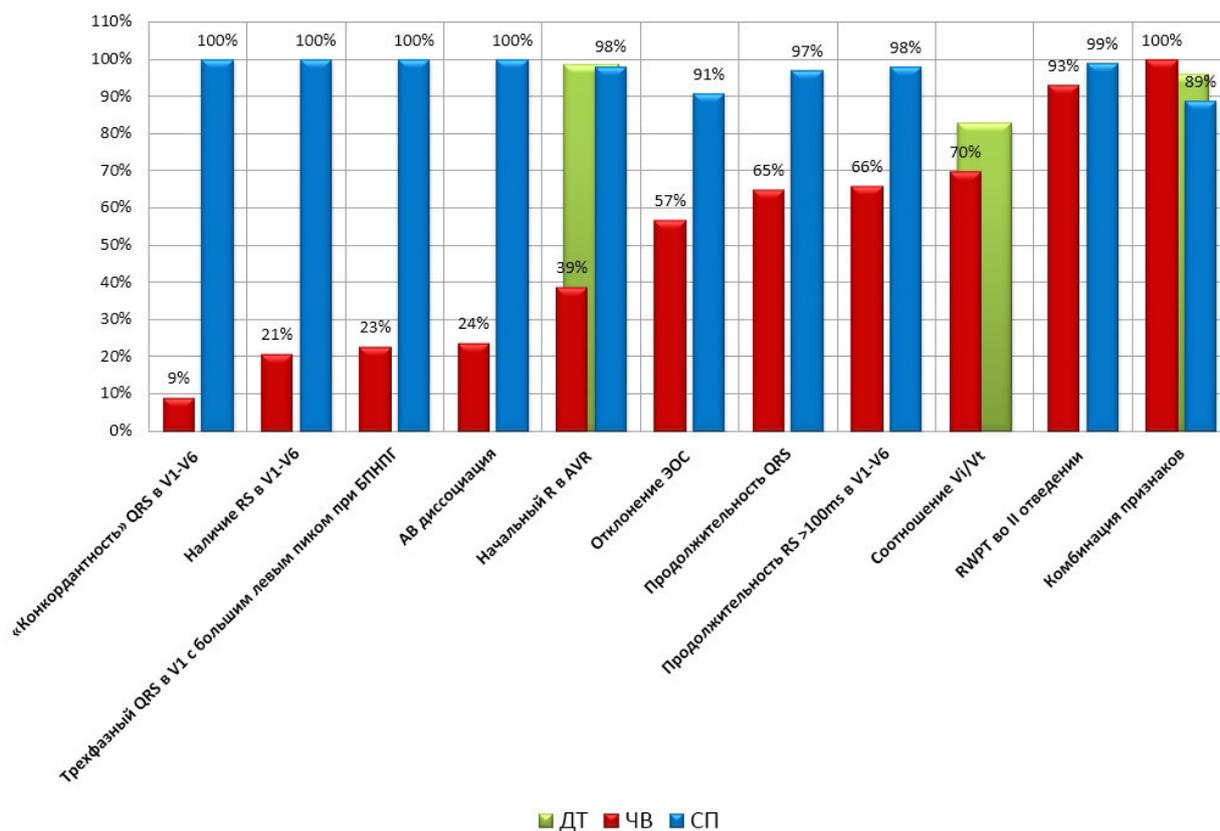


Рис. 4 – Диагностическая ценность различных ЭКГ критериев в диагностике аритмий с широкими комплексами QRS. На представленном графике видно, что только один из представленных критериев – критерий RWPT II и комбинация критериев (столбцы справа) обладают одновременно высокой и ЧВ и СП.

Тем не менее, в более поздних независимых исследованиях других авторов все чаще встречаются данные об отсутствии воспроизводимости первоначальных результатов, что может быть связано с различиями исследуемых выборок, наличием или отсутствием исходных изменений ЭКГ (органических БНПГ, дополнительных путей проведения, рубцовых изменений миокарда), приемом ААТ. Часто трудности возникают при дифференциальной диагностике аритмий с широкими комплексами QRS в группах пациентов с идиопатическими ЖА, что связано со схожестью их морфологии с наджелудочковыми комплексами.

