

ДИСПЕРСИОННОЕ КАРТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ МИКРОАЛЬТЕРНАЦИЙ: ДЕСЯТЬ ЛЕТ СПУСТЯ

Г.Г. ИВАНОВ, Е.В. АГАФОШИНА, С.Ю.КУЗНЕЦОВА, Г.ХАЛАБИ

Отдел кардиологии Первого МГМУ им. И.М.Сеченова, ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН, кафедра госпитальной терапии РУДН

Один из новых методов анализа ЭКГ, который в настоящее время все шире используется в научных исследованиях и повседневной клинической практике для оценки нарушений электрических свойств миокарда, является анализ альтернации Т зубца. Даже в здоровом сердце периодические процессы де- и реполяризации миокарда при каждом сокращении имеют незначительные колебания, которые отражаются в низкоамплитудных колебаниях ЭКГ-сигнала (низкоамплитудная альтернация ЭКГ). Как и любые флуктуации, микроальтернации зубцов ЭКГ являются эффективными маркерами скрытых процессов в миокарде, предшествующих и сопутствующих патологическим изменениям.

В зависимости от возможности достоверного выявления изменений зубца Т альтернации условно подразделяют на макроальтернации и микроальтернации. Макроальтернации зубца Т (ТWA) первоначально были описаны в 1900 году и были доступны непосредственной визуальной оценке на ЭКГ. Макроальтернации (значения более 50 мкВ) оцениваются при проведении статических нагрузочных проб по динамике непрерывно регистрируемой электрокардиограммы. В тоже время запись электрокардиограммы в течение 24 часов показывает, что приблизительно у 30% здоровых людей встречаются преходящие изменения зубца Т. Микроальтернации зубца Т (MTWA) стали объектом исследований в конце 1980 гг. Анализ микроколебаний зубца Т в диапазоне 1...30 мкВ стал возможным только с момента широкого использования цифровой ЭКГ и микропроцессорной обработки данных. В настоящее время существуют различные методы анализа микроальтернаций. Это методы с разной алгоритмической технологией, но с одинаковой ориентацией на анализ электрических микроколебаний Т зубца.

Наиболее простой, и хронологически первый способ регистрации микроальтернаций включает измерение разности между синхронными значениями амплитуд в текущем и предыдущем однотипных зубцах ЭКГ, например, в Т-зубце. Этот способ анализа часто называют способом «от удара к удару» (beat-to-beat). Была установлена корреляционная связь между вероятностью фибрилляции желудочков и наличием периодических микроколебаний разностного сигнала с основной частотой, приблизительно в два раза меньшей ЧСС. Если отфильтровать колебания с этими частотами и оценить энергетический спектр этих колебаний, можно выявить факт увеличенных амплитуд микроколебаний (*спектральный метод* [2]– фирма Cambridge Heart, США). Этот факт и является индикатором повышенной склонности миокарда к желудочковой тахикардии или фибрилляции. Регистрировать сигнал микроальтернаций Т-волны этим способом удается лишь при ЧСС ~100 ударов в минуту. Основная трудность этого способа – достижение приемлемого

отношения сигнал/шум, т.к. при увеличении ЧСС резко возрастает широкополосный физиологический шум. Вторым недостатком этого способа является принципиальная необходимость стресс-нагрузки в течение нескольких минут. Кроме спектрального метода анализа микроальтернаций, который используется при проведении нагрузочного тестирования, используются также принципы временного анализа, чаще используемые при холтеровском мониторинге. Значения TWA выражаются в микровольтах и рассчитываются по максимальной разнице значений амплитуды зубцов T четных и нечетных сокращений (beat-to-beat).

