

СВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНУТРИСЕРДЕЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ У БОЛЬНЫХ С ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА В ХОДЕ ПРОБЫ С НИТРОГЛИЦЕРИНОМ

И.А. Чайковский, В.В. Батушкин, Л.С. Файнзильберг, А.В. Гема

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем
НАНУ и МОНУ, г. Киев

Городская клиническая больница № 5, г. Киев.

Электрокардиография – наиболее распространенный диагностический метод в кардиологии. Однако информативность обычного электрокардиографического исследования весьма ограничена.

В последние десятилетия на основе современных компьютерных технологий разрабатываются новые методы анализа электрокардиограммы (ЭКГ). Среди новых методов анализа ЭКГ, которые все шире используют в научных исследованиях и в повседневной клинической практике, одним из наиболее перспективных является анализ ЭКГ в фазовых координатах [9, 14]. Этот метод на протяжении последних лет разрабатывается в Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем НАН и МОН Украины (МНУЦ ИТИС) [2]. Предложенный метод позволяет одновременно анализировать как амплитудные, так и скоростные параметры отдельных элементов кардиосигнала, что дает возможность с высокой точностью оценивать структуру ЭКГ.

Особенно эффективно использование этого метода при анализе периода реполяризации желудочков (интервала ST-T). В наших предыдущих работах показано, что параметр, характеризующий симметрию зубца Т в фазовом пространстве, коррелирует с динамикой протекания острого коронарного синдрома. Уменьшение симметрии волны Т может служить маркером успешного лечения [6].

Нами исследована также связь динамики показателей ЭКГ в фазовом пространстве с показателями variability ритма сердца, то есть состоянием вегетативной нервной системы. Изучены особенности изменений ЭКГ в фазовом пространстве в процессе развития контролируемой ишемии миокарда в эксперименте на целостном организме [7].

Однако вопрос о связи параметров ЭКГ в фазовом пространстве и показателей механической деятельности сердца до сих пор оставался не исследованным. Особенно важно исследование такой связи у больных с острым трансмуральным инфарктом миокарда, у которых происходят процессы как механического, так и электрического ремоделирования миокарда.

Цель работы – изучение связи основных показателей внутрисердечной гемодинамики и симметрии волны Т на электрокардиограмме в фазовом пространстве у больных с острым инфарктом миокарда.

Материал и методы

В отделении кардиореанимации Городской клинической больницы № 5 г. Киева обследовано 29 больных (26 мужчин, 3 женщины) на 10–12-е сутки от начала острого инфаркта миокарда с зубцом Q. Возраст обследованных – в среднем (50,7±8,9) года.

Инфаркт миокарда диагностировали в соответствии с общепринятыми критериями [8]. В обследование не включали больных с депрессией или элевацией сегмента ST, полной блокадой ножек пучка Гиса, а также пациентов с такими нарушениями ритма сердца, как

желудочковая тахикардия, желудочковая экстрасистолия высоких градаций, узловой и идиовентрикулярный ритмы, мерцательная аритмия.

Обследование больных проводили в одно и то же время суток натошак в положении лежа. Всем пациентам одновременно выполняли эхокардиографическое исследование и регистрацию ЭКГ в фазовом пространстве с определением индекса симметрии зубца Т в исходном состоянии, а также через 2 и 5 мин после приема под язык одной таблетки нитроглицерина. Такие моменты (периоды) времени были выбраны в связи с фармакокинетическим профилем нитроглицерина, который при сублингвальном приеме достигает пика концентрации именно на 2–5-й минутах [1]. Оценку параметров внутрисердечной гемодинамики проводили с использованием эхокардиографа Sonosite-2 (Simens, Германия) в D- и M-режимах в четырехкамерной позиции. На основании данных эхокардиограммы рассчитывали конечнодиастолический (КДР) и конечносистолический (КСР) размеры и фракцию выброса (ФВ).

ЭКГ регистрировали и обрабатывали с помощью программно-технического комплекса "Фазаграф", разработанного МНУЦ ИТИС совместно с АОЗТ "Сольвейг" в рамках Государственной научно-технической программы "Образный компьютер". Комплекс включает микропроцессорный сенсор, который позволяет регистрировать ЭКГ в первом стандартном отведении с помощью внешнего электрокардиографического кабеля или при прикосновении двух пальцев к миниатюрным электродам, а также компьютерную программу анализа и интерпретации сигнала.

