

Разработка методов оценки интервала QT при блокаде левой ножки пучка Гиса

Ю.Э. Терегулов^{1,2,4}, Е.А. Ацель¹, Л.Ф. Саямова¹, Ф.Р. Чувашаева^{1,4},
А.Ю. Терегулов^{3,4}, И.И. Милутина¹

¹Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань

²Казанский государственный медицинский университет, г. Казань

³Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

⁴Государственное автономное учреждение здравоохранения «Республиканская клиническая больница» Министерства здравоохранения Республики Татарстан, г. Казань

РЕЗЮМЕ

Актуальность разработки обусловлена тем, что удлинение или укорочение интервала QT связано с повышенным риском внезапной сердечной смерти и нет доказанной и признанной методики расчета скорректированного интервала QT при блокаде левой ножки п. Гиса (БЛНПГ).

Цель исследования. Разработка методики, позволяющей оценивать длительность скорректированного интервала QT у пациентов с БЛНПГ с наибольшей точностью.

Проведен анализ ЭКГ у 43 пациентов, среди которых 31 женщина и 12 мужчин. Пациенты включались в исследование при наличии у них записей ЭКГ до и после развития БЛНПГ. При этом частота сердечных сокращений (ЧСС) на электрокардиограммах должна была входить в диапазон 50–90 уд/мин, а разница в ЧСС у пациента с БЛНПГ и без БЛНПГ была не более 10 уд/мин. Из исследования исключались пациенты с перенесенным инфарктом миокарда в анамнезе. На основании анализа ЭКГ до и после развития БЛНПГ разработаны два метода расчета QTc, которые позволили скомпенсировать удлинение QT за счет расширения QRS при БЛНПГ и показали высокую точность расчета QTc по разным формулам, сравнивая расчетные значения при БЛНПГ с данными QTc до развития БЛНПГ.

1. Метод линейной регрессии

Bazett $QTc_{linB} = 120,5692 + 0,6315 \times QT_{cBb}$

Fridericia $QTc_{linF} = 130,4425 + 0,6024 \times QT_{cFb}$

Sagie $QTc_{linS} = 125,4726 + 0,6182 \times QT_{cSb}$,

где QT_{cBb} , QT_{cFb} , QT_{cSb} — продолжительность скорректированных значений QT при БЛНПГ по формулам Bazett, Fridericia, Sagie, соответственно

2. Метод компенсации QT на уширение QRS за счет БЛНПГ

$QT_k = QT_b - (QRS_b - 100 \text{ мс})$ с последующим расчетом значений QTc по формулам Bazett, Fridericia, Sagie исходя из значений QT_k .

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: блокада левой ножки пучка Гиса, интервал QT, скорректированный QT, Bazett, Fridericia, Sagie, внезапная сердечная смерть.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Development of QT interval evaluation methods in the presence of left bundle branch block

Yu. E. Teregulov^{1,2,4}, E. A. Atsel¹, L. F. Salyamova¹, F. R. Chuvashaeva^{1,4}, A. Yu. Teregulov^{3,4}, I. I. Miliutina¹

¹Kazan State Medical Academy, Kazan, Russia

²Kazan State Medical University, Kazan, Russia

³Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

⁴Republican Clinical Hospital, Kazan, Russia

SUMMARY

The relevance of this development is due to the fact that prolongation or shortening of the QT interval is associated with an increased risk of sudden cardiac death and there is no validated and recognized method to calculate corrected QT interval (QTc) in left bundle branch block (LBBB).

The aim of the study is to develop a method for evaluating the duration of corrected QT interval in patients with LBBB.

Electrocardiograms (ECGs) of 43 patients, including 31 women and 12 men, were analyzed. Patients were included in the study if they had ECGs before and after the manifestation of LBBB. At the same time the heart rate (HR) on ECGs should have been 50–90 bpm and the difference in heart rate on ECGs with and without LBBB was no more than 10 bpm. Patients who have suffered myocardial infarction were excluded from the study. Based on the analysis of ECGs before and after the manifestation of LBBB, two methods to calculate QTc have been developed. These methods make it possible to compensate for prolongation of the QT interval caused by enlargement of QRS and demonstrated high accuracy in the calculation of QTc by different formulas, comparing the calculated values for LBBB and values of QTc before the development of LBBB.

1. Linear regression method

Bazett $QTc_{linB} = 120,5692 + 0,6315 \times QT_{cBb}$

Fridericia $QTc_{linF} = 130,4425 + 0,6024 \times QT_{cFb}$

Sagie $QTc_{linS} = 125,4726 + 0,6182 \times QT_{cSb}$,

QT_{cBb} , QT_{cFb} , QT_{cSb} — the duration of the corrected values of QT in LBBB according to the formulas of Bazett, Fridericia, Sage, respectively.

2. Method of QT interval compensation for enlargement of QRS in LBBB

$QT_k = QT_b - (QRS_b - 100 \text{ ms})$ and the subsequent calculation of QTc by the formulas of Bazett, Fridericia, Sage based on the values of QT_k .

KEY WORDS: Left bundle brunch block, QT interval, corrected QT, Bazett, Fridericia, Sagie, sudden cardiac death.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Блокада левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) довольно часто встречающаяся на ЭКГ патология. Согласно эпидемиологическим исследованиям последних лет, встречаемость блокады левой ножки в общей популяции населения составляет 0,1–0,8 %. [1]. При этом частота встречаемости БЛНПГ в общей популяции увеличивается с возрастом, к 50 годам встречаемость достигает 1,2 %, а к 80 годам – 17 % [2].

