

Диагностические возможности электрокардиографии систолической сердечной недостаточности

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Сократимость миокарда определяется силой и скоростью сокращения желудочков. Ее можно оценить по величине интервала Q–T электрокардиограммы, который представляет собой электрическую систолу желудочков. Установить изменение систолы желудочков можно по отклонению фактического интервала Q–T от скорректированного. Удлинение систолы желудочков указывает на нарушение сократимости миокарда, приводящее к развитию систолической сердечной недостаточности. При сравнении данного показателя с результатами эхокардиографии, отражающими сократимость левого желудочка, была установлена их прямая зависимость. Чем больше степень нарушения сократимости миокарда желудочков, тем выше процент отклонения фактического интервала Q–T от скорректированного. Максимальные цифры (до 40%) зафиксированы у больных с глобальным нарушением сократимости. Этот показатель можно использовать для выявления как острой, так и хронической систолической сердечной недостаточности. Установлено, что у всех больных сердечной недостаточностью имело место увеличение интервала Q–T. Величина его зависела от степени выраженности сердечной недостаточности (функционального класса). Нарастание процента отклонения фактической величины от контрольной происходило у больных сердечной недостаточностью от I функционального класса к IV. Только у 1/5 больных сердечной недостаточностью I функционального класса фактическая величина не отличалась от контрольной, но при физической нагрузке она достоверно увеличилась, что указывает на наличие у них скрытой систолической сердечной недостаточности. Она также выявлена у больных сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса, развитие которой связывают с диастолической дисфункцией. Электрокардиография может быть использована как методика диагностики систолической сердечной недостаточности, которая обладает высокой информативностью и специфичностью.

Ключевые слова: сократимость миокарда, систолическая сердечная недостаточность, электрокардиограмма, интервал Q–T, сердечная недостаточность, фракция выброса, систола, диастола, сердце.

Введение. Электрокардиографические методики исследования сердца широко используются в повседневной практике и позволяют выявить целый ряд его заболеваний. Однако в обычном исполнении электрокардиограмма (ЭКГ) не дает прямого ответа на вопрос, есть ли у пациента нарушение сократимости миокарда. По ЭКГ можно лишь косвенно судить о ее нарушении по характерным признакам сердечной недостаточности, которые чаще всего встречаются у больных при той или иной патологии. К ориентировочным признакам систолической дисфункции можно отнести следующие: полную блокаду правой или левой ножки пучка Гиса, депрессию или повышение сегмента S–T, патологический зубец Q, мерцательную аритмию и другие нарушения.

Безусловно, данные ЭКГ-признаки позволяют определить не только вид и характер поражения мышцы сердца, но и некоторые проявления сократимости желудочков. К сожалению, по ним невозможно оценить степень выраженности систолической дисфункции желудочков. И все-таки ЭКГ обладает определенным потенциалом для установления нарушений сократительной способности миокарда [9, 14].

Сокращение мышцы сердца определяется одновременно образованием взаимосвязей белков актина и миозина, силой, возникающей при этих

взаимодействиях, временем связывания данных белков и их диссоциацией, то есть скоростью сокращения желудочков. Чем больше связей актина с миозином возникает одновременно, тем больше сила сокращения сердечной мышцы [3, 5]. Неодновременное образование этих связей уменьшает силу сокращения и увеличивает продолжительность систолы желудочков. Удлинение контрактильного процесса указывает на нарушение сократительной способности миокарда.

Измерить силу сокращения миокарда неинвазивными методами не представляется возможным, зато определить скорость сокращения желудочков вполне реальная задача. Ее можно измерить по продолжительности интервала Q–T ЭКГ, который отражает электрическую систолу желудочков [12]. Удлинение систолы желудочков относительно кардиоцикла свидетельствует о нарушении сократимости сердечной мышцы [7].

Однако величина интервала Q–T весьма вариабельная. Она в значительной степени зависит от частоты сердечных сокращений (ЧСС) и половых особенностей пациентов. Поэтому использовать её для оценки сократимости сердечной мышцы в целом выраженности практически невозможно. В то же время удлинение систолы желудочков можно

установить по отклонению фактической систолы желудочков от должной (стандартной) [11].

