Американской ассоциации сердца (AHA), Американской коллегии кардиологов (АСС) и общества аритмологов (HRS) Рекомендации по Стандартизация и интерпретация Электрокардиограммы

Четвертая часть : ST сегмент, Зубцы T и U ,а также QT интервал.

Научное заявление Американской ассоциации сердца и электрокардиография

Утверждено Международным обществом компьютеризированной электрокардиологии

**Пентти М. Раутахарью, доктор медицинских наук; Борис Суравич, MD, FAHA, FACC; Леонард С. Геттес, MD, FAHA, FACC**

Данная статья является четвертой из 6 документов, призванных обеспечить современные руководящие принципы для стандартизации и интерпретации электрокардиограммы (ЭКГ). Проект был начат Советом по Клинической Кардиологии АНА. Объяснение этого проекта и процесс его выполнения был описан ранее (1).

Патология сегмента ST, зубца T и продолжительности интервала QT отражает отклонения в желудочковой реполяризации. Эти отклонения встречаются часто и нередко трудны для интерпретации. Зубец U наиболее вероятно отображает электромеханическое явление, которое происходит после реполяризации. Однако, пока это часто включаеся в дискуссии по реполяризации и обсуждается в этом разделе.

Сегмент ST соответствует фазе плато желудочкового трансмембранного потенциала действия. При нормальных условиях трансмембранное напряжение медленно изменяется во время этой фазы и остается на приблизительно том же самом уровне во всех клетках миокарда желудочков. В результате имеются только маленькие градиенты напряжения. Это отсутствие выраженных градиентов напряжения подобно тому, которое происходит во время электрической диастолы, то есть, от конца реполяризации до начала следующей

деполяризации, когда трансмембранный потенциал покоя клеток миокарда желудочков составляет приблизительно -85 мВ. Это соответствует сегменту TP на ЭКГ. Отсутствие значительных градиентов напряжения в клетках желудочкового миокарда во время этих 2 фаз сердечного цикла объясняет, почему сегменты ST и TP являются обычно почти плоскими и, приблизительно, на одном и том же уровне; то есть, они являются изоэлектрическими.

Зубец T соответствует фазе быстрой желудочковой реполяризации (фаза 3) желудочкового потенциала действия.

------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Другие члены Стандартизации и Интерпретации Группы фиксирования электрокардиограммы включают Джеймса Дж. Бейли, MD; Рори Чайлдерс, MD;

Барбара Дж. Сдел, MD, FACC; Антон Горгельс, доктор медицины; E. William Hancock, MD, FACC; Марк Джозефсон, MD, FACC, FHRS; Пол Клигфилд, MD, FAHA, FACC; Ян А. Корс, доктор философии; Питер Макфарлейн, DSc; Jay W. Mason, MD, FAHA, FACC, FHRS; Дэвид М. Мирвис, MD; Питер Окин, MD, FACC; Олле Pahlm, MD, PhD; Джерард ван Херпен, доктор медицинских наук; Гален С. Вагнер, MD; И Хейн Велленс, MD, FAHA, FACC.

Американская кардиологическая ассоциация, Американский колледж кардиологического фонда и Общество сердечного ритма прилагают все усилия, чтобы избежать действительные или потенциальные конфликты интересов, которые могут возникнуть в результате внешних отношений, личной, профессиональной или деловой заинтересованности рабочей группы. В частности, все участники рабочей комиссии должны заполнить и представить анкету для раскрытия информации, в которой указаны как реальные, так и потенциальные конфликты интересов.

Части I и II этой серии «Рекомендации по стандартизации и интерпретации электрокардиограммы» были опубликованы 13 марта, 2007, выпуск журнала Американского колледжа кардиологии (J Am Coll Cardiol., 2007; 49: 1109-27 и J Am Coll Cardiol., 2007; 49: 1128 -35). Oни доступны в режиме онлайн по адресу http://content.onlinejacc.org/content/vol49/issue10/index.dtl.

Части III, V и VI были опубликованы в выпуске журнала Американского колледжа кардиологии от 17 марта 2009 г. (J Am Coll Cardiol.

2009; 53: 976-81, J Am Coll Cardiol. 2009; 53: 992-1002 и J Am Coll Cardiol. 2009; 53: 1003-11).

Это утверждение было одобрено Научным консультативным и координационным комитетом Американской ассоциации сердца 7 августа 2008 года, американским попечительский совет Фонда Кардиологии 16 мая 2008 года, а также попечительским советом Общества сердечного ритма 18 июня 2008 года.

Американский колледж кардиологического фонда просит, чтобы этот документ был процитирован следующим образом: Rautaharju PM, Surawicz B, Gettes LS.

Рекомендации AHA / ACCF / HRS для стандартизации и интерпретации электрокардиограммы: часть IV: сегмент ST, волны T и U и QT интервал: научное заявление Американской ассоциации сердечной ассоциации по электрокардиографии и аритмии, Совет по клинической

Кардиология; Американский колледж кардиологического фонда; И Общество сердечного ритма. J Am Coll Cardiol 2009; 53: 982-91.