Самая частая причина БЛНПГ (до 80 %) – это ишемическая болезнь сердца и гипертоническая болезнь, но в редких случаях она встречается у здоровых людей, а также при какой-либо не диагностированной патологии [3].

При БЛНПГ нарушается проводимость по основному стволу ножки до его разветвления на ветви или одновременно по передней и задней ветвям левой ножки пучка Гиса. Это вызывает уширение комплекса QRS ЭКГ и изменение направления реполяризации в левом желудочке [4].

Пациенты с БЛНПГ, страдающие ИБС, имеют высокие риски внезапной смерти, основной причиной которой являются желудочковая эктопия с переходом в фибрилляцию желудочков. Для предотвращения желудочковых аритмий используются антиаритмические препараты, которые могут оказывать влияние на продолжительность потенциала действия и, соответственно, на продолжительность интервала QT, и вызвать проаритмогенный эффект с развитием внезапной сердечной смерти [5]. Поэтому крайне важно при антиаритмической терапии контролировать интервал QT. В то же время сегодня нет утвержденных методов расчета и оценки QTc при блокаде левой ножки пучка Гиса.

Интервал QT отражает процессы деполяризации и реполяризации миокарда желудочков [6]. Удлинение или укорочение интервала QT связывают с повышенным риском развития фатальных нарушений ритма и внезапной сердечной смерти [7, 8]. Аномальная длительность интервала QT может быть врожденной или приобретенной – вследствие каналопатий, электролитного или гормонального дисбаланса в организме, ишемии миокарда или как побочное действие лекарственных средств, что требует контроля продолжительности QT-интервала при проведении терапии и соответствующей ее коррекции [9, 10].

Продолжительность интервала QT зависит от длительности потенциала действия миокардиоцитов, толщины миокарда и времени охвата возбуждением миокарда желудочков сердца. В то же время, риски развития фатальных аритмий сердца определяются, прежде всего, длительностью потенциала действия (ПД), удлинение и укорочение которого приводит к развитию триггерной активности и осцилляторной деполяризации миокардиоцита. Удлинение QT за счет замедления проводимости в желудочках сердца прямого влияния на формирование триггерных аритмий не оказывает. В связи с этим, задача оценки продолжительности интервала QT у пациентов с уширением QRS за счет блокады ножек п. Гиса связана с необходимостью выделить удлинение QT за счет удлинения ПД, что отражает риски развития фатальных аритмий [9].

Интервал QT величина не постоянная и зависит от частоты сердечных сокращений. Для оценки интервала QT принято применять не абсолютные значения, а скорректированные по ЧСС. В этом случае интервала QT приводится

к его значению при ЧСС 60 ударов в минуту. Для расчета скорректированного интервала QT, как правило, применяется формула Н. С. Bazett: $QTc_B = QT / \sqrt{RR}$ [11]. Также используется формула L. S. Fridericia: $QTc_F = QT / \sqrt[3]{RR}$ [12]. Позднее были предложены линейные формулы расчета QTc, одна из которых предложена А. Sagie: $QTc_s = QT + 0,154 \times (1 - RR)$ [13]. Использование различных формул коррекции QT по ЧСС связано с ограничениями их применения, так наиболее распространенная формула Bazett может применяться только при ЧСС от 50 до 90 в мин., в остальных случаях используются методы расчета Fridericia или Sagie [14, 15].

Для проведения корректной оценки длительности интервала QT у пациентов с БЛНПГ необходимо компенсировать уширение QT за счет продолжительности QRS. Для этого использовались различные подходы. Pentti M. Rautaharju с соавт. изучали вопрос оценки удлиненных интервалов QT и JT при нарушениях внутрижелудочковой проводимости. Было предложено анализировать интервал JT (интервал от начала точки J до окончания зубца T) и интервал QTc скорректированный по формуле Bazett минус QRS; изучалась связь между интервалами RR, JT и QT в группе взрослых мужчин женщин (1251 человек) с нарушениями внутрижелудочковой проводимости. Было установлено, что сохраняется сильная корреляция между JT и ЧСС. Авторы выявили, что при нарушении внутрижелудочковой проводимости продолжительность желудочкового комплекса оказывает существенное влияние на продолжительность QT, но не на JT [16]. В то же время, нормативы для скорректированного интервала JT отсутствуют в отличие от скорректированного интервала QTc. Таким образом, мы не можем опираться на данные продолжительности JT для оценки удлинения интервала QT.

Narilaos Bogossian и соавторы предложили другой способ оценки интервала QT у пациентов с БЛНПГ. Способ заключается в коррекции интервала QT путем вычитания 50 % продолжительности QRS от измеренного интервала QT. Затем методом Bazett рассчитывали скорректированный QT [17, 18]. Авторы проводили измерения QT при электрокардиостимуляции верхушки и выходного тракта правого желудочка, получая ЭКГ, похожую на БЛНПГ. Однако, стимуляционный комплекс QRS из правого желудочка не является полным аналогом БЛНПГ ни по электрофизиологическим, ни по гемодинамическим проявлениям, поэтому, считаем, что данный способ коррекции QT требует проверки.

Таким образом, в настоящее время нет доказанной и признанной методики расчета скорректированного интервала QT при БЛНПГ. В связи с этим, мы провели исследование, целью которого стала разработка методики, позволяющей оценивать длительность скорректированного интервала QT у пациентов с БЛНПГ с наибольшей точностью.