К стандартным показателям можно отнести отношение продолжительности систолы желудочков ко времени кардиоцикла при оптимальной работе сердца (у женщин при ЧСС 55 уд/мин, у мужчин – 65 уд/мин). Системный подход к изучению работы сердца показал, что при данных параметрах ЧСС это отношение равняется меньшему числу золотой пропорции (0,382) у мужчин и женщин. Отклонение отношений систолы к кардиоциклу пациентов, приведенных к оптимальной деятельности сердца по предложенной нами формуле [15], от золотой пропорции (ЗП) представляет собой величину удлинения систолы желудочков.

В дальнейшем удалось установить, что этот же показатель можно получить, сопоставляя фактический интервал Q–T с скорректированным по формуле Базетта [13] или фактический коэффициент К со стандартным К, используемым в той же формуле (длительность систолы желудочков при ЧСС 60 уд/мин для женщин составляет 0,40 с, для мужчин – 0,37 с) [11, 12]. Отклонения фактических данных от должных предпочтительнее выражать в процентах, так как целочисленные выражения их представлены малыми числами.

Действительно ли эти показатели отражают одно явление – изменение продолжительности систолы – или нет? Для доказательства этого положения были сопоставлены данные показатели у 132 больных хроническими заболеваниями сердца. Более чем у половины больных они совпадали, у других разница составляла от 0,2 до 1%, что укладывается в математические погрешности. Средние величины отклонения отношения систолы к кардиоциклу от ЗП, фактического коэффициента К от стандартного равнялись 17%, а отклонение продолжительности фактической систолы от должной – 16,8%. У здоровых людей эти показатели не отклонялись более чем на $\pm 4\%$.

Отсюда следует, что представленные показатели в равной степени отражают один и тот же процесс – увеличение продолжительности систолы желудочков, которое указывает на нарушение сократимости миокарда. Для его определения можно использовать любой из этих показателей.

Возникла необходимость доказать, что удлинение систолы желудочков, определяемое по одной из этих методик, в частности по отклонению фактического интервала Q–T от скорректированного, отражает нарушение сократимости миокарда. С этой целью был исследован данный показатель у 68 больных острым инфарктом миокарда (ИМ) и 46 больных постинфарктным кардиосклерозом (ПИКС).

Оценку сократимости миокарда производили визуально с помощью эхокардиографии (ЭхоКГ), которая проводилась всем больным. Она позволяет установить как локальные изменения сократимости миокарда (гипокинезию, акинезию, дискинезию отдельных сегментов левого желудочка), так и глобальное нарушение сократимости.

Были сопоставлены величины продолжительности систолы желудочков по интервалу Q–T ЭКГ и степени нарушения сократимости левого желудочка по ЭхоКГ. Результаты этих исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость продолжительности интервала Q–T от нарушения сократимости миокарда

Процент отклонения Q–T	Сократимость миокарда			
	не нарушена	локальная гипокинезия	локальная акинезия	глобальное нарушение
У больных ИМ	11,5 \pm 0,8*	14,8 \pm 1,1*	26,5 \pm 1,4*	41,2 \pm 2,4*
У больных ПИКС	12,6 \pm 1,4*	16,5 \pm 1,9*	28,2 \pm 2,3*	38,6 \pm 2,1*
У здоровых	0,8 \pm 0,3	–	–	–

Примечание: * – различие процента отклонения Q–T ЭКГ больных от здоровых, $p \leq 0,05$.

Из таблицы 1 следует, что у больных ИМ, у которых отсутствовали нарушения сократимости миокарда, выявляемые ЭхоКГ, все же имело место достоверное удлинение интервала Q–T по сравнению с скорректированным. Более выраженное отклонение данного показателя от контрольных величин зафиксировано у больных ИМ с гипокинезией сегментов стенки левого желудочка. Он достоверно увеличивался у больных с появлением зон акинезии левого желудочка. Наибольшие отклонения фактического от скорректированного интервала Q–T наблюдалось у больных ИМ с глобальным нарушением сократимости сердца. Интервал Q–T у них вырос по сравнению с контролем в среднем на 41,2%.