Суть технологии обработки ЭКГ в фазовом пространстве координат заключается в том, что в каждой точке исходного временного сигнала $x(t)$ численными методами оценивается его первая производная dx/dt и вся последующая обработка осуществляется на фазовой плоскости в координатах $x(t)-dx/dt$. Такая обработка предусматривает разделение фазовой траектории на отдельные сердечные циклы, селекцию траекторий с одинаковой морфологией, усреднение траекторий в фазовом пространстве с последующей оценкой "эталонного" цикла во временной области по усредненной фазовой траектории.

Как показано в исследовании [12], такой метод оценки эталонного цикла является более эффективным, чем традиционный, поскольку существенно уменьшаются искажения диагностических признаков, сосредоточенных на локальных фрагментах ЭКГ. Кроме того, переход в фазовое пространство позволил реализовать эффективные вычислительные процедуры для оценки дополнительных диагностических признаков ЭКГ в фазовом пространстве. В первую очередь, это касается интервала ST-T электрокардиограммы.

В качестве основного диагностического признака электрокардиограммы выбран показатель bT, характеризующий симметрию волны Т в фазовом пространстве.

Также оценивали частоту сокращений сердца (ЧСС) и вариабельность ритма сердца (среднеквадратическое отклонение – СКО RR).

Проводили исследование зависимости (рассчитывался коэффициент линейной корреляции) между параметром bT ЭКГ в фазовом пространстве и показателями эхокардиограммы (КСР, КДР, ФВ) а также между bT и показателями ритма сердца (ЧСС, СКО RR).

Результаты и их обсуждение

Согласно полученным данным, у 24 (83 %) больных через 2 мин после приема нитроглицерина наблюдали уменьшение КДР и КСР по сравнению с исходным состоянием (соответственно на 11 и 8 %), а через 5 мин после приема нитроглицерина показатели КДР и КСР увеличились и стали большими, чем таковые в исходном состоянии (соответственно на 5 и 6 %).

Величина ФВ через 2 мин после приема нитроглицерина практически не изменилась, через 5 мин этот показатель незначительно уменьшился. У 26 (89 %) больных через 2 мин после приема нитроглицерина показатель уменьшился на 18 %, а через 5 мин увеличился на 8 % по сравнению с таковым в исходном состоянии.

ЧСС через 2 мин после приема нитроглицерина увеличилась на 10 %, а через 5 мин была лишь на 4 % выше исходных значений. СКО RR через 2 мин был на 11 % ниже, чем в исходном состоянии, а через 5 мин – на 7 % выше.

Существенных изменений других амплитудно-временных параметров ЭКГ, прежде всего, смещения сегмента ST, в ходе пробы с нитроглицерином не выявлено.

Установлена тесная корреляционная связь между показателем bT и величинами КСР и КДР. Корреляционная связь bT с ФВ была менее тесной, но статистически достоверной. В то же время связь bT с ЧСС и СКО RR была слабой и статистически недостоверной.

Следует отметить, что у 3 (10,3 %) больных, у которых не наблюдали реакции bT на прием нитроглицерина, госпитальный период инфаркта осложнялся эпизодами острой недостаточности левого желудочка.

В последние годы электрокардиографические методы исследования интенсивно развиваются. При этом внимание исследователей привлекает, прежде всего, реполяризация желудочков (волна T на ЭКГ). Концепция генезиса волны T существенно уточнена [16]. Признано, что она отражает степень неоднородности реполяризации желудочков [17].

В последнее время появилось несколько новых маркеров, оценивающих форму волны T, как относительно сложных, базирующихся, например, на так называемом методе анализа главных компонент, так и довольно простых. Среди простых методов необходимо выделить метод оценки симметричности волны T. Этот подход можно использовать и при анализе одноканальной ЭКГ.

Клиническую значимость симметрии волны T в диагностике ишемии миокарда, насколько нам известно, впервые продемонстрировали Э.Ш. Халфен и соавторы в 1980-е годы [3]. Они показали, что у больных с ишемической болезнью сердца происходит симметризация волны T на ЭКГ. Подобные результаты получили А. Sasaki и соавторы [15] у больных с бессимптомной ишемией.

Электрофизиологическая основа симметризации волны T при патологии интенсивно исследуется в экспериментальной кардиологии. Как известно, форма волны T на ЭКГ зависит от формы, длительности и величины трансмембранных потенциалов действия в различных зонах миокарда. D. Di Bernardo и A. Murray [11], рассмотрев модель левого желудочка, убедительно показали, что при увеличении региональной дисперсии длительности фазы 2 потенциала действия увеличивается симметрия волны T.

В работе M.V. Zabel и соавторов [18] в эксперименте на изолированном сердце показано, что уширение волны T имеет высокую степень корреляции с увеличением региональной дисперсии длительности монофазного потенциала действия. В то же время G. Yan и соавторы [16] отмечают, что увеличение трансмурального градиента величины потенциала действия также приводит к появлению более симметричной волны T.

