

УДК 616.12-008.331.1-092:616.126-31

Снегурская И.А., Милославский Д.К., Божко В.В., Пенькова М.Ю.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ СЕРДЦА ПРИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

ГУ «Национальный Институт терапии имени Л.Т. Малой НАМН Украины», г. Харьков

*Данная статья представляет собой обзор литературы о возможностях и перспективах оценки электрофизиологического ремоделирования сердца у больных артериальной гипертензией. Методики исследования альтернации Т-волны и ЭКГ высокого разрешения обладают высокой отрицательной прогностической ценностью. Они могут быть полезными для идентификации пациентов с низким риском. Прогностическая значимость показателей вегетативного тонуса в отношении риска аритмических событий имеет в настоящее время недостаточно доказательств в рандомизированных испытаниях для широкого применения в клинической практике. Здесь основная проблема видится в недостаточной стандартизации методики. В качестве модификации способов оценки вегетативной регуляции сердечного ритма рядом авторов предлагается методика кардиоинтевалографии. С помощью этой методики можно оценить степень дисбаланса симпатической и парасимпатической нервной систем, начиная с начальных стадий заболевания, что поможет выбрать лечение для данного конкретного больного. Новыми и перспективными для обнаружения эктопических очагов у больных АГ представляются методики многоканальной регистрации ЭКГ с использованием реалистичных цифровых трехмерных моделей сердца и торса больного, построенные по данным рентгенографии грудной клетки в двух проекциях или спиральной компьютерной томографии грудной клетки.*

Ключевые слова: артериальная гипертензия, электрофизиологическое ремоделирование, микровольтная альтернация Т-волны; электрокардиография высокого разрешения; анализ интервала Q-T; вариабельность и турбулентность ритма сердца; дипольная кардиотопография.

Понятие «ремоделирование сердца» стало применяться в кардиологии около 20 лет назад. Вначале данный термин использовался для описания структурных и анатомических процессов в миокарде и особое внимание привлекало постинфарктное ремоделирование – перестройка левого желудочка, когда ряд нейрогуморальных и механических повреждений приводили к истончению стенок и расширению полости левого желудочка, а также – к компенсаторной гипертрофии непораженных отделов миокарда и фиброзу кардиомиоцитов. Исходом данных процессов являлись изменение геометрии левого желудочка из эллиптической формы в шаровидную, что, в свою очередь, приводило к нарушению диастолической и систолической функции левого желудочка. Электрофизиологически это выражалось различными аритмиями [5].

В настоящее время понятие «ремоделирование сердца» используется шире и применяется как обозначение утолщения медиального слоя стенки сосудов (ремоделирование сосудов), как отражение уровней натрийуретического пептида (нейрогуморальное ремоделирование), при гипертрофии миокарда левого желудочка (ГЛЖ) и увеличении массы миокарда у больных с артериальной гипертензией (ремоделирование миокарда), а также - применительно к электрическим и электрофизиологическим процессам в миокарде [9,24,36]. По мнению ряда авторов, электрофизиологическое ремоделирование сердца – это комплекс метаболических, структурных и молекулярных изменений в миокарде, ассоциированный со структурным ремоделированием сердца, приводящий к нарушению электрофизиологических свойств последнего и, про-

являющийся патологическими электрофизиологическими и электрокардиографическими феноменами [11].

Причем, структурное, функциональное и электрофизиологическое ремоделирование являются составляющими частями динамики патологических процессов при многих заболеваниях сердца. Вероятно, что данные патологические процессы протекают параллельно, однако в ряде случаев, электрокардиографические проявления опережают структурные [26]. Поэтому в доступной литературе стали появляться работы, посвященные изучению электрофизиологических изменений миокарда у больных с ИБС [19], пороках сердца [4], а в последние 10-15 лет и, при артериальной гипертензии [7]. Более того, в ряде исследований было показано, что различного рода аритмии регистрируются более, чем у половины больных АГ [12].

Среди неинвазивных методик, которые сегодня используются для анализа электрофизиологического ремоделирования, можно выделить:

- микровольтную альтернацию Т-волны;
- электрокардиографию высокого разрешения (с вычислением поздних желудочковых потенциалов и длительности фильтрованного комплекса QRS);
- анализ интервала Q-T (определение длительности и дисперсии интервалов QT и JT);
- показатели вегетативной регуляции сердечного ритма – вариабельность и турбулентность ритма сердца;
- а также использование метода дипольной кардиотопографии и проведение поверхностного картирования с постройкой изоинтегральных карт (с последующим использованием для кардиохирургических вмешательств).

