

СТАТЬЯ

УДК 612.13

**ЭКГ АНАЛИЗ ИНТЕРВАЛА Q-Tc С ПОЗИЦИЙ ФИЗИОЛОГИЧНОСТИ
СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ****Воробьев Л.В.***Лечебно-диагностический центр «Виком-мед», Кременчуг, e-mail: leonid.vorobiov51@gmail.com*

Сердечно-сосудистая патология стабильно занимает первое место по заболеваемости и по смертности среди населения и в динамике она увеличивается. Не проводя активной первичной профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, остановить приток новых больных не удастся. Для профилактики нарушений сердечной деятельности необходимо выявлять ранние признаки формирования патологии, что возможно из анализа физиологичности сердечных сокращений и доступно из анализа временных показателей ЭКГ. Сердце является важным компонентом сердечно-сосудистой системы, обеспечивая нагнетание крови в сосудистую систему через процесс систолы желудочков сердца, отображаемой на ЭКГ интервалом Q-T. В медицинской практике анализу этого показателя в сравнении его с должным показателем интервала Q-T уделяется недостаточно внимания. Зачастую это связано с неоднозначностью получаемых результатов с помощью разнообразных формул его расчета должного и скорректированного интервала Q-T, которые вступают в противоречие с физиологией сердечных сокращений при изменении ЧСС. В данной работе проанализированы все имеющиеся формулы расчета должного и скорректированного интервала Q-T (Q-Tr и Q-Tc) на предмет соответствия их результатов физиологии сердечных сокращений и выявлено, что часть из них этим требованиям не соответствует. Использование формул, не противоречащих физиологии сердца, позволяет повысить качество анализа электрической систолы желудочков, выявляя начальные формы ее нарушения и вовремя профилактировать снижение функции сократительной функции миокарда.

Ключевые слова: электрическая систола желудочков, интервал Q-T, должный интервал Q-Tr, скорректированный интервал Q-Tc

**ECG ANALYSIS OF THE Q-Tc INTERVAL FROM THE POSITION
OF THE PHYSIOLOGICALITY OF HEART RATES****Vorobev L.V.***Medical and Diagnostic Center «Vicom-med», Kremenchug, e-mail: leonid.vorobiov51@gmail.com*

Cardiovascular pathology consistently ranks first in morbidity and mortality among the population and increases in dynamics. Without conducting active primary prevention of cardiovascular diseases, it is not possible to stop the influx of new patients. For the prevention of cardiac abnormalities, it is necessary to identify early signs of the formation of pathology, which is possible from the analysis of the physiological nature of heart contractions and is available from the analysis of temporary ECG indicators. The heart is an important component of the cardiovascular system, providing blood injection into the vascular system through the process of systole of the ventricles of the heart, displayed on the ECG at a Q-T interval. In medical practice, not enough attention is paid to the analysis of this indicator in comparison with its proper indicator of the Q-T interval. Often this is due to the ambiguity of the results obtained using a variety of formulas for calculating the proper and corrected Q-T interval, which conflict with the physiology of heart contractions when the heart rate changes. In this paper, we analyzed all available formulas for calculating the proper and corrected Q-T interval (Q-Tr and Q-Tc) for compliance of their results with the physiology of heart contractions and revealed that some of them do not meet these requirements. The use of formulas that do not contradict the physiology of the heart, allows you to improve the quality of the analysis of electrical systole of the ventricles, identifying the initial forms of its violation and in time prevent the reduction of myocardial contractile function.

Keywords: electric ventricular systole, interval Q-T, proper Q-Tr interval, corrected interval Q-Tc

Нарастающая актуальность патологии органов кровообращения подтверждается статистическими данными заболеваемости с 2006 по 2013 г., где общая заболеваемость системы кровообращения выросла на 9,5% [1].

Патология сердечно-сосудистой системы стойко занимает первое место и по заболеваемости, и по смертности. В структуре общей смертности по последним данным заболевания сердечно-сосудистой системы в Украине составляют 66%, в России 57% и в совокупности смерть забирает до 2 млн человек ежегодно [2–4].

