

# Альтернация комплекса QRS и зубца T – новый электрокардиографический паттерн при синдроме удлинённого интервала QT

Л.М. Макаров<sup>1, 2, 3</sup>, А.Г. Акопян<sup>1</sup>, Е.В. Заклязьминская<sup>4, 5</sup>, В.Н. Комолятова<sup>1, 2</sup>, Д.А. Беспорточный<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ Федеральный научно-клинический центр детей и подростков ФМБА России

<sup>2</sup> ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ Минздрава России

<sup>3</sup> ФГБУ ФНКЦ Академия постдипломного образования ФМБА России

<sup>4</sup> ГНЦ ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского»

<sup>5</sup> ФГБНУ «МГНЦ им. акад. Н.П. Бочкова»

## РЕЗЮМЕ

Представлен случай нового ЭКГ паттерна, у больной 6 лет с синдромом удлинённого интервала QT (СУИQT). На ЭКГ покоя удлинение скорректированного интервала QT (QTc) до 568 мс. Проведенное молекулярно-генетическое исследование выявило мутацию *de novo* в гене SCN5A (p.Val141Met), патогенный класс V, характерную для третьего молекулярно-генетического варианта СУИQT (LQT3). При холтеровском мониторинге отмечена «гиперадаптация» интервала QT (slope QT/RR 0.37 при норме до 0,24). Во время ночного сна, в периоды, соответствующие «быстрому сну» при классической полисомнографии, зарегистрированы эпизоды сочетанной альтернации зубца T и альтернация комплекса QRS (AT/AQRS). Данный паттерн ранее не описывался у больных с СУИQT. Назначен Атенолол 1 мг/кг. На фоне терапии через 2 месяца феномен AT/AQRS не регистрировался. Обсуждаются возможные механизмы и прогностическое значение выявленного ЭКГ паттерна, вопросы лечения больных с LQT3. Заключение: Сочетанная альтернация зубца T и комплекса QRS (AT/AQRS) является новым, ранее не описанным, ЭКГ феноменом у больных с СУИQT, высоковероятно повышающим риск развития сердечных событий. «Гиперадаптация» интервала QT может быть одним из электрокардиологических признаков LQT3. Возникновение паттерна AT/AQRS в фазу «быстрого сна», делает этот период, возможно, наиболее уязвимым по развитию сердечных событий у больных с LQT3.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** синдром удлинённого интервала QT, LQT 3, альтернация зубца T и комплекса QRS, «гиперадаптация» интервала QT, период сна.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## The QRS and T wave alternans — a new ECG pattern in Long QT syndrome

L.M. Makarov<sup>1, 2, 3</sup>, A.G. Akopyan<sup>1</sup>, E.V. Zaklyazminskaya<sup>4, 5</sup>, V.N. Komoliatova<sup>1, 2</sup>, D.A. Besportochny<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the Federal Medico Biological Agency

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education, Russian Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of the Russian Federation

<sup>3</sup> Federal State Budgetary Institution, Federal Scientific and Clinical Center, Academy of Postgraduate Education of the Federal Medico Biological Agency

<sup>4</sup> State Scientific Center, Federal State Budgetary Scientific Institution, Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky

<sup>5</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution, Medical and Biological Center named after Academician N.P. Bochkov

## SUMMARY

We present a case of a new ECG phenomenon that has not been described previously in patients with long QT syndrome (LQTS). Prolongation of the QT interval (QTc) to 568 ms were revealed in girl 6 years old on the resting ECG. There were no symptoms, syncope or family history of sudden death. A molecular genetic study revealed mutation (*de novo*) in the SCN5A gene (p.Val141Met), a pathogenic class V that typical for the third molecular genetic variant of LQTS (LQT3). During Holter monitoring a «hyperadaptation» of the QT interval was noted (slope QT/RR 0.37 with normal limit till 0,24). New ECG pattern of the combination T wave alternans and QRS alternans (AT/AQRS) at the night sleep (possibly in REM sleep) were recorded. This pattern has not been described previously in patients with LQTS. Atenolol 1 mg/kg was prescribed. During therapy, AT/AQRS did not record after 2 months. Possible mechanisms and prognostic significance of the identified ECG pattern, issues of treatment of patients with LQTS are discussed. Conclusions: Combined of T wave alternans and QRS alternans (AT/AQRS) is a new ECG pattern in patients with LQTS that is likely to increase the risk of cardiac events. «Hyperadaptation» of the QT interval may be one of the electrocardiological features of LQT3. The emergence of the AT/AQRS pattern during REM sleep makes this period perhaps the most dangerous for the development of cardiac events in patients with LQTS.

**KEYWORDS:** long QT syndrome, LQT 3, alternation of the T wave and QRS complex, QT interval hyperadaptation, sleep period.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare that they have no conflicts of interest.

Электрокардиография является основным методом диагностики синдрома удлинённого интервала QT (СУИQT) [1, 2]. Так как единственным, а часто первым, клиническим проявлением болезни являются жизнеугрожающие желудочковые тахикардии и аритмо-

генные синкопе, переходящие в остановку сердца и внезапную смерть [3], крайне важно найти их доклинические ЭКГ критерии индивидуального прогноза конкретного пациента. Представляем случай нового, ранее не описываемого, ЭКГ-паттерна у больных СУИQT.