По результатам данной работы лучшие результаты среди всех ЭКГ методов распознавания ЖА, так же, как и СВА, в обеих группах показал комплексный метод последовательной анализа Вальда (ЧВ 83,11%, СП 83,65%, ДТ 83,23% – в исследовательской и ЧВ 83,51%, СП 84,58%, ДТ 83,89% – в контрольной группе) и метод нейронных сетей (ЧВ 97,06%, СП 99,39%, ДТ 97,6% в исследовательской группе и ЧВ 91,43%, СП 91,30%, ДТ 91,39% – в группе контроля).

Если говорить о работе отдельных алгоритмов, то лучшие результаты по распознаванию аритмий с широкими комплексами QRS показал алгоритм Bayesian (2000): ЧВ 87,81%, СП 73,62% – для выявления ЖА в исследовательской группе и ЧВ 83,3%, СП 77,08% – в группе контроля. ЧВ и СП других критериев/алгоритмов значительно уступала. Регистрировались, или одновременно низкие значения ЧВ, СП, или был значительно занижен один из этих показателей в исследовательской или контрольной группе.

Литературные данные также свидетельствуют о недостаточно высоких значениях ЧВ и СП для дифференциальной диагностики аритмий с широкими комплексами QRS при использовании отдельных критериев и алгоритмов. Так, по данным Marek Jastrzebski et al. при ретроспективном анализе 260 ТШК от 204 пациентов с верифицированными диагнозами значение СП для алгоритма Brugada P., 1991 при диагностике ЖТ составило лишь 59,2%, ЧВ

89%, по сравнению с данными авторов оригинального исследования – 96,5%, и 98,7%. Некоторые другие авторы, такие, как Lau et al., Vereckeiet al., Griffith M.J. et al. также нашли СП алгоритма Brugada P. ниже (44%, 73,3% и 67%, соответственно), чем сообщалось первоначально. На Рис. 5 представлены результаты ЧВ и СП алгоритма Brugada P. по данным разных исследователей.