Главной задачей системы кровообращения является обеспечение организма должным кровотоком в зависимости от его

изменяющихся потребностей. Сердце обеспечивает эту динамику кровотока через изменение ЧСС. Динамика ЧСС достигается изменением временных параметров сердечного цикла, отображаемого на ЭКГ зубцами, сегментами, интервалами. При учащении ЧСС временные параметры уменьшаются и наоборот. Сердце должно обеспечивать жизнь организма и в состоянии покоя, и в состоянии нагрузки. Нормативные показатели в покое еще не гарантируют норму в нагрузке. Поэтому, оценивая здоровье сердца, необходимо анализировать его показатели как в состоянии покоя, так и в состоянии нагрузки. Изменение ЧСС в сторону увеличения достигается в том числе и пробой с гипер-

вентиляцией, что не вносит организационных трудностей для традиционной схемы снятия ЭКГ в покое. Одной из важнейших составляющих общей систолы сердца является электрическая систола желудочков, отображаемая на ЭКГ интервалом Q-T [5]. Интервал Q-T несет в себе информацию как о состоянии проводящей системы миокарда желудочков, состоянии сократительной способности миокарда, так и о состоянии обменных процессов в миокарде.

Многолетняя статистика показывает, что без активной первичной профилактики, ежегодно на смену умершим приходит такое же или большее количество новых больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Своевременное выявление и анализ ранних признаков формирования патологии в этой части сердечной деятельности позволяет аргументированно проводить профилактические мероприятия по предупреждению сердечной недостаточности.

Анализ ЭКГ подразумевает сравнение фактического показателя с нормативным. Для этого используются нормативные показатели для различной и меняющейся ЧСС и главным показателем является показатель электрической систолы желудочков сердца – интервал Q-T. Физиология сердечных сокращений подразумевает одинаковую по количеству и направленности динамику показателя факта и должного (нормы). Для определения должного показателя электрической систолы желудочков сердца (Q-T) используют разные формулы ее расчета, и эти показатели должны отвечать требованиям физиологии сердечных сокращений в условиях изменяющейся ЧСС. Нормативное (должное) значение должно уменьшаться при увеличении ЧСС и, наоборот, повторяя за фактом направленность динамики. Bazett (1920), Fridericia (1920), Hegglin и Holzmann (1937) были первыми исследователями оценки состояния электрической систолы желудочков. Bazett предложил формулу для расчета должного интервала – $(Q-T)_p = k \cdot \sqrt{RR}$, где k – коэффициент эмпирически найденной нормы интервала Q-T. (для мужчин 370, для женщин 400) [6]. Hegglin и Holzmann предложили единый показатель коэффициента – 390 [7]. В 1947 г. L. Taran и Szilagyi модифицировали формулу Bazett в виде коррекции фактического интервала Q-T по ЧСС ($Q-T_c = Q-T/\sqrt{RR}$) [8] и должный интервал Q-T получил термин скорректированный (Q-T_c), но это не изменило его назначения, как должного интервала Q-T.

В литературе отмечается, что формула Базетта не вполне корректна. в виде излишней корректировки при высокой частоте сердечных сокращений и недостаточной

корректировке при брадикардии [9]. Собственно, это и обусловило появление различных модификаций формулы расчета в виде скорректированного по ЧСС интервала Q-T_c (Framigan, Taran, Hedlin, Frederic). При наличии нескольких формул расчета естественно возникает вопрос – какую формулу наиболее рационально использовать в анализе интервала Q-T и какие формулы отвечают критериям физиологии сердечных сокращений?

Физиология сердечной деятельности предполагает:

- поэтапное чередование фаз возбуждения и покоя миокарда, отображаемые на ЭКГ зубцами, комплексами, интервалами и сегментами;

- изменение ЧСС под потребности организма от брадикардии до тахикардии;

- увеличение ЧСС происходит за счет сокращения времени протекания всех процессов в миокарде, приводя к сокращению времени всех элементов ЭКГ по мере возрастания ЧСС;

- величина динамики разных элементов ЭКГ на увеличение ЧСС – разная. При одинаковом увеличении ЧСС, динамика изменения времени диастолы (сегмент T-P) намного опережает динамику изменения времени систолы миокарда (зубцы P, QRS-T) [10].