Материал и методы

В ходе исследования был проведен анализ электрокардиограмм у 43 пациентов, среди которых 31 женщина в возрасте $73,7 \pm 9,9$ (M $\pm\sigma$) лет и 12 мужчин в возрасте $68,6 \pm 11,8$ (M $\pm\sigma$) лет. Пациенты включались в исследование при наличии у них записей ЭКГ до и после развития БЛНПГ. При этом частота сердечных сокращений (ЧСС)

на электрокардиограммах должна была входить в диапазон 50–90 уд/мин, а разница в ЧСС у пациента с БЛНПГ и без БЛНПГ была не более 10 уд/мин.

Из исследования исключались пациенты, у которых на ЭКГ без БЛНПГ невозможно было достоверно измерить интервал QT, а также с выраженными изменениями процессов реполяризации (отрицательные зубцы T, изменения сегмента ST) на ЭКГ без БЛНПГ, больные с перенесенным инфарктом миокарда в анамнезе, хронической почечной недостаточностью.

Пациенты не получали антиаритмическую терапию, влияющую на продолжительность интервала QT.

Продолжительность QRS и QT измеряли вручную в отведениях, где определялись самые длинные интервалы.

Исключение из исследования пациентов с выраженными нарушениями процессов реполяризации позволило нам не включать больных с ишемией миокарда и электролитными дисбалансом, так как в этих случаях может возникать интермиттирующее удлинение интервала QT.

Ограничение по ЧСС 50–90 в минуту было связано с тем, что при тахикардии и брадикардии использование метода Bazett расчета скорректированного QT невозможно, а нормативные значения этого параметра приняты только по данной формуле. Близкие значения ЧСС на ЭКГ с БЛНПГ и без БЛНПГ позволили нам снизить влияние ЧСС на продолжительность ПД и, таким образом, на интервал QT. Пациенты с перенесенным инфарктом миокарда также исключались из исследования, так как в этих случаях замедление проведения в миокарде было связано не только с БЛНПГ, но и с зоной рубцовых изменений.

В ходе исследования учитывались значения ЧСС, длительность интервалов R-R, Q-T, длительность комплекса QRS для каждой ЭКГ записи. Значения QT и QRS до развития БЛНПГ использовались в качестве референтных и обозначались в виде QT_r и QRS_r.

Корректированный интервал QT рассчитывали по формулам Bazett: $QT_{CB} = QT/\sqrt{RR}$ [11], Fridericia: $QT_{CF} = QT/\sqrt[3]{RR}$ [12] и Sagie: $QT_{CS} = QT + 0,154 \cdot (1 - RR)$ [13].

Мы предложили для компенсации удлинения QT за счет БЛНПГ вычесть из исходного значения QT при БЛНПГ (QT_b) разницу между QRS при БЛНПГ (QRS_b) и нормальным значением продолжительности QRS комплекса (QRS_N). Тогда формула расчета компенсированного (истинного) значения QT при БЛНПГ (QT_k) примет вид:

$$QT_k = QT_b - (QRS_b - QRS_N)$$

В качестве нормального значения комплекса QRS брались значения QRS_N = 100 мс; 95 мс; 90 мс; 85 мс; 80 мс.

Также мы рассчитали компенсированный интервал QT методом Harilaos Bogossian по следующей формуле:

$$QT_{kb} = QT_b - \frac{QRS_b}{2} [18].$$

Затем рассчитывался скорректированный QT (QT_c) с учетом компенсации на уширение QRS за счет БЛНПГ по формулам Bazett (QT_{cB}), Friderici (QT_{cF}) и Sagie (QT_{cS}).

Сравнили полученные значения скорректированного QT (QT_c), рассчитанные разными методами, со значениями QT_c при отсутствии БЛНПГ у этого же пациента (QT_{cr}).

Для оценки точности метода расчета нами был вычислен процент отклонения значений QT_c при широких и узких комплексах QRS по формуле (d %).

$$d\% = \frac{|QT_{cK} - QT_{cr}|}{QT_{cK}} \times 100\%$$

Статистический анализ проводился в программе Statistica 8. Данные представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение (M±σ). Выборка данных тестировалась на нормальное распределение с помощью теста Шапиро-Уилка. Для определения различий между группами использовался t-критерий Стьюдента. Различия считались значимыми в случае p < 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные ЭКГ до и после развития БЛНПГ представлены в таблице 1.

По ЧСС до и после формирования блокады ЭКГ не отличались. По всем остальным параметрам выявлены достоверные различия. Как мы уже упоминали, введенные нами ограничения по ЧСС в отборе пациентов для исследования, были связаны с тем, что при ЧСС от 50 до 90 уд в мин. мы имели возможность использовать метод расчета QT_c по формуле Bazett, как наиболее часто используемый метод. При брадикардии и тахикардии данный метод дает некорректные результаты. Кроме того, мы ограничили разброс ритма у одного пациента при ЭКГ с узкими (QRS_r) и широкими (QRS_b) комплексами QRS, что также связано с тем, что ни одна формула расчета QT_c не является совершенной. Так как QT_c является скорректированным показателем по ЧСС и соответствует интервалу QT при ЧСС 60 уд. в мин., и в этом случае при корректном расчете QT_c этот показатель должен быть всегда одинаковым при любой ЧСС, а, в действительности, в норме он укорачивается при учащении сердечного ритма. Таким образом, уменьшение разброса ритма до 10 уд в мин. позволило нам нивелировать неточность расчета скорректированного QT, используя известные общепринятые методы.