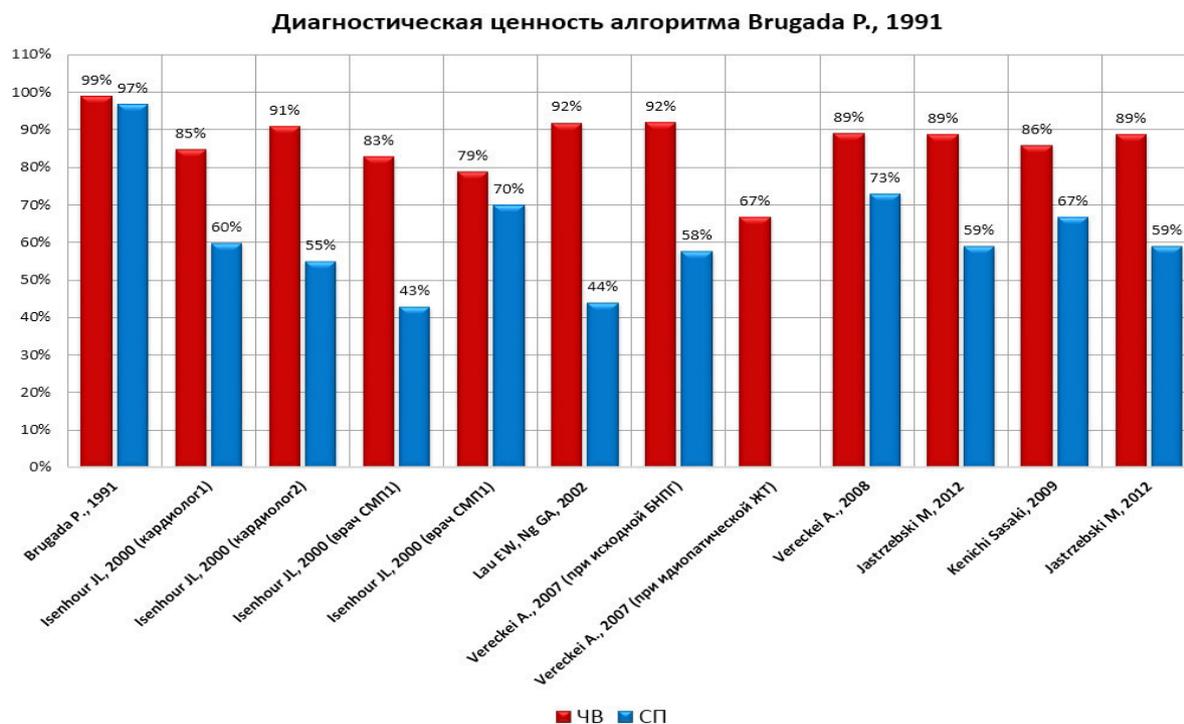


Рис. 5 – Результаты ЧВ и СП алгоритма Brugada P. по данным разных авторов.

Для алгоритмов Lau et al. (Bayesian), Vereckeiet A. al., 2008, Griffith et al. и критерия RWPT тоже были получены более низкие результаты СП и для некоторых – ЧВ, чем в оригинале (СП 52%, ЧВ 89% против СП 97%, ЧВ 56% – для алгоритма Bayesian; СП 48%, ЧВ 87,1% против СП 75%, ЧВ 96,5% – для алгоритма Vereckeiet A. et al. 2008; СП 39,8%, ЧВ 94,2% против СП 96%, ЧВ 64% – для алгоритма Griffith et al. Критерий RWPT имел наибольшее расхождение СП и ЧВ (СП 82,7%, ЧВ 60% против СП 99%, ЧВ 93%).

Можно согласиться с точкой зрения Marek Jastrzebski et al., который заключил, что ошибки алгоритма Brugada P. в основном, могут быть связаны со второй и четвертой ступенью алгоритма, которые подразумевают оценку продолжительности отдельных интервалов и всего комплекса, поэтому он не так хорошо работает, когда имеется морфология QRS по типу БЛНПГ, особенно у пациентов с сердечной недостаточностью или идиопатической ЖТ. В алгоритме AVR наиболее частые ошибки связаны с четвертой ступенью, при необходимости расчета соотношения V_i/V_t в низкоамплитудных, зубчатых, мультифазных комплексах QRS. Что касается критерия RWPT, то ему, как и другим одиночным и очень конкретным критериям, не хватает чувствительности, и, поэтому он, кажется, уступает многоступенчатым алгоритмам, которые могут обеспечить лучший баланс между специфичностью и чувствительностью. Недостатком алгоритма Bayesian (2000) можно считать непрактичность для использования в большинстве клиник, так как требуется вычисление произведения отношений правдоподобия для 19 морфологических признаков, поэтому этот алгоритм является более подходящим для автоматизированного компьютерного анализа.

Таким образом, отсутствие одновременно высоких значений ЧВ и СП, их значительные различия при анализе разными авторами, свидетельствует о том, что отдельно взятые критерии

и алгоритмы, не могут быть надежными помощниками в диагностике аритмий с широкими комплексами QRS, в значительной степени зависят от исследуемой выборки и не могут быть рекомендованы для повсеместного использования.

Имеющееся множество алгоритмов и критериев дифференциальной диагностики, частые противоречивые результаты при их использовании, сложность идентификации критериев и высокая степень субъективности оценки ведут к низкой востребованности и распространенности алгоритмов и критериев. Кроме того, ситуация, когда большинство алгоритмов предполагают одинаковый диагноз, встречается не так часто, как хотелось бы. Гораздо чаще распространен вариант, когда часть алгоритмов свидетельствует в пользу ЖТ, а часть – в пользу СВТ; или же могут возникать противоречия внутри одного и того же алгоритма. Стоит также отметить, многие практикующие врачи ошибочно полагают, что если пациент гемодинамически стабилен во время ТШК, то ЖТ практически исключается из дифференциальной диагностики. Тем не менее, от такого заключения уже отказались. Нельзя забывать и о том, что важная роль принадлежит врачебному анализу и правильному применению морфологических критериев. Одно из возможных объяснений пониженной ЧВ и СП – это неверная интерпретация критериев врачами. Так, критерии, которые могли быть точными в понимании первоначальных исследователей, были описаны в литературе или недостаточно подробно, или, таким образом, что другие врачи не могут должным образом применять их. Кроме того, различный опыт, технические сложности применения некоторых критериев могут стать причиной различных результатов дифференциальной диагностики. Рассмотрим пример. На фрагменте ХМ представлен короткий пароксизм ТШК (Рис. 6).