Эта статья была опубликована в Циркуляции.

Копии: этот документ доступен на сайтах Всемирной ассоциации Американской кардиологической ассоциации (my.americanheart.org), Американском колледже Кардиологии (www.acc.org) и Общества сердечного ритма (www.hrsonline.org). Для получения копий этого документа, пожалуйста, свяжитесь с Elsevier Inc. Отдел, факс 212-633-3820, e-mail reprints@elsevier.com.

Права доступа. Несколько копий, модификация, изменение, расширение и / или распространение этого документа не допускаются без разрешение Американского колледжа кардиологического фонда. Пожалуйста, обратитесь в отдел разрешения Elsevier по адресу healthpermissions@elsevier.com.

------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Во время этой фазы трансмембранный потенциал действия реполяризуется от его напряжения плато приблизительно 10 - -10 мВ до его уровня покоя, приблизительно, -85 мВ. Создающиеся межжелудочковые и внутрижелудочковые градиенты напряжения вследствие быстрой последовательной реполяризации клеток вызывают зубец T на поверхностной ЭКГ. Конфигурация зубца Т определяется в соответствии с пространственно-временными особенностями желудочковой реполяризации, особенно асинхронной фазы 3 желудочковых потенциалов действия. Наше знание этих особенностей все еще неполно. В общем, реполяризация распрстраняется от эпикарда к эндокарду, то есть, против направления желудочковой деполяризации (2,3), и, вероятно, как во время возбуждения, существенная часть одновременных фронтов волны реполяризации

взаимно нейтрализуется. Различие в пространственной последовательности деполяризации и реполяризации в свободной стенке левого желудочка подтверждается наблюдением о тенденции к инверсии между временем активации и продолжительностью потенциала действия (4). Продолжительность потенциала действия эпикардиальных клеток короче, чем среднемиокрадиальныхо и эндокардиальных клеток (5). Кроме того, известно, что неоднородность реполяризации происходит уже на относительно коротких расстояниях на

поверхности желудочков и, наиболее вероятно, также в пределах стенки желудочков (5,6). Вероятно, что некоторые из этих присущих потенциалу действия различий результат электротонических взаимодействий во время реполяризации (7).

Изменения сегмента ST и зубца T вызваны ненормальными градиентами напряжения во время плато и фазы быстрой реполяризации потенциала действия и изменениями в последовательности реполяризации, последние могут произойти и без ненормальных градиентов напряжения. Эти отклонения часто связываются с различными хорошо определяемыми анатомическими, патологическими, физиологическими и фармакологическими событиями.

В этом разделе мы обращаемся к нескольким проблемам относительно измерения, описания, и интерпретации сегмента ST, T и U зубцов, и интервала QT. Они включают различие между первичными и вторичными патологиями реполяризации, соответствие описания и интерпретирующую терминологию, измерение интервала QT и его коррекция с ЧСС, полом и продолжительностью QRS.

**Различие между первичной и вторичной патологией реполяризации**

Изменения сегмента ST и зубца T, которые являются результатом изменений формы и/или продолжительности фазы реполяризации трансмембранного потенциала действия и происходят в отсутствие изменений в деполяризации, определятся как первичные отклонения реполяризации. Они могут быть ограниченными или распространенными и могут быть вызваны множеством причин, включая ишемию, миокардит, лекарства, токсины и электролитные расстрйства, особенно отклонения кальция и калия сыворотки. Резкие изменения ЧСС, гипервентиляция, изменения в положении тела, катехоламины, симпатическая стимуляция или аблация звездообразного ганглия и температурные изменения также могут вызвать первичные отклонения реполяризации (8,9).

Патология сегмента ST и зубца T, которая возникает как прямой результат изменений в последовательности и/или продолжительности деполяризации желудочков, проявляющихся электрокардиографически как изменения в форме и/или продолжительности QRS, определяется как вторичные отклонения реполяризации. Такая патология не требует изменений в форме или продолжительности фазы 2 и фазы 3 желудочкового потенциала действия отдельных клеток. Быстрее они могут произойти из-за градиентов напряжения, которые обычно в значительной степени скрыты, но начинают проявляться при изменении в последовательности деполяризации после реполяризации. Изменения ST и зубца T, которые происходят в связи с пучковыми блокадами, желудочковым предвозбуждением, эктопическими и вызванными желудочковыми комплексами, - примеры вторичных отклонений реполяризации.

Классическое понятие желудочкового градиента введено Wilson и др. (10) в 1931 г., и представляет некоторый теоретический интерес относительно первичных против вторичных отклонений реполяризации. Желудочковый градиент в единственном отведении ЭКГ - интеграл напряжения ЭКГ по времени от начала зубца P до конца зубца U. Его пространственный аналог - вектор желудочкового градиента определенный в ортогональных отведениях XYZ. Практическая полезность желудочкового градиента в дифференциации первичного от вторичного отклонения реполяризации не была показана (11). Когда направление оси QRS нормально, ненормальное направление оси зубца T, вообще, является признаком первичных отклонений реполяризации.