Цель исследования: оценить получаемые результаты должного интервала Q-T с позиций соответствия их физиологии сердечных сокращений для целей рационализации использования имеющихся формул расчета должного интервала Q-T в анализе электрической систолы сердца при меняющейся ЧСС.

Материалы и методы исследования

Проанализированы 50 ЭКГ лиц, прошедших исследование сердечной деятельности в состоянии покоя и нагрузки. Нагрузка выполнялась произвольная, приводящая к учащению ЧСС в среднем на 30 ударов от исходного уровня. Возрастные границы обследованных от 10 лет до 71. Средняя разница между ЧСС покоя и нагрузки составила 34 с границами ЧСС от 48 в покое до 156 в нагрузке. Определялись фактические интервалы Q-T в покое, после нагрузки и их динамика. Выполнялись расчеты должного и скорректированного интервала Q-T по всем имеющимся формулам с оценкой их динамики при увеличении ЧСС.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 приведены обобщенные результаты времени фактического интервала Q-T в покое и нагрузке в группе лиц с 10 до 71 года, с указанием динамики фактического интервала Q-T на увеличение ЧСС.

Из приведенных данных следует, что по мере возрастания ЧСС происходит сокращение времени интервала Q-T, которое в данном примере уменьшилось на 12,5% от исходного уровня.

В анализ фактического интервала Q-T входит сравнение его с должными значениями интервала Q-T. В норме все изменения фактического показателя Q-T сопровождаются однонаправленными и синхронными изменениями нормы – должного показателя Q-Тр. В идеале в здоровом сердце фактический интервал Q-T и должный интервал Q-Тр должны совпадать и при изменении ЧСС динамика их должна быть синхронной и однонаправленной. Соответственно, этим требованиям физиологии сердечных сокращений должны отвечать все формулы расчета должного интервала Q-Тр. В табл. 2 представлены результаты фактического и должного интервала Q-Тр, рассчитанных по формулам Bazett и Hegglin, и их динамика.

Как видно из табл. 2, динамика фактического и должного показателя интервалов

Q-T совпадает по направленности и синхронности, демонстрируя уменьшение показателей по мере возрастания ЧСС. Количественный итог динамики интервалов Q-T зависит от достигнутой разности между ЧСС покоя и ЧСС нагрузки.

Пример динамики интервала Q-T на нагрузку при минимальной разнице ЧСС, представлен примером ЭКГ (рис. 1 и 2) и в табл. 3. На рис. 1 отображена ЭКГ с ЧСС 89 и Q-T 310 мс. На рис. 2 отображена ЭКГ с ЧСС – 103 и Q-T – 305 мс. Данные этих ЭКГ демонстрируют уменьшение фактического интервала Q-T на 1,7% при увеличении ЧСС на 14 ударов в 1 минуту.

В табл. 3 представлена динамика фактического и должного интервалов Q-Тр при изменении ЧСС и составившая его уменьшение на 6–7%. Результаты динамики показателей фактического и должного интервалов Q-T с использованием формул (Bazett, Hegglin) демонстрируют уменьшение времени Q-T и зависимость уменьшения от разницы ЧСС.

Таблица 1

Усредненные фактические показатели ЭКГ в покое и нагрузке с их динамикой

Показатель (мс)	в покое	в нагрузке	динамика %
R-R	890	612	
ЧСС	67	98	
Фактический Q-T	395	349	-12,5%

Таблица 2

Усредненные фактические и должные показатели ЭКГ в покое и нагрузке с их динамикой

Показатель (мс)	в покое	в нагрузке	динамика %
R-R	890	612	
ЧСС	67	98	
Фактический Q-T	395	349	-12,5%
Должный Q-Тр Bazett	364	300	-17,6%
Должный Q-Тр Hegglin	367	304	-17,2%



Рис. 1. ЭКГ в покое



Рис. 2. ЭКГ в нагрузке

Таблица 3

Динамика фактического и должного интервалов Q-T при минимальной разнице ЧСС

Показатель (мс.)	ЭКГ покоя	ЭКГ нагр.	Динамика %
R-R (мс)	674	582	
ЧСС	89	103	
Фактический интервал Q-T	310	305	-1,7%
Q-Tp Bazett	303	282	-7%
Q-Tp Hegglin, Holzman	320	298	-6,9%