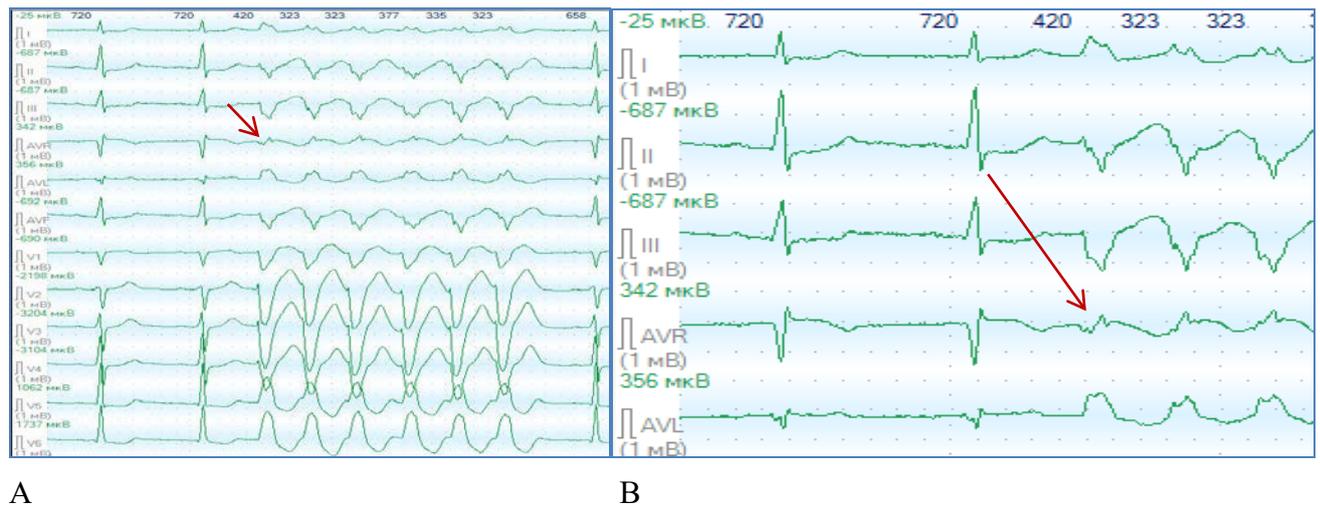


Рис. 6. А. Фрагмент ХМ в 12 отведениях. В. Фрагмент ХМ в отведениях I, III, AVR, AVL в увеличенном масштабе. Стрелкой указана зазубренность начальной отрицательной части комплекса QRS в отведении AVR.

При использовании алгоритма Brugada P., 1991 диагноз СВТ устанавливается на четвертой ступени (отсутствие критериев ЖТ в отведениях V1, V2, а именно, отсутствие любого из признаков: продолжительность начального малого зубца r более 0,04 с, зазубрина на нисходящем зубце S, задержанный пик S (расстояние от начала комплекса до пика S > 0,06 с). Результаты анализа по алгоритму Vereckeí A., 2008, наоборот, предполагает ЖТ (зазубренность на отрицательной начальной нисходящей части комплекса в отведении AVR).

Результаты анализа алгоритмов Wellens H.J., 1978, Bayesian algorithm, 2000 также свидетельствуют в пользу суправентрикулярной тахикардии (по данным Wellens H.J., 1978 – отсутствие критериев ЖТ, по результатам RWPT во II отведении время от начала деполяризации QRS до первого изменения полярности 19 мс, LR = 0,007 по алгоритму Bayesian).

По результатам автоматического анализа с помощью метода Вальда, нейронных сетей, а также отдельных критериев/алгоритмов, кроме Vereckeі A., 2008, диагноз в пользу СВТ (Рис. 7).