Определение вторичных отклонений реполяризации обычно не трудно. При блокаде левой ножки векторы сегмента ST и зубца T , вообще, направлены против среднего вектора QRS. При блокаде правой ножки они направлены против медленного конечного компонента комплекса QRS. При желудочковом предвозбуждении изменения ST-T направлены против дельта волны комплекса QRS. Выраженность изменений ST-T зависит от величины изменений QRS, которые в свою очередь связаны с изменениями путей проведения.

Вторичные изменения ST и зубца T связаны с преходящими повреждениями желудочковой проводимости, которые возникают при эктопических желудочковых комплексах или преходящей блокаде ножки, обычно быстро возвращающейся к норме, прежде, чем развивались желудочковые изменения проводимости.

Однако, некоторые вторичные изменения реполяризации бывают более продолжительными (часы или дни), чтобы появиться и исчезнуть. Изменения реполяризации, связанные с длительной стимуляцией желудочков, примеры этого явления (12).

Первичные и вторичные отклонения реполяризации могут происходить одновременно. Например, желудочковая гипертрофия, связанная с изменениями формы и продолжительности желудочкового потенциала действия отдельных клеток желудочка, особенно в эндокардиальном слое (13). Эти изменения могут способствовать изменениям ST и зубца T, и независимы от изменений, которые вторичны по отношению к изменениям амплитуды QRS и удлинению комплекса QRS. Комбинация первичных и вторичных отклонений реполяризации должны также быть рассмотрены, когда полярность T-волны не изменяется, как ожидается при изменениях в комплексе QRS.

**Рекомендация**

Различие между отклонениями при первичной и вторичной реполяризации клинически важны потому, что первичные отклонения указывают на изменения в характеристиках реполяризации желудочковых миоцитов, тогда как вторичные изменения нет. Обозначение отклонений ST и зубца T как первичные или вторичные является соответствующим и рекомендуется, чтобы автоматизированные интерпретирующие алгоритмы были запрограммированными идентифицировать их.

**Отклонения сегмента ST**

Амплитуды ST и зубца T расположены против сегментов TP или PR ЭКГ. Когда для удаления дрейфа изолинии применяется низкочастотный фильтр ЭКГ , не могут быть определены фактические уровни напряжения различных зубцов или сегментов ЭКГ. Таким образом, подъем сегмента ST может отражать снижение PR/TP, истинный подъем ST, или и то и другое; и наоборот, снижение ST может отражать повышение PR/TP, истинное снижение ST, или и то и другое (14–16). Рассматривая отклонения сегмента ST, необходимо принимать во внимание общую амплитуду QRS, потому что последняя также затрагивает амплитуду отклонения сегмента ST. Смещение сегмента ST обычно измеряется в его соединении с концом комплекса QRS , “точка J,” и, в некоторых случаях, таких как нагрузочное тестирование, на протяжении 40 и до 80 миллисекунд после точки J. Сегмент ST может быть описан как поднятый (элевация), сниженный (депрессия), косовосходящий, горизонтальный, или косонисходящий. Кроме того, величина ненормального отклонения и отведения, его показывающие, должны быть идентифицированы. Сниженный сегмент ST может быть далее охарактеризован как горизонтальный, косонисходящий или косовосходящий (быстро или медленно).

Повышение сегмента ST в отведеинях V1, V2, и V3 должно быть сопоставлено с повышением, которое бывает в этих отведениях в норме и больше у молодых и мужчин средних лет, чем у женщин (17-21), и больше у афроамериканцев, чем в белых (21). Повышение ST является обычно наиболее четким в грудном отведении V2. Нормальный верхний предел для повышения J-тосчки в V2 изменяется до известной степени в различных источниках, вероятно, в значительной как результат разичо выбранных критериев для нормальной группы. Один источник (20) сообщает о верхнем (98 процентиль) нормальном пределе, как приблизительно 0.3 мВ у белых мужчин меньше 40 лет (до 0.33 мВ в 24 - 29-летней возрастной группе) и приблизительно 0.25 мВ у белых мужчин 40 лет и старше. Соответствующие пределы для белых женщин оставались относительно независимыми от возраста, составляя приблизительно 0.15 мВ.

Другой источник (21) перечисляет нормальные пределы амплитуд для J-точки и ST60 (ST в 60 миллисекундах после точки J) для белых и черных мужчины и женщин 40 лет и старше в 2 возрастных группах. Нормальный верхний предел (98 процентиль) для амплитуды J-точки в V2 составлял приблизительно 0.15 мВ у белых мужчин и 0.20 мВ у черных мужчин. Соответствующие пределы были приблизительно 0.10 мВ для белых женщин и 0.15 мВ для черных женщин. Нормальные верхние пределы для ST60 в V2 составляли приблизительно 0.3 мВ у белых мужчин и приблизительно 0.35 мВ у черных мужчин. Соответствующие пределы составляют приблизительно 0.2 мВ у белых женщин и приблизительно 0.25 мВ у черных женщин.