Такая же закономерность прослеживалась и у больных ПИКС. У части больных при отсутствии нарушений сократимости миокарда левого желудочка имело место удлинение интервала Q–T. Эта величина нарастала у больных с гипокинезией отдельных зон левого желудочка, особенно у пациентов с локальной акинезией. Максимальное удлинение интервала Q–T установлено у больных аневризмой сердца с глобальным нарушением сократимости миокарда.

Таким образом, выявлена прямая зависимость между процентом отклонения интервала Q–T от скорректированного и степенью выраженности нарушений сократимости миокарда. Удлинение систолы желудочков является показателем нарушения сократимости сердечной мышцы. Чем больше нарушена сократимость сердечной мышцы, тем длиннее становится систола желудочков. Это просматривается не только у больных ИМ, но и у больных ПИКС.

Отсутствие эхокардиографических признаков нарушения сократимости миокарда у части больных непроникающим ИМ и ПИКС еще не означает, что у них нет поражения мышечных структур сердца. Они всегда присутствуют при данной патологии. Удлинение интервала Q–T (увеличение продолжительности систолы желудочков) оказалось более чувствитель-

ным показателем нарушения сократимости миокарда у больных острыми и хроническими заболеваниями сердца, чем визуальная ЭхоКГ.

Убедившись в том, что в основе развития систолической сердечной недостаточности лежит нарушение сократимости миокарда, интересно было проследить, является ли оно причиной развития острой и хронической сердечной недостаточности (ХСН). В литературе на этот счет нет единого мнения. Имеются сведения о том, что у 20–30% больных ишемической болезнью сердца (ИБС), гипертонической болезнью (ГБ) возникновение ХСН обусловлено диастолической дисфункцией левого желудочка [1, 4, 19].

Появилась потребность изучить вопрос, возможно ли использовать показатель удлинения систолы желудочков для выявления нарушения сократимости миокарда и систолической СН.

Цель исследования. Изучить возможности электрокардиографии в диагностике систолической СН.

Материалы и методы. Обследовано 246 больных ИБС и ГБ со скрытыми и явными признаками ХСН. Возраст больных колебался от 41 до 72 лет. Мужчин было 137, женщин – 109. Все больные были разделены на 4 группы в зависимости от степени выраженности ХСН, т. е. её функционального класса (ФК). В качестве контроля служили 45 здоровых лиц, из них 24 мужчины и 21 женщина в возрасте от 19 до 32 лет.

Установлено, что у здоровых людей процент отклонения продолжительности фактической систолы от должной составлял $0,85 \pm 0,35\%$. Это означает, что отклонение фактического Q–T от скорректированного минимальное и укладывается в рамки математической погрешности.

Продолжительность систолы желудочков у больных ХСН была достоверно больше, чем у здоровых лиц, и зависела от степени её выраженности. Удлинение систолы желудочков у больных по выборке в среднем составило $22,8 \pm 1,5\%$ ($p \leq 0,01$), таблица 2.

Процент отклонения фактического интервала Q–T от скорректированного изменялся по мере нарастания степени тяжести ХСН. Наименьшее увеличение продолжительности систолы желудочков (на $9,9 \pm 1,2\%$) обнаружено у больных ХСН I ФК. У 1/5 больных этой группы длительность систолы не отличалась от контрольной величины. Однако проведенные функциональные физические нагрузки позволили выявить удлинение интервала Q–T, что говорит о наличии у них систолической СН или скрытой СН [10].

Увеличение ФК СН сопровождалось нарастанием процента отклонения фактического интервала Q–T

от стандартного. Максимальное удлинение систолы желудочков (до 40,3%) отмечено у больных ХСН IV ФК. Выявлена прямая зависимость между степенью выраженности СН и длительностью интервала Q–T ЭКГ.