Изучена корреляционная зависимость между интервалом QT_c, рассчитанным различными формулами на ЭКГ с БЛНПГ и без БЛНПГ. При использовании формулы Bazett коэффициент корреляции составил r = 0,7037, что свидетельствует о наличии сильной прямой связи между значениями скорректированных по Bazett интервалов QT_{cB} до развития блокады и скорректированных по Bazett интервалов QT_{cB} после развития БЛНПГ. При использовании формул Fridericia и Sagie коэффициенты корреляции составили 0,6612 и 0,6632,

Таблица 1
Показатели ЭКГ с БЛНПГ и без БЛНПГ

Показатели ЭКГ	Без БЛНПГ (M±σ)	БЛНПГ (M±σ)	p
RR, мс	847 ± 119,9	838 ± 104,1	0,484
ЧСС, уд/мин	72,2 ± 9,8	72,6 ± 8,5	0,689
QRS, мс	96,5 ± 8,8	151,3 ± 11,8	< 0,000
QT, мс	380 ± 23,8	425 ± 23,4	< 0,000
QT _{cB} , мс	415 ± 23,3	466 ± 25,8	< 0,000
QT _{cF} , мс	403 ± 19,4	452 ± 21,4	< 0,000
QT _{cS} , мс	404 ± 18,5	450 ± 19,9	< 0,001

Примечание: p – вероятность различия показателей, определённая парным критерием Стьюдента.

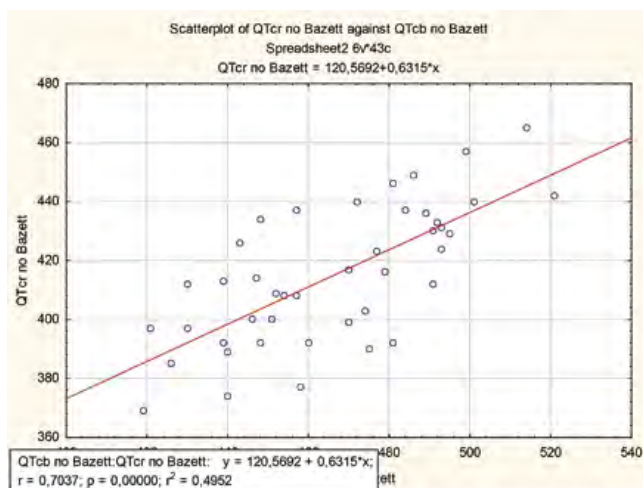


Рисунок 1. График линейной регрессии с скорректированными по Bazett интервалами $QT_{c,r}$ и $QT_{c,b}$, r – коэффициент корреляции; p – уровень значимости.

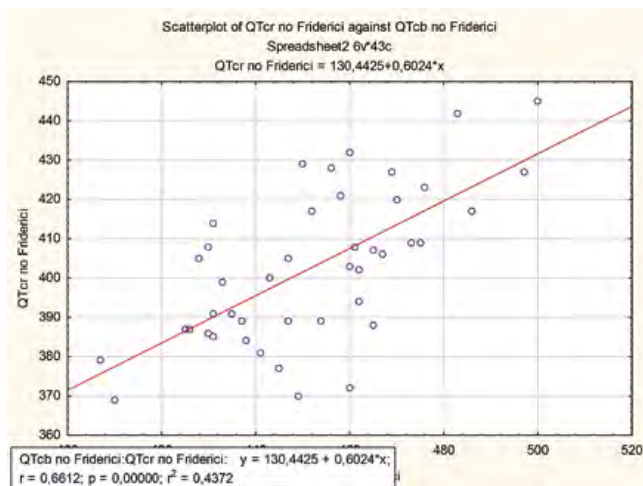


Рисунок 2. График линейной регрессии с скорректированными по Fridericia интервалами $QT_{c,r}$ и $QT_{c,b}$, r – коэффициент корреляции; p – уровень значимости.

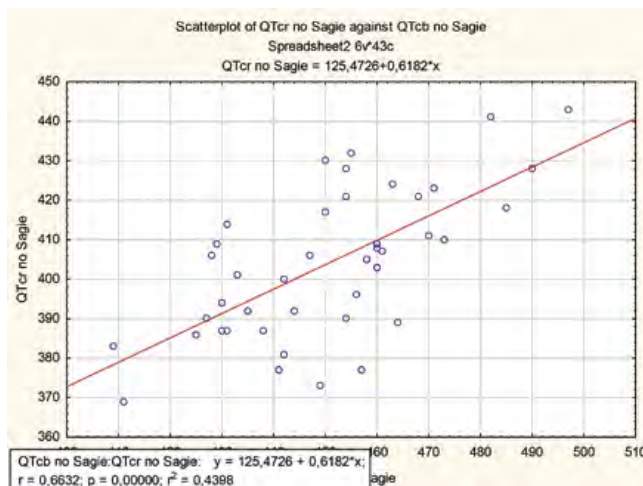


Рисунок 3. График линейной регрессии с скорректированными по Sagie интервалами $QT_{c,r}$ и $QT_{c,b}$, r – коэффициент корреляции; p – уровень значимости.

соответственно.