Оценка повышения ST представляет особый интерес в связи с миокардиальной ишемией при остром инфаркте миокарда, как это будет обсуждено подробно в части 6 рекомендаций (Острая ишемия/инфаркт). В этой части величина порога для патологического повышения J-точки в V2 и V3 рекомендована 0.2 мВ для мужчин 40 лет и старше и 0.25 мВ для мужчин моложе 40 лет. Рекомендуемая величина порога для взрослых женщин в V2 и V3 0.15 мВ. Рекомендуемый порог для патологического подъема J-точки для мужчин и женщин во всех других стандартных отведениях - 0.1 мВ. Эти пороговые величины, кажется, соответствуют компромиссу для практического клинического использования в оценке повышения ST.

При оценке повышения ST важно рассмотреть форму сегмента ST в дополнение к нормальным пределам для амплитуды ST. Сегмент ST при нормальном подъеме J-точки в V2 и особенно в V1 вообще опускается круто. Нормальное повышение ST на 60 миллисекундах после после точки J объединено с косовосходящим сегментом ST, а не с более горизонтальным сегментом ST, который бывает при миокардиальной ишемии.

Рекомендуемые величины, основанные на адекватно больших группах здорового населения, стратифицированные по возрасту, полу и расе, должны быть включены в компьютерные ЭКГ-сегмент-ST классификационные алгоритмы, чтобы избежать несоответствующего диагноза , связанного с миокардиальной ишемией, инфарктом миокарда или перикардитом.

Повышение сегмента ST чаще всего может быть связано с 3 причинами: 1) нормальный вариант, часто называемый ранняя переполяризация, обычно характеризуется повышением точки J и быстрым косовосходящим или нормальным сегментом ST; 2) острое повреждение, ассоциирующееся с острой ишемией или желудочковой дискинезией; и 3) острое повреждение, обычно связанное с перикардитом. Критерии для дифференциации этих причин (22–24) должны быть включены в описательные и диагностические алгоритмы различных компьютерных ЭКГ-программ. Однако, важно признать что на практике часто трудно дифференцировать эти причины. Кроме того, существуют другие состояния, которые могут быть связаны с повышением сегмента ST.

Депрессия (снижение) ST может быть вызвана различными физиологическими, патологическими и фармакологическими воздействиями, которые изменяют фазу «плато» желудочкового потенциала действия. Например, воздействие ишемии, гипокалиемии, и различных сердечных и несердечных лекарств. Это первичные изменения сегмета ST. Депрессия сегмента ST также может сочетаться с изменениями зубца T. Например, депрессия сегмента ST связанная с гипертрофией и, как вторичные изменения реполяризации, нарушения желудочковой проводимости.

Изменения сегмента ST на стандартной ЭКГ, которые связаны с острой ишемией или инфарктом, происходят из-за прохожения тока через границу между ишемизированными и неишемизированными зонами, который называют током повреждения. Повышение сегмента ST вообще происходит с реципрокной депрессией ST в отведениях ЭКГ, в которых ось противоположна по направлению тем отведениям, в которых ST повышен. Эти отклонения сегмента ST обсуждены в части VI (Острая ишемия/инфаркт), в которой указана -0.05 мВ как рекомендуемая пороговая величина для патологической депрессии точки J в отведениях V2 и V3 у мужчин и женщин и -0.1 мВ во всех других отведениях (66).Рассмотрение изменений сегмента ST как ответ на нагрузочное стресс тестирование находится вне области данного документа.

**Рекомендация**

Хотя может быть трудно дифференцировать различные причины отклонения сегмента ST, ЭКГ заключение должно включать качественное описание сегмента ST c учетом возраста и пола пациента, включая примечание, если депрессия ST составляет 0.1 мВ или более. Также могут быть включены одна или больше возможных причин, в зависимости от присутствия другой патологии ЭКГ и знание любой сопутствующей клинический информация. Для оценки повышения ST рекомендуемые величины, основанные на адекватно больших группах здорового населения, стратифицированные по возрасту, полу и расе, должны быть включены в компьютерные ЭКГ-сегмент-ST классификационные алгоритмы , чтобы избежать несоответствующего диагноза острого повреждения, связанного с миокардиальной ишемией/инфарктом или перикардитом

**Отклонения зубца T**

Так же, как отклонения сегмента ST могут быть с или без отклонений зубца T, отклонения зубца T могут быть в присутствии или в отсутствии изменений сегмента ST. Амплитуда зубца T в отведениях от конечностей зависит от оси Т во фронтальной плоскости, на которую в свою очередь влияет ось QRS.

У детей старше 1 месяца часто инвертируется зубец T в отведениях V1, V2, и V3. У подростков 12 лет и старше и у молодых взрослых моложе 20 лет зубец T может быть немного инвертирован в aVF и инвертирован в отведении V2. У взрослых 20 лет и старше нормальный зубец T инвертирован в aVR; положительный или инвертированный в отведениях aVL, III, и V1; и положительный в отведениях I, II и в грудных отведениях V3 - V6.