Представленные данные позволяют утверждать, что процент отклонения продолжительности систолы от должных величин отражает нарушение сократимости миокарда и степень выраженности ХСН. Этот показатель можно использовать как для диагностики ХСН, так и степени её тяжести, т. е. ФК.

Из данного контекста можно сделать вывод, что в развитии острой и хронической СН принимает непосредственное участие нарушение сократимости миокарда, что проявляется систолической СН. Любая СН протекает с систолической дисфункцией желудочков. Удлинение интервала Q–T (сistolы) является достаточно информативным показателем систолической СН.

Наиболее популярным и широко используемым в практической медицине для выявления СН является фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ). Хотя давно показано, что ее нельзя относить к показателям сократительной функции миокарда, так как она не отражает ни силу, ни скорость сокращения сердечной мышцы [6].

ФВ ЛЖ представляет собой отношение двух объемов ЛЖ, указывающее на его структурные изменения и лишь косвенно на СН только при выраженных поражениях сердца. Несмотря на это, Европейским обществом кардиологов [18] предложена классификация ХСН по величине ФВ ЛЖ: СН с сохраненной ФВ (СН-сФВ), СН с промежуточной ФВ (СН-пФВ) и СН с низкой ФВ (СН-нФВ), принятая Обществом специалистов по сердечной недостаточности [8].

СН любой градации по ФВ в своем определении предполагает у больных нарушение сократимости миокарда. Однако ряд исследователей считает, что в развитии СН-сФВ основную роль играет диастолическая дисфункция [19, 23].

Для уточнения участия сократительной функции миокарда в развитии форм СН, выделенных по ФВ, была изучена продолжительность систолы желудочков у 113 больных СН. Удлинение систолы желудочков наблюдалось у всех больных. В группе больных с СН-сФВ длительность интервала Q–T была увеличена на $13,2 \pm 0,55\%$, возрастание этого показателя (до $16,9 \pm 2,1\%$) отмечено у больных с СН-пФВ. Более выраженное удлинение систолы желудочков на $27,6 \pm 1,65\%$ выявлено у больных СН-нФВ ($P \leq 0,05$).

Таким образом, у всех больных независимо от формы СН установлено нарушение сократительной функции миокарда. Наименьшие изменения сокра-

Таблица 2

Удлинение систолы желудочков у больных хронической сердечной недостаточностью

Показатель	Здоровые	Больные	ХСН I ФК	ХСН II ФК	ХСН III ФК	ХСН IV ФК
% откл. Q–T	$0,85 \pm 0,35$	$22,8 \pm 1,5^*$	$9,9 \pm 1,2^*$	$17,2 \pm 1,2^*$	$26,5 \pm 2,2^*$	$40,3 \pm 2,3^*$

Примечание * – $p \leq 0,01$.

тимости желудочков встречались у больных СН-сФВ, наибольшие – у больных СН-нФВ. Однако четкой зависимости между длительностью систолы желудочков и величиной ФВ ЛЖ установить не удалось, т. е. ФВ ЛЖ не отражает сократительную функцию желудочков.

Полученные результаты об удлинении систолы желудочков как показателе нарушения систолической функции миокарда не противоречат имеющимся в литературе данным [7, 8]. Они подтверждают факт о возможности использования скорости сокращения желудочков (длительности интервала Q–T) для оценки сократимости миокарда. Данная методика оказалась более чувствительной и информативной по сравнению с визуальной ЭхоКГ и ФВ ЛЖ.

Появившаяся в последнее время методика спекл-трекинг-эхокардиографии, основанная на изменении деформации миокарда, позволяет исследовать систолическую и диастолическую функции желудочков [2, 17, 21]. Для этого применяют продольную, циркулярную и радиальную методики. Систолическую недостаточность определяют с помощью методики продольной деформации миокарда, выражая её в процентах, и скорости деформации желудочков. Данные показатели позволяют оценить нарушения как глобального, так регионального сократительного движения миокарда [16]. Эта методика считается самой точной при оценке сократительной функции мышцы сердца [21]. Сопоставление полученных нами данных со сведениями, установленными с помощью спекл-трекинг-эхокардиографии, показало определенное их соответствие. Оно проявлялось тем, что обе методики одинаково отражают процессы сокращения сердца. У больных СН они выявляют нарушение сократительной функции миокарда. Степень выраженности её нарастает по мере увеличения ФК СН от I к IV. Наиболее выраженные нарушения этих значений характерны для больных ХСН IV ФК [17, 22].