Альтернатива Т-волны - это изменения амплитуды и/или морфологии Т-волны от комплекса к комплексу. Вначале определяют модуль вектора из суммы трех стандартных отведений относительно комплекса QRS в течение 128 последовательных ударов, затем создают временные ряды, состоящие из 128 значений амплитуды Т-волны, на основании которых выстраивается спектр мощности. Альтернатива Т-волны соответствует определенной точке на полученном спектре, соответствующая ровно половине циклов за удар. Статистическая значимость альтернативы выражается коэффициентом альтернативы - K-score. Альтернатива считается значимой, если величина K-score > 3. Данный метод обладает доказанной высокой негативной прогностической ценностью. Однако малое положительное предсказательное значение пока не позволяет использовать этот показатель в клинике [4].

Электрокардиограмма высокого разрешения (ЭКГ ВР) применяется для определения поздних потенциалов желудочков (ППЖ) - низкоамплитудных высокочастотных сигналов, которые регистрируются в конечной части комплекса QRS и начальном отделе сегмента ST и отражают процессы замедленного проведения электрического сигнала в миокарде, так называемые «потенциалы замедленной деполяризации миокарда». На обычной ЭКГ сигналы с подобными параметрами для анализа недоступны, необходимы усиление и фильтрация высокочастотного сигнала ЭКГ, т.е. - ЭКГ ВР [13, 20]. Считается, что субстратом возникновения ППЖ служат электрофизиологическая и структурная неоднородность миокарда, когда здоровые кардиомиоциты перемежаются с ишемизированными кардиомиоцитами либо участками некроза/фиброза. Появление ППЖ в отсутствие очаговых изменений миокарда можно объяснить неомогенностью электрофизиологических свойств миокарда вследствие неравномерных функциональных изменений кардиомиоцитов в условиях острой или хронической ишемии. Подобные условия приводят к задержке и фрагментации электрических сигналов, замедлению распространения деполяризации, появлению поздней или следовой активности желудочков. Наличие зон задержанной желудочковой деполяризации способствует возникновению феномена re-entry, являющегося основной причиной злокачественных желудочковых нарушений ритма, то есть ППЖ можно рассматривать в качестве неинвазивного маркера анатомо-электрофизиологического субстрата аритмогенеза [15,16].

Количественными критериями ППЖ могут быть:

- продолжительность фильтрованного комплекса QRS после усреднения > 114 мс,
- продолжительность сигнала малой амплитуды, ниже 40 мкВ более 38 мс,

- среднеквадратичное значение напряжения в последние 40 мс комплекса QRS менее 25 мкВ [13].

Рядом исследователей установлено, что одним из самостоятельных, независимых предикторов появления ППЖ является избыточная масса тела пациента, которая, наряду с АГ, гиперинсулинемией и инсулинорезистентностью, входит в симптомокомплекс метаболического синдрома, наличие которого повышает риск развития коронарных осложнений у больного [14]. Рядом авторов было показано, что ППЖ регистрировались более чем у половины больных АГ, ассоциировались со степенью АГ, достоверно чаще выявлялись при выраженной вариабельности артериального давления. При наличии ППЖ была достоверно больше масса миокарда левого желудочка, а ударный объем и фракция выброса левого желудочка достоверно снижались. ППЖ достоверно чаще сопровождала ишемия миокарда при АГ, возникающая во время проведения велоэргометрической пробы и суточного мониторингирования ЭКГ. Это свидетельствует о важной роли ишемии в происхождении ППЖ. При наличии ППЖ достоверно чаще регистрировались желудочковые экстрасистолы высоких градаций, неустойчивая желудочковая пароксизмальная тахикардия и их сочетание [21,25].