Таблица 4

Фактические и должные величины интервала Q-T с их динамикой при максимальной ЧСС

Показатель (мс)				динамика %
ЧСС	97	130	165	
Фактический Q-T	374	314	269	-28%
Q-Tp Bazett	290	256	223	-23%
Q-Tp Hegglin	306	269	235	-23%

Таблица 5

Фактические и должные величины интервала Q-T и его динамика при увеличении ЧСС с использованием других формул его расчета

Показатель (мс)	в покое	в нагрузке	динамика показателя
R-R	890	612	
ЧСС	67	98	
Фактический Q-T.	395	349	-12,5%
Q-Tp Bazett	364	300	-17,6%
Q-Tp Hegglin	367	304	-17,2%
Q-Tc Taran	420	459	+9,5%
Q-Tc Framigan.	409	428	+4,6%
Q-Tc Hedlin.	378	400	+5,8%

Возможное максимальное сокращение времени систолы желудочков при возможной максимальной ЧСС достигает одной трети от интервала Q-T ЭКГ покоя. Пример такой динамики интервала Q-T при максимальной разнице ЧСС представлен в табл. 4.

Как видно из приведенных результатов (табл. 4), динамика фактического и должного интервалов Q-T на нагрузку при максимальной разнице ЧСС совпадает как по направленности, так и количественно. В ответе должного интервала Q-T на тахикардию при использовании формул Bazett, Hegglin не отмечено разногласий с физиологией сердечных сокращений ни по направленности динамики, ни по количественному показателю динамики. Разница в количественной динамике между фактическим и должным интервалом Q-T выравнивается при большей разнице между ЧСС покоя и ЧСС нагрузки.

По мере увеличения ЧСС при корриговании должного показателя интервала P-Q по формулам Bazett, Hegglin отмечается увеличение количественного расхождения между фактическим интервалом Q-T и должным Q-Tp в сторону уменьшения должного пока-

зателя. В указанной группе обследованных лиц при разнице ЧСС на 14 ударов в 1 минуту разница составляет 7,6%, при разнице ЧСС на 33 удара в 1 минуту разница составляет 13%, при разнице ЧСС на 68 ударов в 1 минуту разница показателей между фактическим и должным интервалом Q-T составила 16%.

Динамика сердечной деятельности (интервал Q-T) при увеличении ЧСС с использованием других формул расчета должного интервала Q-T для той же группы обследованных (10–71 год) представлена в табл. 5.

Как видно из результатов табл. 5, при использовании других формул, корригирующих интервал Q-T по ЧСС, они вступают в противоречие с физиологической реакцией сердечной деятельности при увеличении ЧСС. Показатели корригированного интервала (Q-Tc) идут в противоположную сторону от фактических величин Q-T и противоречат физиологии сердечных сокращений. При увеличении ЧСС корригированный интервал Q-Tc вместо уменьшения увеличивается и значительно расходится количественно и качественно в динамике с фактическими показателями интервала Q-T.

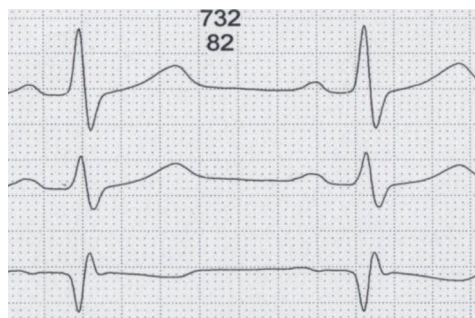


Рис. 3. ЭКГ в покое



Рис. 4. ЭКГ в нагрузке

Таблица 6

Реакция должных величин интервала Q-Tс при увеличении ЧСС

Показатель (мс)	ЭКГ покоя	ЭКГ нагрузки	Динамика
R-R	732	476	
ЧСС	82	126	
Фактический интервал Q-T	360	322	-19,6%
Q-Tr Bazett	316	255	-19,4%
Q-Tr Hegglin, Holzman	333	269	-19,3%
Q-Tc Bazett в модификации Taran, Szilagi	421	446	+5,9%
Q-Tc Framingham	401	388	-3,3%
Q-Tc Frideric	413	474	+14,7%
Q-Tc Hodges	410	441	+7,5%

Картина динамики фактического, должного и корригированного интервала Q-T при увеличении ЧСС представлена в виде конкретного примера результатов ЭКГ (рис. 3 и 4) и динамики интервала Q-T (табл. 6), рассчитанных по всем формулам.