Полученные данные о нарушении систолической функции у больных СН-сФВ полностью согласуются с результатами исследований других авторов [20, 21], использовавших спекл-трекинг-эхокардиографию. У больных СН-сФВ выявлены нарушения систолической функции желудочков. Это означает, что оценка сократимости миокарда по величине удлинения интервала Q–T ЭКГ и по продольной деформации миокарда оказалась сопоставимой. Эти данные еще раз подтверждают тот факт, что удлинение интервала Q–T (уменьшение скорости сокращения желудочков) является достаточно информативным показателем нарушения сократительной функции миокарда.

Заключение. Установлено, что электрокардиография позволяет выявлять не только вид, характер и объём поражений структур сердца, но и оценивать его основную функцию – сократительную. Это можно осуществить с помощью методики, позволяющей установить удлинение систолы желудочков через определение интервала Q–T ЭКГ. Увеличение интервала Q–T обусловлено на-

рушением сократимости миокарда, что определяет развитие систолической СН и в дальнейшем СН. У всех больных СН имеет место нарушение систолической функции желудочков. Степень выраженности её можно оценить по величине отклонения фактического интервала Q–T от стандартного. ФВ ЛЖ не отражает сократимость миокарда. Методика оценки систолической СН по данным ЭКГ не требует сложной аппаратуры и может быть использована в любом лечебном учреждении.

Литература

1. Агеев, Ф.Т. Хроническая сердечная недостаточность / Ф.Т. Агеев [и др.]. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 332 с.
2. Алёхин, М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение / М.Н. Алёхин // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2012. – № 1. – С. 95–114.
3. Антони, Г. Функция сердца // Физиология человека / Г. Антони. – М.: Мир, 1986. – Т. 3. – С. 44–110.
4. Беленков, Ю.Н. Хроническая сердечная недостаточность: избранные лекции по кардиологии / Ю.Н. Беленков, В.Ю. Мареев. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 432 с.
5. Гусев, Н.Б. Молекулярные механизмы мышечного сокращения / Н.Б. Гусев // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6, № 8. – С. 24–32.
6. Диагностика и лечение острой и хронической сердечной недостаточности. Рекомендации Европейского общества кардиологов (пересмотр 2012 г.) // Росс. кардиол. журн. – 2012. – № 4. – Прилож. 3. – С. 1–68.
7. Карпман, В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности: руководство по кардиологии / В.Л. Карпман. – М.: Медицина, 1982. – Т. 2. – С. 101–110 с.
8. Клинические рекомендации. Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) (2016, пересмотр). – 2017. – С. 1–92.
9. Малов, Ю.С. Хроническая сердечная недостаточность (патогенез, клиника, диагностика, лечение) / Ю.С. Малов. – СПб.: СпецЛит, 2014. – 205 с.
10. Малов, Ю.С. Нагрузочные пробы в диагностике хронической сердечной недостаточности / Ю.С. Малов // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2016. – № 1 (53). – С. 62–67.
11. Малов, Ю.С. Удлинение систолы желудочков – признак нарушения сократительной функции миокарда / Ю.С. Малов // Вестн. СПбГУ. – 2016. – Сер. 11, вып. 1. – С. 5–10.
12. Малов, Ю.С. Продолжительность систолы желудочков – показатель сократимости миокарда и сердечной недостаточности / Ю.С. Малов, А.М. Малова, А.Б. Изотова // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2017. – № 2 (58). – С. 54–59.
13. Малов, Ю.С. Диагностика сердечной недостаточности методом электрокардиографии / Ю.С. Малов // Новые СПб. врач. вестн. – 2017. – № 3 (81). – С. 34–40.
14. Малов, Ю.С. Диагностика хронической сердечной недостаточности по данным ЭКГ / Ю.С. Малов // Новые СПб. врач. вестн. – 2011. – № 2. – С. 83–89.
15. Малов, Ю.С. Использование принципа «золотой пропорции» для диагностики степени выраженности хронической сердечной недостаточности / Ю.С. Малов // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2011. – № 2 (34). – С. 101–105.
16. Медведев, П.И. Диагностические возможности спекл-трекинг-эхокардиографии у больных ишемической болезнью сердца / П.И. Медведев, Н.М. Алёхин, Б.А. Сидоренко // Кардиология. – 2016. – № 2. – С. 79–84.
17. Никифоров, В.С. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике / В.С. Никифоров, Ю.В. Никищенко // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2017. – № 13 (2). – С. 248–255.