Анализ интервала Q-T. Интервал Q-T служит отражением электрической систолы желудочков, то есть времени, необходимого для завершения процессов реполяризации и деполяризации. Основным электрокардиографическим показателем, характеризующим процессы реполяризации желудочков, является дисперсия интервала Q-T, которая представляет собой разницу между максимальным и минимальным значениями длительности интервала Q-T в 12 стандартных отведениях ЭКГ:  $DQ-T = Q-T_{max} - Q-T_{min}$  [29]. При анализе пространственной вариабельности длительности реполяризации была установлена ее зависимость от изменений конечного, а не начального компонента интервала Q-T, поскольку именно он в большей степени отражает региональные электрофизиологические процессы в миокарде [35]. Это послужило основанием для определения некоторыми авторами нового показателя дисперсии времени желудочкового восстановления - дисперсии интервала J-T [31]. Интервал J-T является специализированным показателем, характеризующим исключительно процессы реполяризации миокарда желудочков [29].левой границей этого интервала служит точка J, представляющая собой место перехода конечной части комплекса QRS в сегмент ST. Дисперсию интервала J-T определяют аналогично дисперсии Q-T:  $DJ-T = J-T_{max} - J-T_{min}$  [37].

Поскольку длительность интервала Q-T зависит от ЧСС [22,23], для его коррекции используют модифицированную формулу Базетта:

$DQ-Tc = Q-T_{\max} - Q-T_{\min}$  [32].

К настоящему времени опубликовано множество статей, где описана значимость длительности и дисперсии интервала Q-T различных категорий пациентов. Результаты оказались неоднозначными: в некоторых исследованиях был продемонстрирован высокий риск аритмических событий и кардиальной летальности при повышении дисперсии интервала Q-T, тогда как в других связи между интервалом Q-T и прогнозом не выявлено [31,32,37].

Относительно новым показателем оценки интервала Q-T является его суточная динамика. При помощи компьютерной обработки 24-часовой записи ЭКГ вычисляются следующие параметры: средний скорректированный интервал Q-T, скорректированная дисперсия интервала J-T, отнесенные дисперсии интервалов Q-T и J-T.

Корректированная дисперсия интервала Q-T ( $Q-T_{dc}$ ) определяется, как разница между максимальным и минимальным скорректированным интервалом Q-T ( $Q-T_c$ ), определяемым по формуле Базетта:

$Q-T_{dc} (мс) = Q-T_{\max} (мс) - Q-T_{\min} (мс) / RR(c)$  [32].

Корректированная дисперсия интервала J-T ( $J-T_{dc}$ ) определяется по формуле:

$J-T_{dc} = J-T_d / \sqrt{R-R}$ ,  $c/1/2$ ,

отнесенная дисперсия интервала Q-T ( $Q-T_{dr}$ ):  $Q-T_{dr} = Q-T_d / R-R \times 100\%$ ,

отнесенная дисперсия интервала J-T ( $J-T_{dr}$ ):  $J-T_{dr} = J-T_d / R-R \times 100\%$ .

Было показано, что у больных с АГ корректированная дисперсия Q-T коррелировала с ударным объемом, что может указывать на связь увеличенной гетерогенности реполяризации миокарда ЛЖ и относительным преобладанием тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы. При большей выраженности инсулинорезистентности наблюдалось усиление дисперсии реполяризации. У больных с АГ без избыточного веса и метаболических нарушений величины показателей дисперсии интервалов Q-T и J-T были меньше. Пациентов с АГ и метаболическим синдромом/сахарным диабетом 2-го типа характеризовали как достоверно более частая регистрация желудочковых экстрасистол, так и наиболее высокие показатели дисперсии реполяризации с превышением среднего по группе значения дисперсии (60 мс). Выраженность гетерогенности реполяризации при АГ была наибольшей при максимальной выраженности метаболических нарушений, наименьшей - при отсутствии метаболических нарушений. Лица с АГ в сочетании с менее выраженными метаболическими нарушениями занимали промежуточное положение [6,30]. Увеличение гетерогенности реполяризации служит доступным и достаточно надежным показателем, используемым в стратификации лиц группы высокого риска развития нарушений ритма сердца, что может быть использовано для последующего