При оценке отклонений зубца T отрицательный зубец T в боковых грудных отведениях V5 и V6 клинически очень важен. В этих отведениях зубец T немного отрицателен (меньше 0.1 мВ) у 2% белых мужчин и женщин 60 лет и старше и у 2% черных мужчин и женщин 40 лет и старше; отрицательный Т 0.1 мВ или больше у 5% черных мужчин и женщин 60 лет и старше (21). У здоровых взрослых амплитуда зубца Т является наиболее положительной в отведениях V2 или V3. Сообщения о стандартах нормы для зубца T из различных данных, основанных на популяционных исследованиях, показывают что амплитуда зубца Т изменяется в небольшой степени в зависимости от возрастом, пола и расы (20,21). Амплитуды зубца T в V2 от 1.0 до 1.4 мВ были перечислены как нормальные верхние границы у мужчин (до 1.6 мВ в 18 - 29-летней возрастной группе) и от 0.7 до 1.0 мВ у женщин. Многие термины, такие как остроконечный, симметричный, двухфазный, плоский, и инвертированный используются как соответствующие качественные описания зубца T. Как более количественные описания для зубца Т в отведениях I, II, aVL, и V2 - V6 предложены: инвертированный, когда амплитуда зубца T от -0.1 до -0.5 мВ, глубоко отрицательный, когда амплитуда от -0.5 до -1.0 мВ, гигантский отрицательный, когда амплитуда меньше -1.0 мВ (25). Кроме того, зубец T может быть назван низким, когда его амплитуда меньше 10% амплитуды зубца R в том же самом отведении и плоским, когда максимум амплитуды зубца T находится между 0.1 и -0.1 мВ в отведениях I, II, aVL (с зубцом R, более высоким, чем 0.3 мВ) и V4 - V6.

Интерпретация изолированных отклонений зубца T является трудной и часто служит источником неоднозначных и неточных утверждений. Несоответствующие диагнозы миокардиальной ишемии и инфаркта являются частыми ошибками. Как сказано выше, отклонения ST и зубца Т, которые вторичны по отношению к нарушениям желудочковой проводимости, должны быть отмечены также. Изменения ST и зубца T связаны с гипертрофией, гипокалиемией и лекарствами. Гигантская инверсия зубца T обычно ограничивается одной из нескольких сущностей, включая гипертрофическую кардиомиопатию, инфаркт без подъема сегмента ST, и неврологические события, особенно внутричерепное кровоизлияние. Интерпретация таких изменений зубца T должна быть описательной, и заключение содержать наиболее частые соответствующие причины. Фактически невозможно создать причинно-специфичную классификацию для незначительных отклонений зубца T. Для них является соответствующей классификация: небольшие или неопределенные изменения зубца Т. Врач функционалист (суперчитатель) может тогда применить анализ других особенностей ЭКГ, учесть клинические данные, если это доступно, применить более вероятный список диагностических возможностей. В этих ситуациях часто полезно сравнение с предшествующими ЭКГ (если доступно).

Зазубрину зубца T бывает трудно отличить от зубца U, который расположен на нисходящей части зубца T. Важно знать, что зубец T является редко зубчатым во всех 12 отведениях, и что интервал между 2 зазубринами зубца T обычно меньше, чем интервал между пиком монофазного зубца T и зубцом U, который обычно превышает 150 миллисекунд при ЧСС 50 - 100 в мин (26).

**Рекомендация**

Заключение ЭКГ должно включать описание отклонений зубца T, идентификацию связанных изменений сегмента ST, если они есть, и уточнение относительно изменений: независимые ли они или более вероятно связаны с определенной причиной.

**Альтернация зубца T**

Альтернация зубца T означает изменения амплитуды зубца T, которые чередуются каждый второй удар. Эти изменения амплитуды определяются количественно различными модификациями анализа средних значений или как различие определенных частотных компонентов спектрального анализа. Альтернация зубца T типично наблюдается как микровольт-уровневые изменения (микровольтовая альтернация зубца T) и, время от времени, как более явные изменения в альтернированных комплексах или как более медленные компоненты вне диапазона присущих зубцу Т изменений, вообще, наиболее заметные в связи с дыханием.

Альтернация зубца T указывает на скрытую неустойчивость реполяризации, прогнозирующую злокачественные аритмии. Она, вообще, не присутствует в состоянии покоя даже у пациентов с высоким риском, а стресс тест (нагрузочный или фармакологический стресс или стимуляция), требующий специальное оборудование и анализа программного обеспечения, может вызвать ее. Эти процедуры вне области настоящего документа. Этого достаточно, чтобы заявить, что хотя роль альтернации зубца T относительно ее клинической полезности полностью не определена, есть существенный потенциал в идентификации пациентов с высоким риском серьезных аритмичных событий.

**Зубец U**

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Зубец U – электромеханический феномен (26), что приводит к низкоамплитудным, низкочастотным отклонениям после волны T. Он часто отсутствует в отведениях от конечностей и наиболее проявляется в отведениях V2 и V3, где его амплитуда приблизительно 0.33 мВ или 11% зубца T (27). Его присутствие зависит от сердечного ритма; он редко присутствует при ЧСС больше 95 в мин. Брадикардия увеличивает амплитуду зубца U и он присутствует в 90% случаев при ЧСС меньше 65 комплексов в минуту (28).