На рис. 3 отображена ЭКГ с ЧСС – 82 и Q-T – 360 мс. На рис. 4 отображена ЭКГ с ЧСС – 126 и Q-T – 322 мс. Данные этих ЭКГ демонстрируют уменьшение фактического интервала Q-T на 19,6%, при увеличении ЧСС на 44 удара в 1 минуту. В табл. 6 представлена динамика должных величин интервала Q-Tс при использовании различных формул расчета должного значения интервала Q-Tс.

Из приведенных данных в табл. 6 видна физиологическая динамика сердечной деятельности в виде синхронного и однонаправленного уменьшения фактического и должного интервалов Q-Td при увеличении ЧСС с использованием формул расчета по Bazett, Hegglin, Holzman. Количественное отличие должного интервала Q-Tr от фактического интервала Q-T, при увеличении ЧСС на 44 удара в 1 минуту составляет от 16% до 21% в сторону уменьшения

Q-Tr. Количественное отличие корригированного интервала Q-Tс от фактического интервала Q-T, при увеличении ЧСС на 44 удара в 1 минуту в среднем составляет 36% в сторону увеличения. Динамика корригированного интервала Q-Tс по формулам других авторов противоречит физиологической реакции сердечной деятельности в виде увеличения Q-Tс по мере возрастания ЧСС и отличается большим отличием факта от должного, чем при использовании формул Bazett, Hegglin.

Выводы

1. Основным критерием оценки корректности получаемого результата должного (Q-Tr) и корригированного (Q-Tс) интервала Q-T при использовании различных формул расчета должно быть соблюдение законов физиологии сердечной деятельности при изменении ЧСС.

2. Выявлено противоречие динамики интервала Q-Tс при увеличении ЧСС. Противоречие физиологии сердечных сокращений при увеличении ЧСС связано с использованием в дополнительных формулах расчета корригированного по ЧСС интервала

Q-Tс двух переменных составляющих (R-R и QRS-T), имеющих разную скорость их динамики на единицу изменения ЧСС, что в конечном счете приводит к искажению результатов должного интервала Q-Tс и не позволяет достоверно оценить состояние фактического интервала Q-T.

3. В определении должного интервала Q-Tr наиболее отвечают требованиям физиологии сердечных сокращений формулы, предложенные авторами Bazett, Hegglin, Holzman.

Список литературы

1. Общая заболеваемость населения Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://static-2.gosminzdrav.ru/222.../Здравоохранение_Российской_Федерации_Итоги... (дата обращения: 25.12.2018).
2. Сердечно-сосудистые заболевания уносят около 400 тыс. жизней украинцев ежегодно 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.apteka.ua/article/427963> (дата обращения: 25.12.2018).

3. Чазова И.Е., Ощепкова Е.В. Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями: проблемы и пути их решения на современном этапе // Вестник Росздравнадзора. 2016. № 5. С. 7–10.

4. Смертность от болезней системы кровообращения и продолжительность жизни [Электронный ресурс]. URL: <https://demreview.hse.ru/article/download/1761/2484/2017> (дата обращения: 25.12.2018).

5. Вымятина З.К., Семенцов А.С. Физиология сердечно-сосудистой системы: учебно-методическое пособие. Томск, 2016. 60 с.

6. Bazett H.C. An analysis of the time-relations of electrocardiograms. Heart. 1920 (7). P. 353–370.

7. Bazett H.C. An analysis of the time-relations of electrocardiograms. Heart. 1920. № 7. P. 353–370.

8. Taran L.M., Szilagy N. The duration of the electrical systole (QT) in acute rheumatic carditis in children. Amer. J. Heart. 1947. Vol. 33. P. 14–26.

9. Интервал QT [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интервал_QT (дата обращения: 25.12.2018).

10. Воробьев Л.В. Современные возможности в ранней диагностике и профилактике нарушений сердечно-сосудистой системы: монография. 2018. С. 68–67.