проведения целенаправленных профилактических мероприятий с учетом имеющихся метаболических нарушений. В группе лиц с АГ без метаболических нарушений дисперсия интервалов Q-T и J-T коррелировала только с выраженностью ГЛЖ и его геометрической моделью; ассоциаций с метаболическими параметрами не было. По мере увеличения выраженности метаболических нарушений у лиц с АГ увеличивалась как выраженность гетерогенности реполяризации, так и взаимосвязи характеризующих его показателей с параметрами метаболического статуса, при этом достоверные корреляции с выраженностью ГЛЖ по всем показателям дисперсии сохранялись во всех группах лиц с АГ. Наибольшие значения показателей гетерогенности реполяризации, связанные с кластером метаболических параметров, отражающих нарушения чувствительности периферических тканей к действию инсулина, состояние углеводного и липидного обмена найдены у лиц с сочетанием АГ с сахарным диабетом (СД) 2-го типа и дислипидемией. Положительная корреляция дисперсии реполяризации и УО может указывать на связь между повышением гетерогенности реполяризации и вегетативным дисбалансом в виде преобладания тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы на фоне метаболических нарушений и диабетической кардиопатии при СД 2-го типа, что проявляется гиперкинетическим типом кровообращения [30]. Анализируется также дисперсия конечной части зубца Т. Отмечено, что у больных АГ увеличенные дисперсии конечной части зубца Т ( $T_{\text{reak-Tend}}$ ) на ЭКГ свыше 55 мс ассоциируется с ранними рецидивами фибрилляции предсердий [17] и может являться предиктором возникновения желудочковой экстрасистолии и внезапной смерти [18].

Вегетативная регуляция сердечного ритма. Для исследования вегетативной регуляции сердечной деятельности используют ряд параметров. Наибольшее распространение получил расчет вариабельности сердечного ритма (BCP). Для изучения автономной реактивности сердечного ритма наиболее информативно точное мониторирование ЭКГ с записью ночного и дневного ритма с последующим временным анализом интервалов N-N. «Золотым стандартом» для временного анализа служат следующие показатели: SDNN (мс) - стандартное отклонение всех интервалов N-N, SDANN (мс) - стандартное отклонение N-N-интервалов, усредненное за каждые 5-минутные интервалы, RMSSD (мс) — среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий и рNN50 (%) - доля N-N-интервалов, которые отличаются от предшествующего интервала более чем на 50 мс [1,3,8].

Барорефлекторная чувствительность (БРЧ) отражает изменения частоты сердечного ритма в ответ на колебания артериального давления.

Для расчета применяют различные способы управляемого снижения или повышения АД: медикаментозный (чаще всего используется мезатон), а также неинвазивный (при помощи приемов Вальсальвы или механического воздействия на каротидные барорецепторы в области шеи посредством специальной пневматической камеры). Считается, что у здоровых лиц R-R-интервалы увеличиваются на 10 мс в ответ на повышение АД на 1 мм рт. ст. Существует также способ расчета барорефлекторной чувствительности, минуя опасные для ишемических пациентов эксперименты с мезатоном и воздействием на сонные артерии. Проще всего определить степень изменения интервалов R-R в ответ на спонтанное повышение или снижение АД при одновременной их записи в течение сколько-нибудь продолжительного времени [28]. Наибольшим недостатком всех способов расчета БРЧ является низкая воспроизводимость методики и отсутствие стандартизованных условий проведения теста (например, по частоте дыхания), что приводит к значимым различиям между группами пациентов. Турбулентность ритма сердца (TRC) фактически служит отражением барорефлекторной чувствительности. Расчет выполняется на основании колебаний длительности интервалов R-R после единичного эктопического желудочкового комплекса. В норме желудочковая экстрасистола сопровождается резким укорочением интервалов R-R (первые 2-4 комплекса после экстрасистолы) с последующим постепенным их удлинением (за 5-20 сердечных циклов). В качестве математического эквивалента TRC применяются два показателя: turbulence onset (TO), или начальное учащение ритма, и turbulence slope (TS) - линия постепенного возвращения частоты ритма к исходным величинам в течение 20 следующих за ЖЭ циклов. Этот феномен связывают с некоторым снижением АД в ответ на эктопический комплекс и рефлекторным учащением сердечного ритма [34].