Долго считалось, что увеличение амплитуды зубца U, обычно в сочетании с депрессией сегмента ST и уменьшением амплитуды зубца Т, может быть вызвано кардиоактивными препаратами с хинидино-подобными эффектами и гипокалиемией, и более, с гипокалиемией; при K меньше 2.7 ммоль/л амплитуда зубца U может превысить амплитуду зубца T в том же самом отведении. Однако, более новые данные предполагают, что это может произойти из-за слияния зубца U с зубцом T, а не из-за увеличения амплитуды зубца U в чистом виде.

Слияние зубца U с зубцом T также происходит в связи с увеличением симпатического тонуса (29) и в присутствии заметно удиненного интервала QT при врожденном и приобретенном синдромах удлиненного QT (LQTS).

Инвертированный зубец U в отведениях V2 - V5 патологичен (30). Он может быть преходящим во время острой ишемии или при гипертензии (31,32). Ненормальный зубец U часто весьма труднораспознаваемая и редко изолированная особенность ЭКГ. Таким образом, его присутствие часто не распознается или пропускается функционалистом и автоматизированными системами. По этим причинам, нет определенных описательных или диагностических заключений, рекомендуемых для включения в автоматизированный перечень терминов. Это остается ответственностью функционалиста, распознать патологические зубцы U и определить их клиническую уместность.

**Рекомендация**

Заключения относительно зубца U должны быть включены в интерпретацию ЭКГ, когда зубец U инвертирован, слит с зубцом T, или когда его амплитуда больше амплитуды зубца T.

**Интервал QT**

Измерение интервала QT и его коррекция по ЧСС, полу и длительности QRS представляют большие проблемы в электрокардиографии. Они очень важны для врачей и фармпроизводителей из-за взаимосвязи между удлинением интервала QT и потенциально смертельными желудочковыми аритмиями. Документ, выпущенный в октябре 2005 г. Food and Drug Administration (FDA) представила руководство для дизайна, проведения, анализа и интерпретации клинических исследований по оценке удлиненного интервала QT (33). QT и ST-T изменяются по различным генотипам LQTS. Zhang и др. (34) описали 10 различных вариантов ST-T в первых 3 генотипах синдрома (4 в LQT1, 4 в LQT2, и 2 в LQT3), и эти варианты были представлены в большинстве генотипов пациентов с LQTS.

Интервал QT определен как интервал от начала комплекса QRS, то есть, самого раннего признака желудочковой деполяризации, до конца зубца T, то есть, последнего признака желудочковой реполяризации. Проблемы, связанные с этим измерением, следующие: 1) опознание начала комплекса QRS и конца зубца Т, 2) определение соответствующего отвндения (-ий) для измерения интервала QT, и 3) корректировка интервала QT по продолжительности QRS, полу и ЧСС.

Когда большинство ЭКГ регистрировалось на одноканальных аналоговых аппаратах, отведения регистрировались последовательно, и интервал QT измерялся вручную в каждом оьведении. Определение конца зубца T было часто затруднено и, иногда, невозможно, и начало комплекса QRS и конец зубца T изменялись в различных отведениях, представляясь короче, когда ось одного отведения была более перпендикулярной к пространственному вектору вначале комплекса QRS или в конце зубца T. Начало комплекса QRS имеет тенденцию начинаться на 20 миллисекунд ранее в V2 и V3 , чем в отведениях от конечностей (35). Небольшие различия до 50 миллисекунд в интервалах QT, измеренных в разных отведениях у здоровых субъектов, признаются нормальными (36); другие считают различия до 65 миллисекунд все еще в пределах нормы (37). Эта величина, как сообщают, меньше у женщин, чем у мужчин (38).

Когда интервал QT измеряется в отдельных отведениях, должно использоваться отведение, показывающее самый длинный QT (39). Это обычно V2 или V3. Однако, если эти измерения отличаются больше чем на 40 миллисекунд от измеренных в других отведениях, измерение может быть ошибочным, и должны быть рассмотрены измерения в смежных отведениях . Если зубец T и зубец U слились или не могут быть отделены, рекомендуется QT измерять в отведениях, в которых нет зубца U, часто aVR и aVL (39), или спуск зубца T должен быть продолжен, пока не пересекает сегмент TP. Надо признать, что, определяя конец зубца T этими способами можно недооценить интервал QT.

Как уточнялось в разделе по технологии ЭКГ (1), наиболее современные используемые автоматизированные цифровые приборы регистрируют все отведения одновременно. Эта техника разрешает их временное выравнивание и суперналожение, которые облегчают более точную оценку начала комплекса QRS, конца зубца T и разделение зубцов U и T. В результате автоматически измеренный интервал QT часто длиннее, чем интервал QT, измеренный в любом отдельном отведении, и величины сейчас расцениваемые как нормальные, которые были установлены при одноканальной последовательной регистрации, не могут больше быть действительными. Наиболее автоматизированные системы не рутинно показывают суперналоженные записи или точки, используемые для получения интервала QT. Ввиду клинической важности удлиненного интервала QT, существенно визуально подтвердить удлинение интервала QT, сообщенное компьютерным алгоритмом. В дополнение к применению удлиняющих QT кардиоактивных препаратов, многие состояния могут вызвать удлинение QT. Когда соответствующая клиническая информация доступна, часто возможно идентифицировать конкретную причину удлинения QT; например, гипокалиемия и гипокальциемия могут продлить фазу 2 и фазу 3 потенциала действия и удлинить интервал QT. Невозможноы здесь привести весь список всех возможных причин удлинения QT. Этого достаточно, чтобы подчеркнуть, что его присутствие на ЭКГ должно призвать к осторожной клинической оценке возможных причин.