Таким образом, уменьшение симметрии волны T свидетельствует об уменьшении электрической неоднородности поврежденного миокарда, вероятно, как региональной, так и трансмуральной.

Нами изучался вопрос о влиянии изменений механической функции сердца, то есть сократимости и напряжения миокарда, на симметрию волны T. Выявлено, что у большинства (81 %) больных с острым инфарктом миокарда с зубцом Q (на 10–12-е сутки от начала инфаркта) наблюдали уменьшение симметрии волны T через 2 мин после приема под язык одной таблетки нитроглицерина.

Эхокардиографическое исследование, проведенное в ходе пробы с нитроглицерином, позволило оценить механическую реализацию этого электрофизиологического феномена. Наличие сильной корреляционной связи между изменениями показателей КСР и КДР, с одной стороны, и уменьшением симметрии волны T в фазовом пространстве (bT), с другой, свидетельствует о тесном сопряжении электрических и механических процессов в миокарде желудочков.

Следует отметить, что положительное действие нитроглицерина регистрировалось лишь короткое время, в течение нескольких минут. Уже через 5 мин после приема одной таблетки нитроглицерина наблюдали увеличение как показателей КСР и КДР, так и bT, как правило, до величин больше исходных, то есть имел место своеобразный синдром рикошета.

Механизм лечебного действия нитроглицерина – одного из старейших средств для лечения острых эпизодов при ишемической болезни сердца, остается, как это ни парадоксально, до конца не изученным. В течение десятилетий наиболее важным действием нитроглицерина считали способность вызывать релаксацию гладкой мускулатуры сосудов, особенно венозной сети, приводящую к уменьшению притока крови к сердцу, снижению давления в правом предсердии, в системе легочной артерии, а также давления в левом желудочке, вызывая, тем самым, снижение конечного диастолического давления, улучшая сократимость гипокинетических зон и способствуя их значительному уменьшению [13]. Расширяя венечные артерии, нитроглицерин нормализует кровоснабжение и приводит к восстановлению сократительной деятельности левого желудочка и давления в нем.

Однако в последние годы появились данные, что этим не исчерпывается терапевтическое действие нитроглицерина. Значительное место среди механизмов терапевтического эффекта нитроглицерина занимает ограничение адренергической стимуляции сердца и, следовательно, потребности сердца в энергии [4]. Результатом такого комплексного влияния нитроглицерина на кровоснабжение, метаболизм и функцию миокарда стало как улучшение сократимости миокарда, так и уменьшение симметрии волны Т на ЭКГ.

В нашем исследовании не выявлено взаимосвязи между изменениями величин bT, КСР, КДР и показателями ритма сердца – ЧСС и СКО RR (интегральным показателем вариабельности ритма сердца). Эти данные коррелируют с результатами наших более ранних исследований [5], в которых также показано что изменения bT и СКО RR не зависят друг от друга, причем динамика bT является лучшим предиктором исхода лечения острого коронарного синдрома, чем динамика СКО RR.

По-видимому, изменение симметрии волны Т за короткий промежуток времени является более точной детерминантой потребления миокардом энергии, чем изменения ЧСС и СКО RR, во всяком случае при анализе коротких временных рядов.

Особенного внимания заслуживает тот факт, что через 5 мин после приема нитроглицерина показатели bT, КСО и КДО достигли величин, которые превосходили таковые в исходном состоянии, то есть имел место феномен рикошета или отрицательного последействия, который в последние годы интенсивно изучается [10].

Следует заметить, что феномен рикошета был нами зарегистрирован уже на 5-й минуте после сублингвального приема нитроглицерина, когда концентрация препарата в крови должна еще оставаться высокой. Возможно, это связано с особенностями фармакодинамики препарата в исследуемой группе: больные принимали нитропрепараты в течение 10–12 сут, предшествующих обследованию, то есть могло возникнуть привыкание к препаратам этой группы.

В ходе исследования нами не зафиксированы существенные изменения смещения сегмента ST относительно изолинии. Это еще раз подтверждает полученные в предыдущих работах [6, 7] данные о том, что параметр bT является более чувствительным, чем смещение сегмента ST.

Отметим, что наша работа имеет ряд ограничений. Во-первых, количество больных должно быть увеличено. Во-вторых, в последующих работах планируется исследовать связь показателей внутрисердечной гемодинамики и параметров ЭКГ в фазовом пространстве и в других группах, прежде всего у больных с хронической ишемической болезнью сердца, а также у здоровых добровольцев. В-третьих, мы планируем расширить данное исследование за счет анализа показателей сегментарной сократимости и диастолической функции сердца.