Было отмечено, что у больных АГ (по сравнению с здоровыми лицами) выявлялось снижение суммарной ВСР с доминированием влияния симпатической нервной системы, что подтверждалось наличием выраженной циркадной десинхронизации и клинически проявлялось синдромом вегетативной дисфункции. Почти у трети больных АГ с нормальной геометрией ЛЖ, несмотря на небольшую давность заболевания, на фоне диастолической дисфункции ЛЖ, верифицировалось снижение временных и спектральных характеристик ВСР. У пациентов с АГ и патологическими типами ремоделирования ЛЖ наблюдались более значимые нарушения вегетативной иннервации сердца. По мере нарастания массы миокарда ЛЖ снижаются показатели высоко- и низкочастотных составляющих мощности спектра ВСР [23]. Таким образом, методики исследования альтерации Т-волны и ЭКГ

ВР обладают высокой отрицательной прогностической ценностью, что может быть полезно для идентификации пациентов с низким риском. Однако малое положительное предсказательное значение данных методик пока не позволяет широко использовать их в клинике. Возможно, некоторые усовершенствования компьютерной обработки ЭКГ- сигнала для снижения уровня шума во время физической нагрузки или новый подход к выполнению данных тестов смогут решить имеющиеся проблемы. В свою очередь, несмотря на очевидную перспективность, прогностическая значимость показателей вегетативного тонуса в отношении риска аритмических событий имеет недостаточно доказательств в рандомизированных испытаниях для применения в клинической практике. Здесь основная проблема видится в недостаточной стандартизации методики.

Вариантом развития ЭКГ ВР является методика дипольной электрокардиофотографии (ДЭКАРТО). Основанием для развития ДЭКАРТО, явилась заложенная в методе возможность обобщенной визуальной и количественной оценки хода волны возбуждения по желудочкам сердца. ДЭКАРТО - метод наглядного изображения и анализа информации, получаемой при помощи трех ортогональных отведений [10], представляет собой квазикартирование электрического процесса в желудочках сердца на основе ортогональной ЭКГ, базируется на использовании модели волны деполяризации желудочков, отражаемой электрическим вектором сердца, компоненты которого пропорциональны соответствующим сигналам ортогональных отведений. Опыт диагностики с использованием ДЭКАРТО пока еще только накапливается и не нашел широкого отражения в литературе. В настоящее время метод хорошо себя зарекомендовал для оценки гипертрофии левого желудочка, выявляя ее на ранних стадиях до появления четких ЭКГ-критериев, так как обладает большой информативностью в выявлении гипертрофии левого желудочка, что представляется перспективным именно для больных с АГ [2].

В качестве модификации способов оценки ВСР рядом авторов предлагается методика кардиоинтевалографии [1]. С целью интерпретации вегетативного гомеостаза, путей реализации центрального стимулирования и состояния адаптационно-приспособительных механизмов предлагается использование следующих показателей:

- мода (Mo) — наиболее часто встречающийся интервал R-R. Отражает гуморальное звено регуляции ВНС;
- амплитуда моды (AMo) — означает число интервалов, соответствующих моде, выраженное в процентах от общего числа кардиоинтервалов. AMo отражает состояние активности симпатического отдела ВНС, характеризуя

нервный канал регуляции;

– вариационный размах (X) — разница между максимальными и минимальными значениями длительности интервалов R–R. Этот показатель характеризует активность вагусных влияний на деятельность синусового узла;

– вегетативный показатель ритма (ВПР = 1/МохХ) указывает на баланс симпатических и парасимпатических влияний на сердце;

– показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР = АМо/Мо) позволяет оценить преимущественный путь реализации центрального стимулирования ВНС (нервный или гуморальный);

– индекс напряжения (ИН = АМо/2х х Мо х Х). С его помощью оценивается степень напряжения компенсаторно-адаптивных механизмов организма. Характеризует активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура регулирования (кора головного мозга, гипоталамо-гипофизарные и подкорковые вегетативные центры) и степень его преобладания над автономным контуром регулирования (легкие, синусовый узел, ядра блуждающего нерва). В норме ИН колеблется в пределах 80–150 условных единиц [10]. Имеются работы, подчеркивающие, что с помощью данной методики есть возможность оценить степень дисбаланса симпатической и парасимпатической нервной систем, начиная с первых стадий заболевания. Определение путей реализации центрального стимулирования, а также типов ваготонии смогут помочь в выборе лечения у данного конкретного больного [22].

Достаточно перспективными для обнаружения эктопических очагов у больных АГ представляют методики под названием Noninvasive Electrocardiographic Imaging (ECGI) [33] и Noninvasive Imaging of Cardiac Electrophysiology (NICE) [27] - технически совершенные системы поверхностной многоканальной регистрации ЭКГ, включающие от 80 до 240 однополюсных отведений с использованием реалистичных цифровых трехмерных моделей сердца и торса больного, построенные по данным рентгенографии грудной клетки в двух проекциях или спиральной компьютерной томографии (магнитно-резонансной томографии) грудной клетки.