Вследствие указанных выше недостатков методы этой группы, несмотря на высокую чувствительность к электрической нестабильности миокарда, мало приемлемы для скрининговых процедур раннего выявления доклинических изменений миокарда. Эти методы в настоящее время используются преимущественно для формирования индивидуального прогноза фибрилляции желудочков при наличии патологии сердца

В микровольтных альтернациях (MTWA) полностью утрачивается информация об амплитудных особенностях исходных волн ЭКГ, т.е. микровольтные альтернации имеют вид случайного низкоамплитудного процесса, который уже не содержит исходных морфологических признаков зубцов ЭКГ в анализируемом отведении. Микроальтернации регистрируются, как микроколебания ЭКГ-сигнала в последовательных сокращениях сердца. Амплитуды микроальтернаций могут быть на два порядка меньше амплитуд зубцов стандартной ЭКГ. Так, при анализе T-зубцов средние амплитуды микроальтернаций составляют ~2...15 мкВ, в то время как исходные амплитуды T-волн составляют 0,3...0,7 мВ, т.е. 300...700 мкВ.

Другие способы регистрации микроальтернаций ЭКГ основаны на анализе вторичных расчетных признаков, получаемых из исходной ЭКГ. Центральной идеей этих способов является то, что некоторые расчетные характеристики микроальтернаций ЭКГ имеют существенно лучшее отношение сигнал/шум, чем спектральные характеристики описанного выше способа анализа [3,4,5]. Так, например, в методе «Дисперсионного картирования ЭКГ» (ДК ЭКГ) используется математическая модель расчета электрических напряжений между близко расположенными поверхностными точками на основе модельного учета электромагнитного излучения миокарда [6,7].

Метод ДК ЭКГ основан на компьютерном формировании карты электрических микроальтернаций ЭКГ-сигнала, отнесенных к определенным камерам сердца (два предсердия, два желудочка). Эта карта получается в результате расчета электрических напряжений между близко расположенными поверхностными точками с использованием в процессе этих расчетов оригинальной модели биоэлектрического генератора сердца, учитывающей электромагнитное излучение миокарда (прибор «Кардиовизор» в РФ и его аналог HeartVue™ 6S в США). Принципиальная особенность метода ДК ЭКГ заключается в том, что анализу подвергаются микроальтернации не только зубца T, но и микроальтернации зубца R. Этого удалось достичь на основе использования новой модели биоэлектрического генератора сердца. Основу

изменений низкоамплитудных колебаний ЭКГ-сигнала составляют нарушения ионно-транспортной функции, структуры клеточных мембран и митохондриального энергообразования, нарушения микроциркуляции и ряд других факторов. Характер и степень изменения микроальтернаций является новой диагностической областью признаков, отражающих «запас» электрофизиологических компенсаторных возможностей сердца.

Метод ДК в настоящее время широко применяется при скрининге, т.к. только этот метод при среднем времени измерительной процедуры 3...5 минут обеспечивает чувствительность к ранним признакам патологических отклонений на уровне 90...95%. Это позволяет развивать доклиническую диагностику, направленную на исследование состояний, пограничных между нормой и патологией, а также использовать его при мониторинге любых клинических ситуаций, требующих простого и достоверного динамического наблюдения за состоянием миокарда. Кроме того, все чаще применяется мониторный вариант анализа показателей ДК.

Использование топической диагностики в настоящем режиме регистрации только отведений от конечностей (без грудных отведений), как нам представляется, нельзя считать методически оправданным решением ввиду необходимости доработки и программного обеспечения. «Портрет сердца» формируется в двух видах: со стороны правого предсердия и правого желудочка (на рисунках слева), и со стороны левого предсердия и левого желудочка (на рисунках справа). Эти два вида не соответствуют анатомическому положению сердца в грудной клетке. Угол наблюдения в компьютерной модели выбран таким образом, чтобы обеспечить наилучшее цветовое и пространственное разделение дисперсионных индикаторов. «Портрет сердца» в области желудочков отражает интегральную картину дисперсионных изменений, рассчитанную как для деполяризации, так и реполяризации миокарда. Дисперсионные изменения на «портрете сердца» в области предсердий соответствуют только фазе деполяризации, на которой цветовой кодировкой выделяют зоны патологических и нормальных дисперсий ЭКГ сигнала

Некоторые методические особенности, которые надо учитывать при работе с методом дисперсионного картирования.