Выводы

Показатель симметрии волны Т в фазовом пространстве (bT) у больных с острым трансмуральным инфарктом миокарда уменьшается через 2 мин после приема под язык одной таблетки нитроглицерина и вновь увеличивается через 5 мин после приема нитроглицерина.

Обнаружена тесная корреляционная связь между изменениями показателя bT и величинами конечнодиастолического и конечносистолического размеров левого желудочка во время проведения пробы с нитроглицерином.

Литература

1. Волков В.И. Современные подходы к назначению органических нитратов у больных ишемической болезнью сердца (методические указания). – Харьков: Институт терапии АМН Украины, 2001. – 27 с.
2. Файнзильберг Л.С. Компьютерный анализ и интерпретация электрокардиограмм в фазовом пространстве // Системные исследования и информационные технологии. – 2004. – № 1. – С. 34-46.
3. Халфен Э.Ш., Сулковская Л.С. Клиническое значение исследования скоростных показателей зубца T ЭКГ // Кардиология. – 1986. – № 6. – С. 60-62.
4. Хомазюк А.И., Нещерет А.П., Гончар И.В. Влияние нитроглицерина на кровоснабжение, метаболизм и функцию миокарда // Укр. кардіол. журн. – 2002. – № 6. – С. 32-37.
5. Чайковський І.А., Батушкін В.В., Файнзильберг Л.С. та ін. Короткотривалий прогноз перебігу гострого коронарного синдрому (за даними аналізу одноканальної ЕКГ у фазовому просторі та варіабельності ритму серця) // Лікар. справа. – 2008. – № 1-2. – С. 72-79.
6. Чайковський І.А., Батушкин В. В., Файнзильберг Л. С и др. Эффективность оценки течения острого коронарного синдрома по данным анализа первого отведения ЭКГ на фазовой плоскости // Журн. Акад. мед. наук. – 2007. – Т. 13. – № 1. – С. 104-113.
7. Чайковський І.А., Нещерет О.П., Файнзильберг Л.С та ін. Дослідження ішемії міокарда за допомогою нового методу обробки електрокардіограми // Фізіол. журн. – 2008. – № 6. – С. 42-49.
8. ACC/AHA Guidelines for the management of patient with ST elevation myocardial infarction. Executive summary // J. Amer. Coll. Cardiology. – 2004. – Vol. 44. – P. 671-719.
9. Al-Fahoum A.S., Qasaimeh A.M. ECG arrhythmia classification using phase space approach // Computers in Cardiology. – 2006. – Vol. 33. – P. 757-760.
10. Bert D., Lam J. Nitroglycerin rebound associated with vascular, rather than platelet hypersensitivity // Eur. Heart J. – 2000. – Vol. 36. – P. 2311-2316.
11. Di Bernardo D., Murray A. Computer model for study of cardiac repolarization // J. Cardiovasc. Electrophysiology. – 2000. – Vol. 11. – P. 895-899.
12. Fainzilberg L.S. Nowa metoda interpretacji zapisu EKG w balaniach skринingowych oraz w opiece domowej // Zdrowie publiczne. – 2005. – Vol. 115. – № 4. – P. 458-464.
13. Rabkin I., Tkachenko V.M., Abugov V.M. Nitroglycerin test in evaluating left ventricular contractile function in ischemic heart disease // Kardiologіia. – 1980. – Aug 20 (8). – P. 72-75.
14. Rocha T., Paredes S., de Carvalho P. et al. Phase space reconstruction approach for ventricular arrhythmias characterization // IEEE Eng. Med. Biol. Soc. – 2008. – P. 5470-5473.
15. Sasaki A., Arai T., Shigeta H. Detection of silent myocardial ischemia patients by the spatial velocity electrocardiogram // Amer. J. Cardiology. – 1999. – Vol. 84. – P. 1081-1083.
16. Yan G., Lankipalli R., Burke J. et al. Ventricular repolarisation component of electrocardiogram: cellular basis and clinical significance // JACC. – 2003. – Vol. 42. – P. 401-409.

17. Yan G., Martin J. Electrocardiographic T-wave: a symbol of transmural dispersion of repolarisation in the ventricles // *J. Cardiovasc. Electrophysiology*. – 2003. – Vol. 14. – P. 639-640.
18. Zabel M., Portnoy S., Franz M. Electrocardiographic indexes of dispersion of ventricular repolarisation: An isolated Heart Validation Study // *JACC*. – 1995. – Vol. 25. – P. 746-752.