### Литература

1. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) / Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. - № 24. – С. 65-85.
2. Блинова Е.В. Возможности скорректированной ортогональной векторкардиографии и дипольной электрокардиотографии в оценке состояния сердца у больных ишемической болезнью сердца : автореф. дисс. на соискание научной степени канд. мед. наук : спец. 14.00.06 «Кардиология» / Е.В. Блинова. - Москва, 2002. - 20 с.
3. Бокерия Л.А. Variability сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование / Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, И.В. Волковская // Анналы аритмологии. – 2009. - № 4. - С. 3-12.
4. Бокерия Л.А. Электрофизиологическое ремоделирование миокарда при сердечной недостаточности и различных заболеваниях сердца / Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, Т.Г. Ле // Анналы аритмологии. – 2010. - № 4, Т. 7. - С. 41-48.

5. Бузиашвили Ю.И. Ишемическое ремоделирование левого желудочка (определение патогенез, диагностика, медикаментозная и хирургическая коррекция) / Ю.И. Бузиашвили, И.В. Ключников, А.М. Мелконян [и др.] // Кардиология. – 2002. - №10. - С. 88-95.
6. Ватутин Н.Т. Дисперсия реполяризации желудочков: нормальные значения и физиологические факторы, влияющие на ее величину / Н.Т. Ватутин, Е.В. Кетинг, Н.В. Калинкина [и др.] // Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького, Институт неотложной и восстановительной хирургии АМН Украины, г. Донецк // Украинская баннерная сеть. Поступила 05.09.2002 г.
7. Гимаев Р.Х. Факторы риска электрической нестабильности миокарда и возможности ее коррекции у больных эссенциальной артериальной гипертензией : автореф. дисс. на соискание научной степени канд. мед. наук : спец. 14.00.06 «Кардиология» / Р.Х. Гимаев. - Ульяновский государственный университет, 2004. - 20 с.
8. Голухова Е. З. Неинвазивная аритмология / Е. З. Голухова. – Москва : НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2002. - 200 с.
9. Громнацкий Н.И. Влияние небиволола на ремоделирование сердца и сосудов и состояние гемодинамики у больных артериальной гипертензией / Н.И. Громнацкий, Н.Б. Дюсюмкиева // Кардиология. – 2002. - №10. - С. 27-30.
10. Иванов Г.Г. Использование метода ДЭКАРТО для анализа нарушенных электрофизиологических свойств миокарда у больных с различными формами ИБС / Г.Г. Иванов, Л.И. Титомир, А.В. Тюрин [и др.] // Функциональная диагностика. – 2004. - № 2. - С.2 3-26.
11. Иванов Г. Г. Дисперсионное ЭКГ- картирование: теоретические основы и клиническая практика / Г.Г. Иванов, А.С. Сула. – Москва : Техносфера, 2009. - 192 с.
12. Искендеров Б.Г. Частота выявления нарушений ритма сердца в зависимости от характера изменений геометрии левого желудочка при гипертонической болезни / Б.Г. Искендеров, Т.М. Шибаева, А.А. Минкин // Кардиология. – 2004. - № 4. - С. 71-72.
13. Ким З.Ф. ЭКГ высокого разрешения: от действительного к возможному / З.Ф. Ким, И.А. Латфуллин, Г.М. Тептин [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2010. - № 2. - С. 29-35.
14. Котовская Ю.В. Метаболический синдром: прогностическое значение и современные подходы к комплексной терапии / Ю.В. Котовская // Сердце. – 2005. - Т. 4, № 5 (23). - С. 236-242.
15. Куламбаев Б.Б. Электрокардиография высокого разрешения: некоторые методические подходы при анализе поздних потенциалов желудочков / Б.Б. Куламбаев, Г.Г. Иванов, Д.У. Акашева [и др.] // Кардиология. – 1994. - Т. 34, № 5-6. - С. 15-21.
16. Легконогов А.В. Результаты и перспективы изучения поздних потенциалов желудочков / А.В. Легконогов // Кардиология. – 1997. - № 10. - С. 57-65.
17. Мензоров М.В. Предикторы рецидива фибрилляции предсердий у больных гипертонической болезнью и ишемической болезнью сердца. автореф. дисс. на соискание научной степени канд. мед. наук : спец. 14.00.06 «Кардиология» / М.В. Мензоров. - Саратов, 2003. – 22 с.
18. Миллер О.Н. Причинно-следственные связи возникновения фибрилляции предсердий у больных артериальной гипертензией / О.Н. Миллер, Т.А. Бахметьева, И.А. Гусева [и др.] // Вестник аритмологии. – 2006. - № 44. - С. 44-48.
19. Попов В.В. Современные подходы к оценке электрической нестабильности миокарда у больных ишемической болезнью сердца / В.В. Попов, Н.А. Буланова, М.Ю. Князева [и др.] // Медицина. – 2006. - № 2. - С. 11-15.
20. Рузов В.И. Структурно-функциональное состояние миокарда и показатели сигнал-усредненной электрокардиограммы у больных гипертонической болезнью / В.И. Рузов, Р.Х. Гимаев, В.А. Разин [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2005. - № 4 (6). - С. 21-26.
21. Сторожаков Г.И. Внезапная сердечная смерть / Г.И. Сторожаков // Сердце. – 2007. - Т. 6, № (35). - С. 156-163.
22. Тимченко Н.Н. Кардиоинтервалография у больных гипертонической болезнью / Н.Н. Тимченко, А.Я. Теленгатор // Кардиология. «Новости медицины и фармации». – 2011. – Т. 374, тематический номер. – 07.13.2011.
23. Хромцова О.М. Variability сердечного ритма и структурно-функциональное состояние левого желудочка при гипертонической болезни / О.М. Хромцова // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2010. - Т. 3, № 6. - С. 600-605.
24. Чукаева И.И. Антиишемический и противовоспалительный эффекты ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента и их роль в ремоделировании сердца у больных, перенесших инфаркт миокарда / И.И. Чукаева, И.М. Корочкин, Т.Ф. Прохорова [и др.] // Кардиология. – 2000. – Т. 11-б. - С. 17-23.
25. Ярченкова Л.Л. Поздние потенциалы желудочков как предикторы нарушений ритма сердца при артериальной гипертензии : автореф. дисс. на соискание научной степени доктора мед. наук : спец. 14.00.06 «Кардиология» / Л.Л. Ярченкова. - Иваново, 2003. - 41 с.