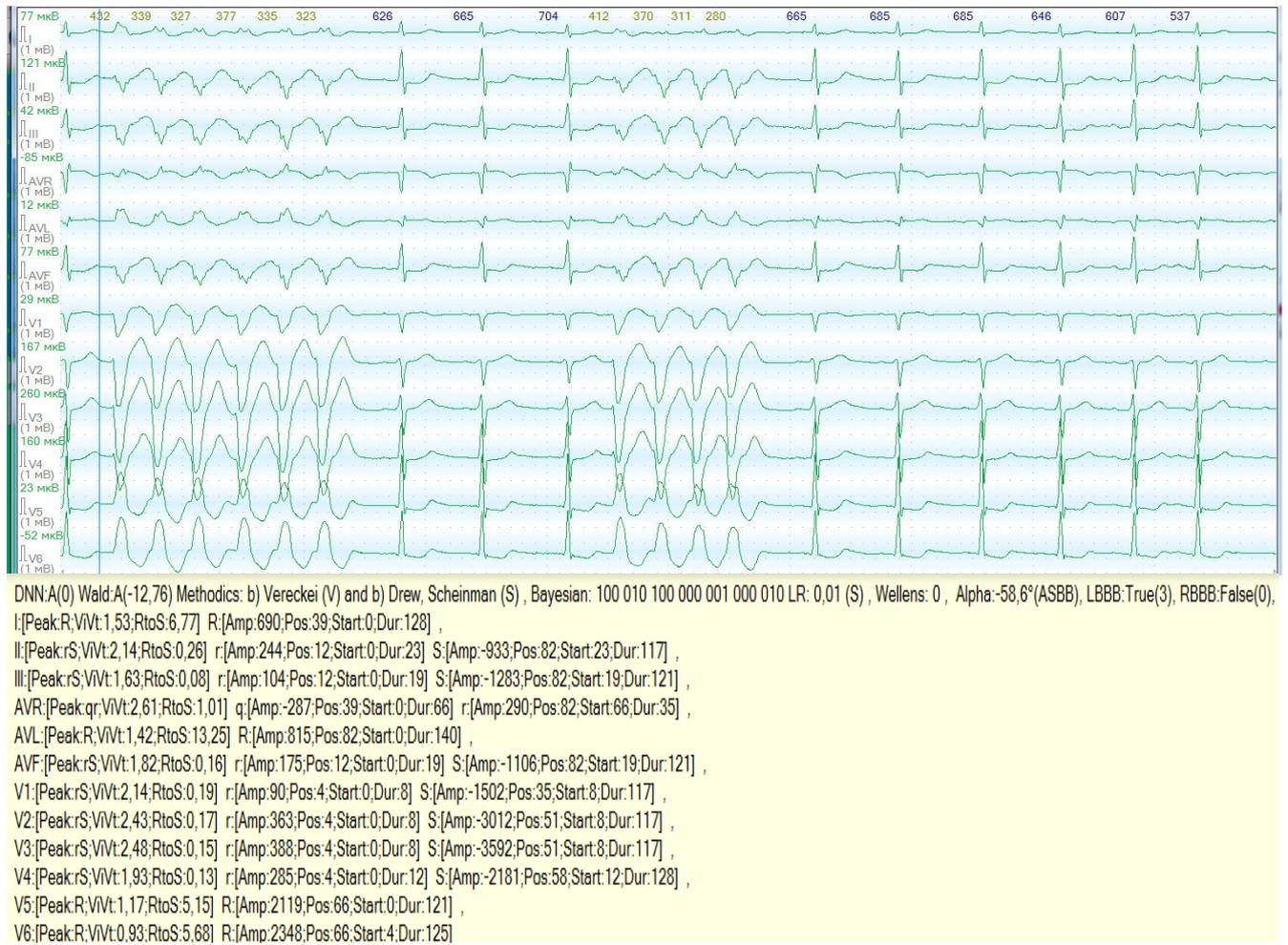


Рис. 7 – Фрагмент ХМ. Результаты автоматического анализа.

С целью верификации пациенту было выполнено ЧПЭКГ (Рис. 8). Пароксизмов тахикардии зарегистрировать не удалось, однако идентичные парные широкие комплексы QRS имеют явно суправентрикулярное происхождение, доказательством чему служат регистрирующиеся на ЧПЭКГ зубцы Р перед широкими эктопическими комплексами.