Перед работой с прибором необходимо ознакомление с имеющейся методической литературой и понимание ее основных положений. Основной диагностической составляющей метода ДК, на данном этапе его применения, является интегральный индекс микроальтернаций «МИОКАРД» и установленные диапазоны значений «норма» (до 15%), «возможна патология» (от 15 до 21%) и «патология» (свыше 22%) в существующем скрининговом варианте его использования. Привлечение к оценке результатов приводимым в заключении характеристикам показателей G1-G9 должно носить вспомогательный характер и служить подсказкой и ориентиром поиска области возможных нарушений (предсердия, де- или реполяризация желудочков) с помощью других методов. Причем структура изменений G1-G9 позволяет выдвигать клинические гипотезы интерпретации выявленных изменений для последующего проведения полного

диагностического обследования. Кроме того, важен учет пола, возраста, уровня физической активности, возможной сопутствующей соматической патологии.

Метод чувствителен, но неспецифичен в отношении факторов воздействия на миокард и причин нарушений микроальтернативных характеристик. Показатели ДК служат отражением, в первую очередь, метаболических нарушений вследствие изменений коронарной микроциркуляции, микрососудистой резистентности и коллатерального кровообращения; в меньшей степени - тяжести окклюзии эпикардальных артерий и гетерогенности регионарной перфузии, компенсаторных механизмов миокардиального кровотока и их истощения, которые приводят к изменениям электрофизиологических характеристик миокарда. Кроме того, важно учитывать, что показатели ДК имеют волнообразную динамику при мониторинговании как у здоровых лиц, так и при наличии патологии миокарда. Необходимо учитывать возможность влияния проводимой терапии

По сравнению со стандартной ЭКГ показатели ДК не всегда имеет сходные по направленности, синхронные по времени возникновения и степени выраженности изменений вследствие различий природы оцениваемых процессов и используемых технологий.

Целесообразно использование функциональных проб и учитывать частотно-зависимые изменения показателей ДК. Анализ показателей ДК в ходе пробы может быть полезным инструментом, увеличивающим информативность пробы. Индекс микроальтернатив может "парадоксально" снижаться при значительных нагрузках или нарушениях коронарной перфузии, часто обозначая неблагоприятную клиническую ситуацию.

Возможными причинами неодинаково направленных (ложно-положительных и/или ложно-отрицательных) изменений абсолютных значений показателей ДК в при проведении различных исследований являются: одновременное наличие в миокарде участков с разными ишемическими, метаболическими и электрофизиологическими характеристиками, а также типами дисфункции; существующее многообразие проявлений и функционирования коллатерального кровообращения и микроциркуляции; наличие индивидуальных колебаний показателей дисперсионного картирования с разными временными интервалами в диапазоне до 3-7% в динамике мониторингования на протяжении 15-20 минут.

Эти факторы, присутствующие в разных соотношениях, могут определять как различные варианты исходных данных, так и динамику показателей ДК

Важно иметь в виду, что в настоящее время выявлены периодические медленноволновые колебания значений индекса микроальтернатив (ИММ) с длиной волны от 2-5 до 6-15 минут. Возможно, что выявленные медленные волновые процессы являются отражением баланса между коронарным кровообращением и метаболическими потребностями миокарда. Соответственно, их уровень, по данным показателей ДК (гиперэнергетические состояния и энергетический дефицит), может указывать на степень мобилизации адаптивных процессов в миокарде и их истощение. Весьма вероятно, что характер медленных колебаний показателей ДК ассоциируется и с типом поражения коронарных артерий (диффузный тип отличается от единичного сегментарного стеноза),

наличием рубцовых изменений, гипертрофией, дилатацией, развитием сердечной недостаточности и др. Взаимодействие управляющих механизмов влияет на уровень функционирования физиологических систем изменяя интенсивность энергетических и метаболических процессов.