Нами был проведен линейный регрессионный анализ, данные которого представлены на рисунках 1, 2, 3.

На рисунке 1 представлен график линейной регрессии

корректированного QT по Bazett до развития БЛНПГ ($QT_{c,r}$) от корректированного QT по Bazett при БЛНПГ ($QT_{c,b}$).

Получена формула расчета корректированного QT у пациентов с БЛНПГ по методу Bazett ($QT_{c,lin}$):

$$QT_{c,linB} = 120,5692 + 0,6315 \times QT_{cBb}$$

На рисунке 2 изображена модель линейной регрессионной зависимости корректированного по Fridericia QT до развития БЛНПГ ($QT_{c,r}$) от корректированного по Fridericia QT при БЛНПГ ($QT_{c,b}$).

По графику выведена линейная формула расчета корректированного QT у пациентов с БЛНПГ по методу Fridericia ($QT_{c,linF}$):

$$QT_{c,linF} = 130,4425 + 0,6024 \times QT_{cFb}$$

Также была построена линейная зависимость корректированного по Sagie QT до БЛНПГ ($QT_{c,r}$) от корректированного по Sagie QT при БЛНПГ ($QT_{c,b}$). Данные представлены на рисунке 3.

Получена линейная формула расчета корректированного QT для пациентов с БЛНПГ по методу Sagie ($QT_{c,linS}$):

$$QT_{c,linS} = 125,4726 + 0,6182 \times QT_{cSb}$$

Проведен анализ точности различных методов расчета QT при БЛНПГ по данным. Учитывая то, что за референтные значения мы принимали продолжительность QT при отсутствии БЛНПГ (QT_r), данный показатель характеризует ошибку метода расчета чем процент отклонения ниже, тем точность метода выше. Данные представлены в таблице 2.

В таблице 2 приведены значения процента отклонения QT_c , полученного разными методами, от интервала QT_r .

- d% 100 – процент отклонения $QT_{c,k}$ при QRS_N принятом за 100 мс;
- d% 95 – процент отклонения $QT_{c,k}$ при QRS_N принятом за 95 мс;
- d% 90 – процент отклонения $QT_{c,k}$ при QRS_N принятом за 90 мс;
- d% 85 – процент отклонения $QT_{c,k}$ при QRS_N принятом за 85 мс;
- d% 80 – процент отклонения $QT_{c,k}$ при QRS_N принятом за 80 мс;
- d% 1/2 – процент отклонения $QT_{c,ab}$, полученного при корректировании QT_{cb} методики Bogossian;
- d% lin – процент отклонения $QT_{c,lin}$.

Наименьшее значение d%, т.е. наибольшая точность, наблюдалась при использовании линейной формулы расчета $QT_{c,lin}$ у пациентов с БЛНПГ при любой формуле расчета корректированного QT Bazett, Fridericia, Sagie. Таким образом, наиболее точным является метод № 7.

К этому методу по точности приближается метод, основанный на вычитании из значения QT_b величины удлинения QRS от нормальных значений, принимая за нормальные значения QRS – 100 мс (метод № 1). Все остальные методы расчета $QT_{c,k}$ при БЛНПГ дают значительную ошибку. Наихудший вариант демонстрирует метод Bogossian (№ 6). Это связано с тем, что авторы данной методики использовали электрокардиостимуляцию правого желудочка для имитации БЛНПГ, при этом форма QRS будет по типу БЛНПГ с продолжительностью не менее 160 мс. В этих случаях компенсация QT в 80 мс (50 % от QRS) допустима, так как нормальная продолжительность QRS может составлять 80 мс, и авторы получили удовлетворительный результат. В нашем исследовании продолжительность QRS при БЛНПГ была от 124 мс до 181 мс, в среднем $151,3 \pm 11,8$

Таблица 2
Ошибка расчета QTc по различным методикам

Метод расчета QTc	1	2	3	4	5	6	7
	d% 100 M±σ в% Абс в%	d% 95 M±σ в% Абс в%	d% 90 M±σ в% Абс в%	d% 85 M±σ в% Абс в%	d% 80 M±σ в% Абс в%	d% ½ M±σ в% Абс в%	d% lin M±σ в% Абс в%
Bazett	3,3±2,6 0,03–9,3	4,7±4,03 0,03–14,8	5,6±4,4 0,7–16,5	6,5±4,9 0,03–18,3	7,6±5,5 0,14–20,2	8,59±5,1 0,06–20,8	3,15±2,4 0,08–
Fridericia	4,3±3,1 0,03–11,5	4,8±3,6 0,5–13,1	6±4,4 0,3–18,2	6,5±4,7 0,07–16,6	7,6±5,3 0,09–18,4	11,9±5,8 0,71–25,98	2,8±2,24 0–8,58
Sagie	3,9±3 0,04–10,2	21±4,3 12,1–30,5	18,2±4,6 8,5–28,1	9,7±4,8 0,5–20,3	7,8±4,8 0,7–19,5	10,9±5,4 0,09–23,6	2,65±2,1 0,14–7,56

мс. В случае ширины QRS при БЛНПГ менее 140 мс методика Bogossian показала наибольшую ошибку, так как понятно, что нормальная продолжительность QRS не может составлять 60–70 мс, а именно к этим значениям мы его приводим, вычитая 50% ширины QRS при БЛНПГ от абсолютных значений QT [18]. К этим же выводам пришли китайские исследователи Binhao Wang et al. (2017 г.), которые на 22 пациентах с интермиттирующей блокадой левой ножки пучка Гиса продемонстрировали, что при применении этой формулы расчетный QTc становится значительно короче исходного уровня [19].