18. Рекомендации ESC по диагностике и лечению острой и хронической сердечной недостаточности – 2016 // Росс. кардиол. журн. – 2017. – № 1 (141). – С. 1–81.
19. Aurigemma, G.P. Clinical practice. Diastolic heart failure / G.P. Aurigemma, W.H. Gaasch // N. Engl. J. Med. – 2004. – Vol. 351 (11) – P. 1097–1105.
20. Lo, C.I. Cardiac systolic mechanics in heart failure with preserved ejection fraction new insights and controversies / C.I. Lo [et al.] // Akta Cardiol. Sin. – 2013. – Vol. 29 (6) – P. 515–523.
21. Mondillo, S. Echokardiography Study Group of the Italian Society of Cardiology (Rome, Italy) Spackle Tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function / S. Mondillo [et al.] // J. Ultrasound Med. – 2011. – Vol. 30 (1). – P. 403–412.
22. Popescu, B.A. Left ventricular remodeling and torsional dynamics in dilated Cardiomyopathy: reversed apical rotation as a marker of disease severity / B.A. Popescu [et al.] // Eur. J. Heart. Fail. – 2009 – Vol. 11 (10). – P. 945–951.
23. Zile, M.R. Heart failure with a normal ejection factor: is measurement of diastolic function necessary to make the diagnosis of diagnostic heart failure? / M.R. Zile // Circulation. – 2001. – Vol. 104 (7). – P. 779–782.

Yu.S. Malov, I.M. Borisov, E.P. Galova, I.I. Yarovenko

Diagnostic capabilities of electrocardiography systolic heart failure

Abstract. *The contractility of the myocardium is determined by the strength and speed of contraction of the ventricles. It can be estimated from the Q–T interval of the electrocardiogram, which is an electrical systole of the ventricles. Set the change in ventricular systole by the deviation of the actual interval of Q–T from the corrected one. Elongation of ventricular systole indicates a violation of myocardial contractility, which causes the development of systolic heart failure. When comparing this indicator with the results of echocardiography, reflecting the contractility of the left ventricle, their direct dependence was established. The greater the degree of breach of myocardial contractility, the higher the percentage of the deviation of the actual Q–T interval from the corrected one. The maximum figures were recorded in patients with a global contractility disorder. This indicator can be used to detect both acute and chronic systolic insufficiency. It was established that in all patients with heart failure there was an increase in the Q–T interval. The magnitude of it depended on the degree of manifestation of heart failure. The increase in the percentage deviation of the actual value from the control occurred in patients with heart failure from I functional class to IV. Only in 1/5 of patients with heart failure of I functional class, the actual value did not differ from the control one, but under physical load, it increased significantly, which indicates the presence of latent systolic insufficiency. It is also found in patients with heart failure with a preserved ejection fraction, the development of which is associated with diastolic dysfunction. Electrocardiography can be used as a method of diagnosing systolic heart failure, which is highly informative and specific.*

Keywords: *myocardial contractility, systolic heart failure, heart failure electrocardiogram, Q–T interval, ejection fraction, systole, diastole, heart.*

Контактный телефон: 8-921-347-54-93; e-mail: vmeda-nio@mil.ru