26. Batdorf N.J. Month-to-Month and Year-to-Year Reproducibility of High Frequencies QRS ECG Signals / N.J. Batdorf, A.H. Feiveson, T.T. Schlegel // *Journal of Electrocardiology*. - 2004. - Vol. 37. № 4. - P. 289-296.
27. Berger T. Single-Beat Noninvasive Imaging of Cardiac Electrophysiology of Ventricular Pre-Excitation / T. Berger, G. Fisher, B. Pfeifer [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* - 2006. - Vol. 48. - P. 2045-2052.
28. Fishman G.I. Sudden cardiac death prediction and prevention: report from a National Heart, Lung, and Blood Institute and Heart Rhythm Society Workshop / G.I. Fishman, S.S. Chugh, J.P. Dimarco [et al.] // *Circulation*. - 2010. - Vol. 122. - P. 2335-2348.
29. Ichkhan K. Relation of left ventricular mass and Q-T dispersion in patients with systematic hypertension / K. Ichkhan, J. Molnar, J. Somberg // *Amer. J. Cardiology*. - 1997. - Vol. 79. - P. 508-511.
30. Landstetd-Halin L. Increased QT dispersion during hypoglycaemia in patients with type 2 diabetes mellitus / L. Landstetd-Halin, A. Englund, U. Adamson [et al.] // *J. Int. Med.* - 2004. - Vol. 264 (3). - P. 299-307.
31. McLaughlin N. Comparison of automatic Q-T measurement techniques in the normal 12-lead electrocardiogram / N. McLaughlin, R. Campbell, A. Murray // *Brit. Heart J.* - 1995. - Vol. 74, № 1. - P. 84-89.
32. Murdah M. Repolarization alternans: techniques, mechanisms and cardiac vulnerability / M. Murdah, W. McKenna, A. Camm // *Pac. Clin. Electrophysiology*. - 1997. - Vol. 20, № 10. - P. 2641-2657.
33. Ramanathan C. Electrocardiographic Imaging (ECGI): A Noninvasive Imaging Modality for Cardiac Electrophysiology and Arrhythmia / C. Ramanathan, R.N. Ghanem R.N., P. Jia [et al.] // *Nature Medicine*. - 2004. - Vol. 10. - P. 422-428.
34. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. - 1996. - Vol. 93. - P. 1043-1065.
35. Trusz Gluza M. Dispersion of the Q-T interval as a predictor of cardiac death in patients with coronary heart disease / M. Trusz Gluza, I. Wozniak Skowerska // *Pac. Clin. Electrophysiology*. - 1996. - Vol. 19. - P. 1900-1904.
36. Wozakowska-Kaplon B. Atrial natriuretic peptide before and after cardioversion therapy in patients with chronic atrial fibrillation / B. Wozakowska-Kaplon, G. Opolski, M. Janion // *European Heart Journal*. - 2002. - Vol. A, Abstr. Suppl. - P. 279.
37. Zareba W. Dispersion of ventricular repolarization and arrhythmic cardiac death in coronary artery disease / W. Zareba, A. Moss, S. Cessie // *Amer. J. Cardiology*. - 1994. - Vol. 74. - P. 550-553.