Наши подходы к оценке QT при БЛНПГ иллюстрируются клиническим примером:

Пациентка Г., 65 лет.

Диагноз: Гипертоническая болезнь 1 стадии, контролируемая. Целевой уровень АД менее 130/80 мм рт. ст. Риск 2. Нарушение проводимости: БЛНПГ ХСН 0.

На рисунке 4 А – ЭКГ до развития БЛНПГ; Б – ЭКГ после формирования БЛНПГ.

На ЭКГ без блокады левой ножки п. Гиса: ЧСС=81 в мин, QRS= 88 мс, QT=370мс, QT_{сВ}=430мс, QT_{сF}=409 мс, QT_{сS}=410 мс.

На ЭКГ с БЛНПГ: ЧСС=73 в мин, QRS= 138 мс, QT=431 мс, QT_{сВ}=471 мс, QT_{сF}=457 мс, QT_{сS}=456 мс.

После проведения расчетов:

1. Метод линейной регрессии
QT_{ClinB} =420 мс, QT_{ClinF} =411 мс, QT_{ClinS} =408 мс
2. Метод компенсации QT на уширение QRS за счет БЛНПГ
QT_{кСВ} =432 мс, QT_{кF} =419 мс, QT_{кS} =420 мс.

Таким образом, расчеты по разработанным нами формулам дают очень близкие значения с параметрами QT до развития БЛНПГ, что говорит о высокой точности предложенных нами методов расчета скорректированного QT по формулам Bazett, Fridericia или Sagie, которые значительно выше, чем ранее предложенные методы другими авторами.

В связи с этим, рекомендуем использовать, предложенные нами методы расчета скорректированного QT у пациентов с БЛНПГ в медицинской практике, как при первичном осмотре пациентов, так и при динамическом наблюдении, особенно при проведении антиаритмической терапии, что позволит снизить риски развития у этой категории пациентов внезапной сердечной смерти.

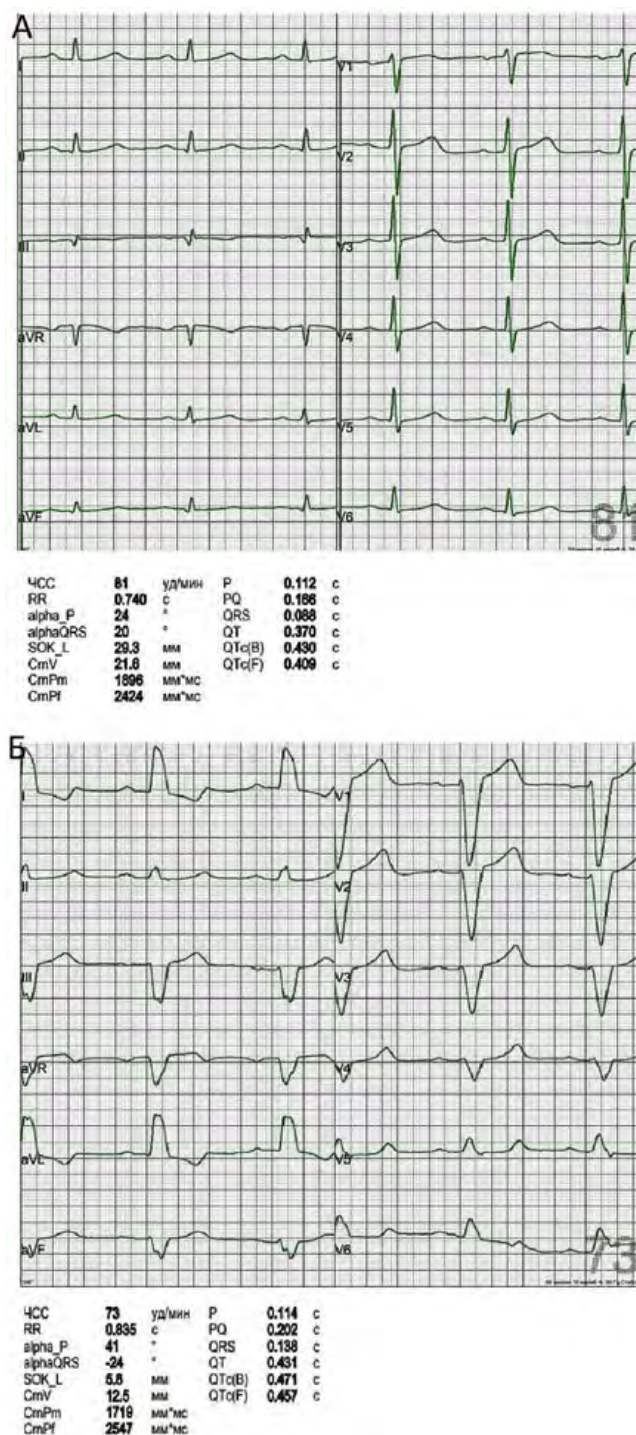


Рисунок 4. Электрокардиограммы пациентки до и после развития БЛНПГ.