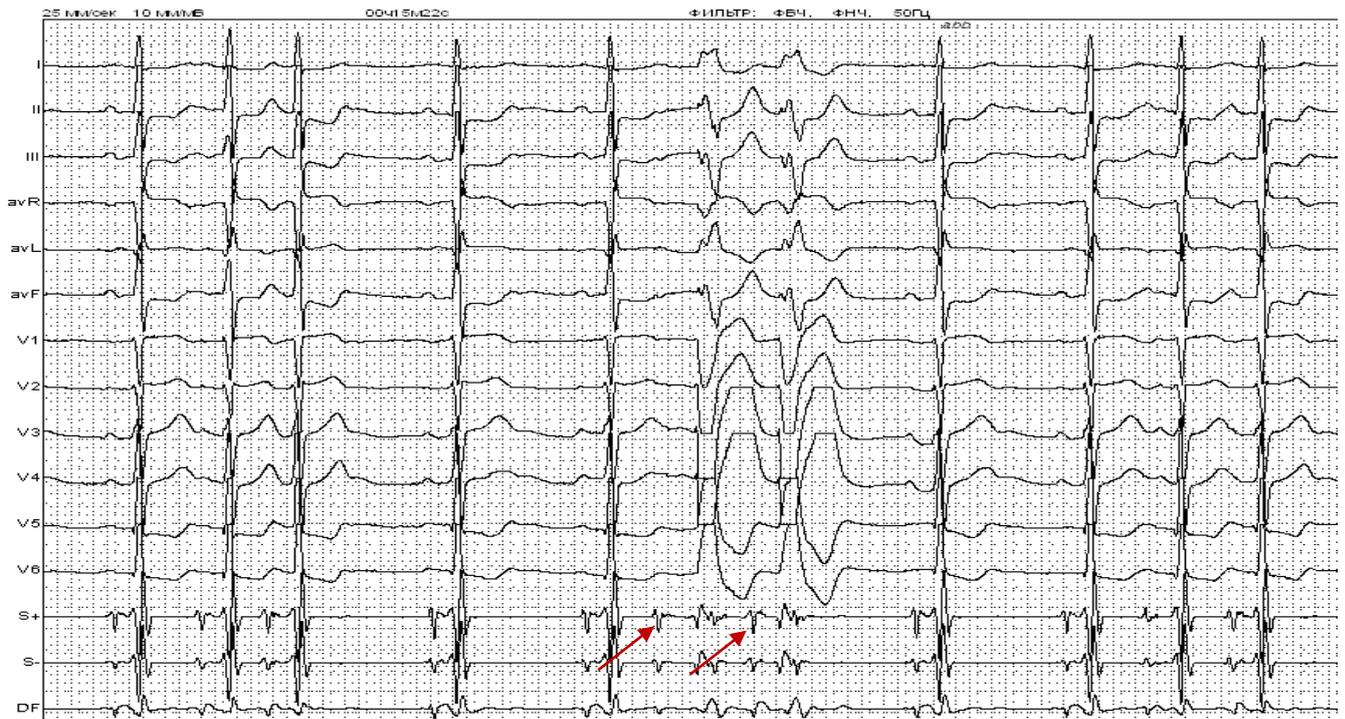


Рис. 8 – Запись ЧПЭКГ. Парные aberrантные суправентрикулярные комплексы. Стрелками указаны зубцы R, проводящиеся на желудочки в отведениях ЧПЭКГ.

Таким образом, если бы врач использовал только алгоритм AVR, как один из наиболее простых, это могло бы привести к неправильной диагностике и соответственно, к неправильной лечебной тактике. То есть, для постановки правильного диагноза врач должен последовательно проанализировать ЭКГ с использованием всех алгоритмов или применять инвазивные методы диагностики, что в условиях рутинной практики зачастую невозможно.

Комплексный анализ с помощью метода Вальда может иметь преимущество в случае противоречивых результатов работы отдельных алгоритмов и критериев, увеличивая тем самым вероятность правильной диагностики желудочковых и суправентрикулярных аритмий.