В проведенных ранее работах показано, что метод дисперсионного картирования достаточно часто показывает наличие превышения “средних нормальных значений” показателя “Миокард”¹ у практически здоровых лиц в удовлетворительном состоянии (в том числе при функциональных пробах), но в ряде случаев, в условиях медикаментозной терапии, дает близкие к нормальным значениям результаты даже при наличии острого Q-типа ИМ. Возможно, что речь в первом случае может идти о диагностике “до ишемических изменений” (в терминах стандартной ЭКГ), отражении начальных изменений таких электрофизиологических характеристик как “функционирование мембран и межклеточных соединений, скорости проведения, сложных и разнообразных нарушениях перфузии и метаболизма” и др. а во-втором – об отсутствии амплитудно-временных осцилляций в зоне трансмурального поражения и некроза большой области поражения, нивелировке при переднее-заднем поражении, а также поливалентной интенсивной терапии.

Основной реакцией показателя ИММ, например, в ходе коронарной ангиопластики, является повышение его значений (+) (в 75-80% случаев). Однако, в ряде случаев, возможно и его снижение (-), несовпадение ни по времени изменений микроальтернаций, ни по степени выраженности с факторами, индуцирующими изменения ИММ [5]. Направленность и выраженность изменений определяются исходным состоянием миокарда и начальными параметрами микроальтернаций, а также сохранностью компенсаторных механизмов коронарного кровотока.

Характер и степень изменения микроальтернаций является новой диагностической областью признаков ЭКГ-диагностики, отражающих электрофизиологический статус и «запас» компенсаторных ресурсов миокарда. Мониторинг микроальтернационных характеристик дисперсионного картирования не имеет аналогов, так как ни один из известных методов этот ресурс не измеряет

Использование метода ДК при проведении тредмил-теста и других нагрузочных проб, просто в исполнении и дает значительную дополнительную диагностическую информацию, допускающую электрофизиологическую трактовку о состоянии электрофизиологического статуса миокарда, и способствовать правильному отбору для последующего более специализированного обследования и лечения. может быть полезным инструментом, увеличивающим информативность пробы. Оценка показателей этих диагностических тестов может рассматриваться в качестве нового методологического подхода для раннего выявления указанных нарушений, разработки показаний для последующего динамического наблюдения и контроля эффективности терапии.

Конечно в перспективе предстоит глубже понять связь показателей ДК ЭКГ с электрофизиологической основой описанных выше изменений, их взаимосвязь со всем спектром нарушений перфузии миокарда (спящий, оглушенный миокард и прекондиционирование), возможной гетерогенностью регионарной перфузии миокарда и метаболического баланса, а также показателями оксидативного стресса. Различные варианты ишемизированного миокарда, в том числе гибернированный миокард, в настоящее время рассматриваются как потенциально аритмогенный субстрат из-за изменения целого ряда электрофизиологических свойств. Поэтому мы должны улучшить понимание причин и диапазона микрофлуктуационных показателей ДК и их медленноволновых колебаний.

Литература

1. Antonis A. Armoundas, Gordon F. Tomaselli and Hans D. Esperer Pathophysiological basis and clinical application of T-wave alternans // Journal of the American College of Cardioogy.- 2002; 40; p. 207-217.
2. Srivathsan Krishnamachari, AUTOMATED INTERPRETATION OF T-WAVE ALTERNANS RESULTS, Patent US 2001/0029338 A1,2001.
3. Joel Q. Xue, METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING ALTERNANS DATA OF AN ECG SIGNAL, Patent US 2006/0173372 A1,2006.
4. Sula A. et al., DIAGNOSTIC METHOD UTILIZING STANDARD LEAD ECG SIGNALS, Patent US 7,519,416 B2, 2009
5. Сула А.С. и др., Комплекс для экспресс диагностики сердца, Патент РФ № 55266, 2006.
6. Сула А.С., Рябыкина Г.В., Гришин В.Г. Метод дисперсионного картирования ЭКГ. Биофизические основы метода дисперсионного картирования. // Новые методы электрокардиографии / Под ред. С.В. Грачева, Г.Г. Иванова, А.Л. Сыркина.- М.: Техносфера, 2007.- С. 369-425.
7. Иванов Г.Г., А.С.Сула. Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика. – М.: Техносфера, 2009.- 192 с.