Выводы

1. Среди рассматриваемых методов наибольшая точность была получена при использовании линейной формулы $QT_{c_{lin}}$. Высокая точность наблюдалась при любом способе коррекции QT по частоте сердечных сокращений – Bazett, Fridericia или Sagie.
2. При методике вычитания части комплекса QRSb сверх определенного значения из интервала QTb достаточную точность результатов компенсации увеличения продолжительности комплекса QRSb мы наблюдали только в том случае, когда за нормальное значение QRS_N принималось 100 мс. Компенсация уширения QRS при нормальном значении QRS, принятом меньше 100 мс, демонстрировала значительную ошибку.
3. При проверке методики Bogossian, использующей уменьшение продолжительности комплекса QRSb вдвое, наблюдались низкая точность и большая ошибка расчета скорректированного QT.

Заключение

У пациентов с БЛНПГ целесообразно использовать следующие методы расчета скорректированного QT:

1. Метод линейной регрессии
 $Bazett\ QT_{c_{linB}} = 120,5692 + 0,6315 \times QT_{c_{Bb}}$
 $Fridericia\ QT_{c_{linF}} = 130,4425 + 0,6024 \times QT_{c_{Fb}}$
 $Sagie\ QT_{c_{linS}} = 125,4726 + 0,6182 \times QT_{c_{Sb}}$
2. Метод компенсации QT на уширение QRS за счет БЛНПГ
 $QT_k = QT_b - (QRS_b - 100\text{ мс})$ с последующим расчетом значений QT_c по формулам Bazett, Fridericia, Sagie исходя из значений QT_k .

Список литературы / References

1. Francia P., Balla C., Paneni F., Volpe M. Left Bundle-Branch Block – Pathophysiology, Prognosis, and Clinical. *Clinical Cardiology*. 2007; (30): 110–115. <https://doi.org/10.1002/clc.20034>
2. Zannad F., Huvelle E., Dickstein K. et al. Left bundle branch block as a risk factor for progression to heart failure // *Eur J Heart Failure* 2007; 9:7–14.
3. Янушкевичус З.И., Бредикис Ю.Ю., Лукошечичута А.И., Зебела П.В. Нарушения ритма и проводимости сердца. Москва: Медицина. 1984: 288 с.
 Yanushkevichus Z.I., Bredikis Yu. Yu., Lukoshevichuta A.I., Zebela P.V. Rhythm and conduction disorders of the heart. Moscow: Medicine. 1984: 288 p.
4. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии – 9-е изд., испр. Москва: ООО «Медицинское информационное агентство». 2017: 560 с.
 Orlov V.N. Guide to electrocardiography – 9th ed., Rev. Moscow: OOO Medical Information Agency. 2017: 560 p.

Сведения об авторах

Терегулов Юрий Эмильевич^{1,2,4}, д.м.н., доцент, зав. кафедрой функциональной диагностики¹. E-mail: tereg2@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9120-142X

Ацель Евгения Александровна¹, д.м.н., доцент, профессор кафедры терапии, гериатрии и семейной медицины¹. E-mail: atzel@mail.ru

Салымова Лилия Фидановна¹, ассистент кафедры функциональной диагностики¹. E-mail: lilias.salyamova@mail.ru

Чувашаева Фаридат Рамзиевна^{1,4}, ассистент кафедры функциональной диагностики. E-mail: faridaram@mail.ru

Терегулов Андрей Юрьевич^{3,4}, к.м.н., доцент кафедры хирургических болезней постдипломного образования института фундаментальной медицины и биологии³. E-mail: tereg@yandex.ru

Милютина Ирина Игоревна¹, ординатор кафедры функциональной диагностики¹. E-mail: miljutina_irina@mail.ru

¹Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань

²Казанский государственный медицинский университет, г. Казань

³Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

⁴Государственное автономное учреждение здравоохранения «Республиканская клиническая больница» Министерства здравоохранения Республики Татарстан, г. Казань

Автор для переписки: Терегулов Юрий Эмильевич. E-mail: tereg2@mail.ru

Для цитирования: Терегулов Ю.Э., Ацель Е.А., Салымова Л.Ф., Чувашаева Ф.Р., Терегулов А.Ю., Милютина И.И. Разработка методов оценки интервала QT при блокаде левой ножки пучка Гиса. *Медицинский алфавит*. 2022; (10): 13–18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-11-13-18>.