**Рекомендация**

Рекомендуется, что бы отобранные группы выровненных по времени и суперналоженных отведений ЭКГ сделали доступным оптимальный просмотр, чтобы облегчить измерение QT и подтвердить точки начала и конца интервала QT. Ввиду клинической важности удлиненного интервала QT, существенно визуально подтвердить удлинение интервала QT, о котором сообщает компьютерный алгоритм.

**Коррекция QT по ЧСС**

Было предложено много формул, чтобы корригировать интервал QT по ЧСС (40,41). Наиболее широко используется формула Bazett (42), полученная в 1920 г. из графических зарисовок измеренных интервалов QT у 39 молодых субъектов. Эта корректирующая процедура делит измеренный QT на квадратный корень интервала RR для получения корригированной по ЧСС величины. Формула, предложенная Fridericia (43), также в 1920 г., использует кубический корень RR. Формула Bazett’s имеет сильную положительную остаточную корреляцию (r=0.32), а формула Fridericia’s имеет отрицательную корреляцию (r=- 0.26 - -0.32) с ЧСС (44,45), и корригированные величины QT могут быть существенно ошибочны, особенно когда ЧСС высока. Позже введенные формулы для корригированного QT как линейной функция или степенной функция от ЧСС для взрослых (44-48) и для детей (49) эффективно убирают зависимость корригированного QT от ЧСС, и они явно предпочтительней формул Bazett’s и Fridericia’s. Некоторые исследователи ввели отдельные нормальные ограничения пределы или частотно-корректирующие факторы для каждого подинтервала ЧСС, используя так называемый “метод bin” (46,50).

**Рекомендация**

Рекомендуется, чтобы линейная регрессия функций, а не формула Bazett’s, использовалась для коррекции QT-частота и этот метод должен использоваться для частотной коррекции в заключениях ЭКГ. Кроме того, коррекция QT по частоте не должна предприниматься, когда колебания интервалов RR большая, как это часто бывает при фибрилляции предсердий, или когда идентификация конца зубца T ненадежна.

**Коррекция QT по полу и границы удлиненного и укороченного интервала QT**

Хотя формулы Bazett’s и Fridericia’s не корректируют по полу, много исследований продемонстрировали, что Интервал QT более длинный у молодых женщин и женщин средних лет, чем у мужчин. Половое различие потенциально важно потому, что женщины, как вообще полагают, являются более склонными к злокачественным аритмиям при LQTS, чем мужчины. Половое различие проявляется во время юности (51), когда корригированный по ЧСС QT короче у мальчиков, возможно как эффект тестостерона, но мало изменяется у девочек. Как сообщают в различных исследованиях, гендерное различие может быть от 6 до 10 миллисекунд в старших возрастных группах и от 12 до 15 миллисекунд у молодых взрослых. В целом, гендерное различие в корригированных по ЧСС интервалах QT становится малым после 40 лет и фактически исчезает у пожилых мужчин и женщин. Отдельные половые и возрастные формулы корригирующие QT были предложены, чтобы согласовать эти различия (21,44,46,47). Нормальные границы, предложенные в различных исследованиях, изменяются в определенной степени в зависимости от особенностей исследованной популяции, и особенно от типа используемой функции коррекции QT. Важно признать, что нормальные границы установлены при использование более верхних и более низких пределов фактической процентили распределения корригированных по частоте QT и применимы к средним величинам 2SD, потому что эти распределения сильно искаженны (44). Стандарты нормы для границ патологического QT получены на больших подгруппах общественных популяций (21,44–48). Эти границы относительно одинаковы в сообщениях, которые использовали линейные регрессивные функции корригированного по ЧСС QT, как линейную степенную функцию RR или ЧСС (21,44,46-48). Последующие границы нормы былипредложены как практический компромисс для оценки удлинения и укорочения интервала QT у взрослых мужчин и женщин: удлиненный QT: женщины, 460 миллисекунд или длиннее; мужчины, длиннее 450 миллисекунд; и короткий QT: женщины и мужчины, 390 миллисекунд или короче. Руководящие принципы FDA для ндустрии рекомендуют 3 уровня тяжести для корригированного по ЧСС QT для оценки возможного воздействия удлиняющих QT лекарств: больше 350 миллисекунд, больше 480 миллисекунд, и больше 500 миллисекунд (32). Хотя верхние границы нормы для корригированного по ЧСС QT, как линейная функция от RR в небольших группах детей, стратифицированные по возрасту, полу и ЧСС были изданы (52), о границах для удлиненного и укороченного QT, установленных на достаточно больших группах детей, сообщили только для формулы Bazett’s (53). В этом сообщении, 98-ая процентильная граница корригированного по ЧСС QT составляла приблизительно 450 миллисекунд у детей моложе 12 лет. Половое различие на 8 миллисекунд появляется в 12 - 16-летней возрастной группе. Надо отметить, что корригированный QT по формуле Bazett’s может быть ложным удлинением QT (45).