Для того чтобы критерии имели правильное диагностическое значение и имели ценность в качестве теста, необходимо хорошее межнаблюдательное соглашение. Небольшое исследование Herbert et al., в котором 3 исследователя дифференцировали 27 ЭКГ с ТШК с помощью критериев Brugada P., показало, что только умеренное соглашение 88% было достигнуто среди врачей. По оценке точности и согласованности критериев Vereckei, 2008 (AVR) в 2012 г. было проведено исследование Вахи RP, Hart KW, в котором 4 специалиста диагностировали ЖТ с точностью 74% (чувствительность 70%, специфичность 80%), 75% (чувствительность 76%, специфичность 73%), 61% (чувствительность 81%, специфичность 25%), и 68% (чувствительность 84%, специфичность 40%). Внутригрупповой коэффициент корреляции (ICC) составил 0,31 (95% ДИ 0.22-0.42). При анализе 45 ЭКГ тремя рецензентами с раскрытием клинической информации точность диагностики ЖТ составила 93%, 93% и 78%. Таким образом, добавление клинической информации привело к существенному улучшению тестовых характеристик.

Использование программы автоматического анализа позволяет произвести мгновенный анализ аритмий с широкими комплексами QRS с помощью отдельных алгоритмов/критериев и комплексно, при этом снижение степени субъективной оценки за счет стандартизации амплитудно-временных характеристик позволяет использовать программу специалистам с разным опытом работы.

Использование нейронных сетей оказалось достаточно перспективным методом распознавания ЖА и СВА. Оно позволило диагностировать ЖНР с ЧВ 97,06%, СП 99,39%, ДТ 97,6% в исследовательской группе и с ЧВ 91,43%, СП 91,30%, ДТ 91,39% – в группе контроля. Более низкие показатели диагностической значимости в группе контроля могут быть обусловлены разницей выборок пациентов. Метод «нейронных сетей» позволяет максимально подробно настроиться на все особенности группы обучения (исследовательской группы), построив максимально точное разделяющее правило, но при работе на пациентах, на которых он не обучался (группа контроля), построенная модель разделения срывает хуже. Тем не менее, несмотря на это, метод показал лучшие СП, ЧВ, ДТ в распознавании ЖА и СВА, чем остальные, что свидетельствует о необходимости дальнейшего исследования значимости нейронных сетей, их обучения на больших выборках пациентов и совершенствования их работы.

Ограничения данного исследования

Неравномерность исследуемых выборок пациентов (преобладание количества ЖА над СВА) может привести к значимому смещению получаемых значений ЧВ, СП и ДТ. Различия между группой контроля и исследуемой группой не позволяют корректно проводить межгрупповое сравнение и сопоставление результатов. При использовании записей ХМ с другими исходными параметрами (например, более высокой частотой дискретизации) возможно получение других по распознаванию результатов, отличных от данного исследования. При практическом применении программы есть вероятность получения некорректных результатов при наличии артефактов записи, неправильно определенных границах комплексов.

Выводы

Результаты исследования показали, что отдельно взятые критерии и алгоритмы, не могут быть надежными помощниками в распознавании аритмий с широкими комплексами QRS и в значительной степени зависят от исследуемой выборки для пациентов без признаков предвозбуждения и исходной полной блокады ножки пучка Гиса на поверхностной электрокардиограмме.

Лучшим среди отдельных алгоритмов по распознаванию желудочковых аритмий у пациентов без исходной блокады ножки пучка Гиса и признаков предвозбуждения желудочков оказался алгоритм Bayesian (2000), однако он уступал в специфичности комплексному анализу метода последовательного анализа Вальда и использованию нейронных сетей.

Лучшие результаты по распознаванию желудочковых аритмий (также, как и суправентрикулярных аритмий) в обеих группах (контрольной и исследовательской) продемонстрировал комплексный анализ с помощью метода Вальда, (чувствительность 83,11%, специфичность 83,65%, диагностическая точность 83,23% – в исследовательской; чувствительность 83,51%, специфичность 84,58%, диагностическая точность 83,89% – в контрольной группе) и метод нейронных сетей, но с более низкими показателями диагностической значимости в группе контроля (чувствительность 91,43%, специфичность 91,30%, диагностическая точность 91,39%), чем в исследовательской группе (чувствительность 97,06%, специфичность 99,39%, диагностическая точность 97,6%).