5. Silvia P.G., Blomström-Lundqvist C., Mazzanti A., Bloma N., Borggreffe M., Camm J., Elliott P.M., Fitzsimons D., Hatala R., Hindricks G., Kirchhof P., Kjeldsen S., Kuck K.-H., Hernandez A., Nikolaou N., Norekvi T.M., Spaulding C., Van Veldhuisen D.J. ESC guidelines for the treatment of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death 2015. *Russian Journal of Cardiology*. 2016; (7 (135)): 82. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2016-7-5-86>
6. Wilson F.N., Kossman C.E., Burch G., Goldberger E., Graybiel A., Hecht H., Johnston F., Lepeschkin E., Myers G.B. Recommendations for Standardization of Electrocardiographic and Vectorcardiographic Leads. *Circulation*. 1954; (10): 364–373. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.10.4.564>
7. Nielsen J.B. Risk prediction of cardiovascular death based on the QTc interval: evaluating age and gender differences in a large primary care population. *European Heart Journal*. 2014; (35): 1335–1344. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu081>
8. Gaita F., Giustetto C., Bianchi F., Wolpert C., Schimpf R., Riccardi R., Grossi S., Richiardi E., Borggreffe M. Short QT Syndrome: a familial cause of sudden death. *Circulation*. 2003; (108): 965–970. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000085071.28695.C4>
9. Гарипова А.Ф., Ослопов В.Н., Сайфутдинов Р.Г., Терегулов Ю.Э. и др. Долгий QT в практике кардиолога и эндокринолога: монография. Под редакцией проф. В.Н. Ослопова. Казань: ИД «МедДок». 2016: 260 с.
 Garipova A.F., Osolopov V.N., Saifutdinov R.G., Teregulov Yu.E. Long QT in the practice of a cardiologist and endocrinologist: a monograph. Under the editorship of prof. V.N. Osolopov. Kazan: MedDoc publishing house. 2016: 260 p.
10. Isbister G.K., Page C.B. Drug induced QT prolongation: the measurement and assessment of the QT interval in clinical practice. *British journal of clinical pharmacology*. 2013; (76): 48–57. <https://doi.org/10.1111/bcp.12040>
11. Bazett H.C. An analysis of the time-relations of electrocardiograms. *Heart*. 1920; (7): 353–370. <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.1997.tb00325.x>
12. Fridericia L.S. The duration of systole in the electrocardiogram of normal subjects and of patients with heart disease. *Acta Medica Scandinavica*. 1920; (53): 469–486. <https://doi.org/10.1046/j.1542-474X.2003.08413.x>
13. Sagie A., Larson M.G., Goldberg R.J., Bengtson J.R., Levy D. An improved method for adjusting the QT interval for heart rate (the Framingham Heart Study). *The American journal of cardiology*. 1992; (70 (7)): 797–801. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(92\)90562-D](https://doi.org/10.1016/0002-9149(92)90562-D)
14. Терегулов Ю.Э., Салымова Л.Ф., Гизатуллина А.Ф., Максумова Н.В. Оценка интервала QT при проведении пробы с физической нагрузкой. *Практическая медицина*. 2018; (1(112)): 30–36.
 Teregulov Yu.E., Salyamova L.F., Gizatullina A.F., Maksumova N.V. Assessment of the QT interval during the exercise test. *Practical medicine*. 2018; (1(112)): 30–36.
15. Rautaharju P.M., Zhang Z.M. Linearly scaled, rate-invariant normal limits for QT interval: eight decades of incorrect application of power functions // *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* – 2002. – Vol. 13. – P. 1211–1218.
16. Rautaharju P.M., Zhang Z.M., Prineas R., Heiss G. Assessment of prolonged QT and JT intervals in ventricular conduction defects. *The American Journal of Cardiology*. 2004; (93): 1017–1021. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2003.12.055>
17. Bogossian H., Frommeyer G., Ninios I., Hasan F., Nguyen O.S., Karasiene Z., Mijic D., Kloppe A., Suleiman H., Bandorski D., Seyfarth M., Lemke B., Eckardt L., Zarse M. New formula for evaluation of the QT interval in patients with left bundle branch block. *Heart Rhythm*. 2014; (11(12)): 2273–2277. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.08.026>
18. Bogossian H., Frommeyer G., Ninios I., Pechlivandou E., Hasan F., Nguyen Q.S., Mijic D., Kloppe A., Karasiene Z., Margarian A., Bandorski D., Schultes D., Erkapic D., Seyfarth M., Lemke B., Eckardt L., Zarse M. A new experimentally validated formula to calculate the QT interval in the presence of left bundle branch block holds true in the clinical setting. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. 2017; (22 (2)): e12393. <https://doi.org/10.1111/ane.12393>
19. Wang B., Zhang L., Xia Y. "Cutting off half of QRS duration can cause overcorrection of QT interval in left bundle branch block." *Annals of noninvasive electrocardiology: the official journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc* vol. 22,4 (2017): e12458. doi:10.1111/ane.12458

Статья поступила / Received 10.04.2022
 Получена после рецензирования / Revised 13.04.2022
 Принята к публикации / Accepted 14.04.2022

About authors

Teregulov Yuri E.^{1,2,4}, DM Sci (habil.), associate professor, Head of Dept of Functional Diagnostics¹. E-mail: tereg2@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9120-142X

Atsel Evgenia A., DM Sci (habil.), associate professor, professor at Dept of Therapy, Geriatrics and Family Medicine¹. E-mail: atzel@mail.ru

Salyamova Liliya F., assistant at Dept of Functional Diagnostics¹. E-mail: lilias.salyamova@mail.ru

Chuvashayeva Farida R.^{1,4}, assistant at Dept of Functional Diagnostics. E-mail: faridaram@mail.ru

Teregulov Andrey Yu.^{3,4}, PhD Med, associate professor at Dept of Surgical Diseases of Postgraduate Education, Institute of Fundamental Medicine and Biology³. E-mail: tereg@yandex.ru

Milyutina Irina I., resident at Dept of Functional Diagnostics¹. E-mail: miljutina_irina@mail.ru

¹Kazan State Medical Academy, Kazan, Russia

²Kazan State Medical University, Kazan, Russia

³Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

⁴Republican Clinical Hospital, Kazan, Russia

Corresponding author: Teregulov Yuri E. E-mail: tereg2@mail.ru

For citation: Teregulov Yu. E., Atsel E. A., Salyamova L. F., Chuvashayeva F. R., Teregulov A. Yu., Milyutina I. I. Development of QT interval evaluation methods in the presence of left bundle branch block. *Medical alphabet*. 2022; (10):13–18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-11-13-18>.