**Рекомендация**

Рекомендуется, что в дополнение к ЧСС, корригирование по полу и возрасту должно быть включено в корректировку QT. Как практические клинические границы для того, чтобы рассматривать интервал QT как патологический, рекомендуется корригированный QТ 460 миллисекунд или длиннее у женщин и 450 миллисекунд или длиннее у мужчин считать удлиненным интервалом QT и QT 390 миллисекунд и короче считать коротким интервалом QT.

**Коррекция по продолжительности QRS**

При удлиненном интервал QT и дефектах желудочковой проводимости становится необходимой коррекция по продолжительности QRS (54–56). Это может быть достигнуто наилучшим образом посредством соединения продолжительности QRS и интервала RR как covariates в формуле QT-коррекции или при использовании интервала JT (продолжительность QT - продолжительность QRS) (55). Если выбран интервал JT должны использоваться стандарты нормы, специально установленные для интервала JT (55).

**Рекомендация**

Формулы QT- и JT-коррекции были недавно введены для использования в определении замедления желудочковой проводимости. В дальнейшем при подтверждении они могут быть включены в автоматизированные алгоритмы, с использованием соответствующих корригирующих факторов.

**Оценка интервалов QT при повторных записях**

--------------------------------------------------

Оценка интервалов QT при повторных регистрациях ЭКГ весьма существенна для идентификации удлинения QT, вызванного фармакологическими агентами в медикаментозных исследованиях. Это также полезно как дополнение к анализу ST при определении наличия острой ишемии у пациентов, подозрительных на инфаркт миокарда. Когда сравниваются повторные записи пациентов, зарегистрированные в различное время дня и в различных позициях, важно учитывать, что время дня может влиять на интервал QT (57,58), что существуют различия между различными системами регистрации и между программами для измерения QT, и что могут использоваться различные формулы для коррекции QT по ЧСС. Кроме того, есть существенные колебания в измерении интервала QT разными врачами (59). При последовательном сравнении интервала QT должна соблюдаться строгая стандартизация регистрации и оценочных процедур. Руководство FDA предлагает для оценки возможного удлинения QT, вызванного лекарствами, 2 уровня изменений в повторных ЭКГ по сравнению с контрольной первой записью для корригированного по ЧСС QT: увеличение больше чем на 30 миллисекунд и увеличение больше чем на 60 миллисекунд (33).

**Рекомендация**

Рекомендуется для сравнения повторных регистраций ЭКГ использовать определенные стандарты работы и, если возможно, одни и те же; что неизменно, должна быть тщательно стандартизирована запись ЭКГ и процедуры измерения QT; и, если это возможно, один и тот же врач должен быть ответственным за чтение повторных записей отдельного пациента или предмета исследования.

**Дисперсия QT**

**----------------------------------------------**

Увеличенная гетерогенность миокардиальной реполяризации может предрасполагать к развитию злокачественных желудочковых аритмий (60). Как упоминалось выше, могут быть существенные различия в продолжительности интервала QT при измерении различных отведениях. Визуализация этих различий облегчена записью достаточного подмножества временно сглаженных одновременных отведений с небольшими различиями амплитуды. Разница между самым длинным и самым коротким интервалами QT обозначается как дисперсия QT. Это понятие было введено в 1990 для определения риска у пациентов с LQTS (61). С введением этого понятия, дисперсия QT была одна из самых популярных тем в исследовании ЭКГ. В ноябре 2006 г. поиск PubMed процитировал 670 публикаций с дисперсией QT в названии, а поиск Google “измерение дисперсии QT” показал 171 000 ссылок.

Понятие дисперсии QT привело к предположению, что дисперсия QT является мерой региональной или локальной гетерогенности миокардиальной реполяризации. Многочисленные исследования показывают

Предполагаемый увеличенный риск заболеваемости и смертности при увеличении дисперсии QT. Однако, появились существенные методологические проблемы с измерением дисперсии QT, которые подняли фундаментальные вопросы о законности этого понятия (62–65). В принципе, предположение, что дисперсия QT это мера региональной или ограниченной разнородности миокардиальной реполяризации, подразумевает, что

отведения с самым коротким и самым длинным QT содержат информацию в кончной части зубца T, которая не присутствует в первых 3 ортогональных компонентах ЭКГ в 12 отведениях (или в обобщенном зубце T) (65).

До соответственно утвержденных данных в определенных клинических условиях, представительно показывающих, что дисперсия QT на поверхностной ЭКГ есть копия ограниченной дисперсии миокардиальной реполяризации и передает соответственно сильный небиполярный информационный сигнал, который не может быть извлечен из X, Y, Z компонентов, кажется нерациональным включать это, как часть рутинного заключения ЭКГ.