Использование автоматического анализа значительно уменьшает объем работы врача по оценке отдельных амплитудно-временных характеристик комплексов, уменьшает степень субъективности, позволяет одновременно использовать результаты работы как отдельных алгоритмов и критериев, так и в комплексе, что повышает их диагностическую значимость.

Практические рекомендации

Комплексный алгоритм распознавания широких комплексов QRS, реализованный в программном обеспечении холтеровского мониторинга может быть рекомендован врачам функциональной диагностики для облегчения работы и повышения точности распознавания аритмий с широкими комплексами QRS при отсутствии на поверхностной электрокардиограмме четко-визуализирующегося зубца Р или признаков атриовентрикулярной диссоциации. Для получения более качественных результатов рекомендован контроль определения границ комплексов QRS, исключение из анализа артефактных записей.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

1. Буданова М. А., Чмелевский М. П., Трешкур Т. В., Асеев А. В., Тихоненко В. М. Распознавание желудочковых и суправентрикулярных аритмий с широкими QRS с помощью автоматического анализа при комплексном применении морфологических критериев и алгоритмов. Кардиология. 2019;59(3S):36–42
2. Буданова М.А., Чмелевский М.П., Трешкур Т.В., Тихоненко В.М. Сравнительный анализ морфологических критериев дифференциальной диагностики аритмий с широкими комплексами QRS с формой блокады левой ножки пучка Гиса // Вестник аритмологии, 2019, Том 26, № 3; с. 15-28; DOI: 10.35336/VA-2019-3-15-28.
3. Буданова М.А., Тихоненко В.М., Чмелевский М.П., Трешкур Т.В. / Россия, Санкт-Петербург. Тахикардии с широкими qrs-комплексами: как распознать желудочковую тахикардию? Сборник тезисов XIII Международного конгресса «КАРДИОСТИМ-2018» 15-17 февраля 2018 года
4. Буданова М.А., Чмелевский М.П., Трешкур Т.В., Тихоненко В.М. Комплексный анализ критериев и алгоритмов в дифференциальной диагностике аритмий с широкими комплексами QRS. Материалы VII Всероссийского съезда аритмологов М., 2017 –7 с.
5. M.Budanova, M.Chmelevsky, V.Tikhonenko, T.Treshkur. 073_16977-D1 A New Possibility of Noninvasive Differential Diagnosis of Wide Complex Arrhythmias Using Multivariate Analysis of RR Intervals and QRS Complex Durations. JACC: Clinical Electrophysiology. Volume 3, Issue 10, Supplement, October 2017, Page S31.
6. Чмелевский М.П., Буданова М.А., Тихоненко В.М., Трешкур Т.В. Дифференциальная диагностика аритмий с широкими комплексами QRS на основе анализа временных показателей ЭКГ//Сборник тезисов 17-го конгресса РОХМиНЭ. 9-го Всероссийского конгресса «Клиническая электрокардиология». II-ой Всероссийской конференции детских кардиологов ФМБА России // 27-28 апреля 2016, С 36 — 37.
7. Чмелевский М.П., Трешкур Т.В., Тихоненко В.М., Ильина Д.Ю., Буданова М.А. Оптимизация диагностики тахикардий с широкими QRS. Трансляционная медицина. 2011. № S1. С. 50.

Список сокращений

ААТ – антиаритмическая терапия

БЛНПГ – блокада левой ножки пучка Гиса

БНПГ – блокада ножки пучка Гиса

БПНПГ – блокада правой ножки пучка Гиса

ДТ – диагностическая точность

ЖА – желудочковые аритмии

ЖНР – желудочковые нарушения ритма

ЖТ – желудочковая тахикардия

К – коэффициент Вальда

СВА – суправентрикулярные аритмии

СВТ – суправентрикулярная тахикардия

СП – специфичность

ТШК – тахикардии с широкими комплексами QRS

ХМ – холтеровское мониторирование

ЧВ – чувствительность

ЧПЭКГ – чреспищеводное ЭКГ

ЭКГ – электрокардиография, электрокардиограмма

эндоЭФИ – электрофизиологическое исследование

RWPT – R-wave peak time. Критерий времени пика волны R. Измеряется как время от начала деполяризации комплекса QRS до первого изменения полярности, независимо от того, было ли изменение полярности QRS положительным или отрицательным.