### Реферат

СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНОГО РЕМОДЕЛЮВАННЯ СЕРЦЯ ПРИ АРТЕРІАЛЬНІЙ ГІПЕРТЕНЗІЇ  
Снігурська І.О., Милославський Д.К., Божко В.В., Пенькова М.Ю.

Ключові слова: артеріальна гіпертензія, електрофізіологічне ремоделювання, мікрівольтна альтернація Т-хвилі; електрокардіографія високої роздільності; аналіз інтервалу Q-T; варіабельність і турбулентність ритму серця; дипольна кардіотопографія.

Дана стаття являє собою огляд літератури про можливості і перспективи оцінки електрофізіологічного ремоделювання серця у хворих на артеріальну гіпертензію. Методики дослідження альтерації Т-хвилі і ЕКГ високої роздільності володіють високою негативною прогностичною цінністю. Вони можуть бути корисними для ідентифікації пацієнтів з низьким ризиком. Прогностична значимість показників вегетативного тону щодо ризику аритмічних подій має в даний час недостатньо доказів в рандомізованих випробуваннях для широкого застосування в клінічній практиці. Тут основна проблема бачиться в недостатній стандартизації методики. Як модифікація способів оцінки вегетативної регуляції серцевого ритму низкою авторів пропонується методика кардіоінтевалографії. За допомогою цієї методики можна оцінити ступінь дисбалансу симпатичної та парасимпатичної нервових систем, починаючи з початкових стадій захворювання, що допоможе вибрати лікування для даного конкретного хворого. Новими і перспективними для виявлення ектопічних вогнищ у хворих АГ представляються методики багатоканальної реєстрації ЕКГ з використанням реалістичних цифрових тривимірних моделей серця і торса за даними рентгенографії грудної клітини в двох проєкціях або спіральної комп'ютерної томографії грудної клітини.

### Summary

MODERN ESTIMATION METHODS OF ELECTROPHYSIOLOGICAL CARDIAC REMODELLING IN ARTERIAL HYPERTENSION

Snegurskaya I.A., Miloslavsky D.K., Bozhko V.V., Penkova M.Yu.

Key words: arterial hypertension, electrophysiological remodelling; T-wave alternant; high-resolution electrocardiography; Q-T interval analysis; variability and heart rate turbulence; dipole cardiography.

This review article presents the available data on the possibilities and prospects of electrophysiological assessment of cardiac remodelling in patients with arterial hypertension. T-wave alteration and high-resolution electrocardiography techniques have high negative predictive value. They can be useful for identifying patients at low risk. Prognostic significance of autonomic tone indicators of the risk arrhythmic event is currently insufficient evidence from randomized trials for a broad application in clinical practice. Here the main problem is seen in the lack of standardization techniques. As a modification of how to assess autonomic regulation of heart rate some authors proposed cardio-interval-graph method. Using this technique we can assess the imbalance of sympathetic and parasympathetic nervous systems, starting with the initial stages of the disease that enables to select proper patient-centred treatment. The new and promising for detecting ectopic foci in patients with hypertension are multichannel ECG techniques by using realistic three-dimensional digital models of the heart and torso based on patient's chest radiography in two projections or spiral CT scan of the chest.