**Материал и методы**

Обследована девочка 6 лет. Жалоб нет. При плановом ЭКГ обследовании перед школой на 12-канальной ЭКГ покоя выявлено удлинение интервала QT. При осмотре и обследовании 15.02.2024 (вместе с матерью), жалоб не предъявляла, терапию не получает, случаи синкопе, внезапной смерти в семье мать ребенка отрицает. При осмотре по органам без особенностей, артериальное давление, эхокардиография в норме, общие анализы крови, мочи, биохимический анализ крови, электролиты крови, гормоны щитовидной железы в референсных диапазонах. На 12-канальной ЭКГ покоя (рис. 1) ЧСС 94 уд/мин (возрастная норма 80–105 уд/мин) [4] скорректированный интервал QT (QTc), рассчитанный по формуле Базетта  $QT/\sqrt{RR}$ , составил 568 мс (норма у детей до 440 мс [4]). На ЭКГ родителей и младшей сестры интервал QT в норме.

При холтеровском мониторинговании, (ХМ) проведенном на аппарате SeerLigh и программном обеспечении MARS (GE, США) (частота дискретизации ЭКГ 125 Гц, разрядность аналого-цифрового преобразователя 10 бит, динамический диапазон 16 мВ, полоса пропускания сигнала 0,05–40 Гц), зарегистрировано 5 суправентрикулярных экстрасистол, среднесуточная ЧСС 98 уд/мин, циркадный

индекс – 1,38, среднесуточный скорректированный интервал QT (QTc) – 559 мс. При оценке «QT динамики» коэффициент линейной регрессии QT/RR (Slope) составил 0,37 (рис. 2) при норме до 0,24 [5].

Во время ночного сна при ХМ периодически регистрировались короткие эпизоды макроскопической альтернации зубца Т (АТ) и альтернации комплекса QRS (АQRS), в виде циклического изменения от сокращения к сокращению морфологии зубца Т и амплитуды комплекса QRS, без признаков преждевременности сокращений (рис. 3).

Эпизоды АТ/АQRS регистрировались исключительно во сне, в т. н. «периоды повышенной дисперсии» ритма сердца (рис. 4), которые соответствуют фазе «быстрого сна» при классической полисомнографии [6].

Поставлен диагноз «Синдром удлиненного интервала QT», назначена терапии бета-блокаторами (Атенолол 1 мг/кг/сутки в два приема). Даны рекомендации избегать приема препаратов, удлиняющих интервал QT ([www.crediblemeds.org](http://www.crediblemeds.org)). Больной было выполнено полноэкзомное секвенирование с биоинформатическим поиском мутаций в генах, ответственных за первичные аритмогенные синдромы. В гене SCN5A была выявлена гетерозиготная мутация NM\_000335: c.1231G>A (p.Val1411Met),

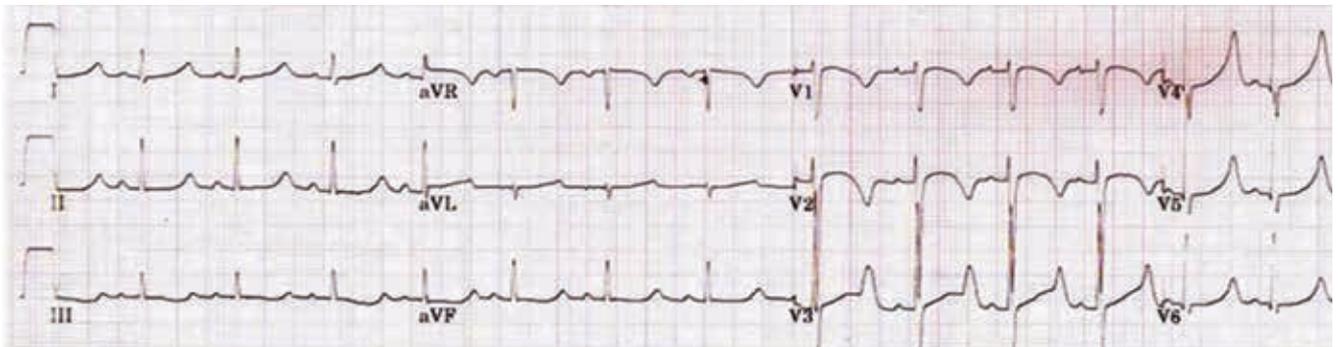


Рисунок 1. 12-канальная ЭКГ больной 6 лет. Ритм синусовый. ЧСС 94 уд/мин (интервал R-R 638 мс), ЭОС 68°, PR интервал 134 мс, ширина комплекса QRS 78 мс, интервал QT 454 мс. Корректированный интервал QT (QTc) по формуле Базетта ( $QT/\sqrt{RR}$ ) – 568 мс. Морфология зубца Т (интервала QT) во II отведении с длинной изолинией сегмента ST

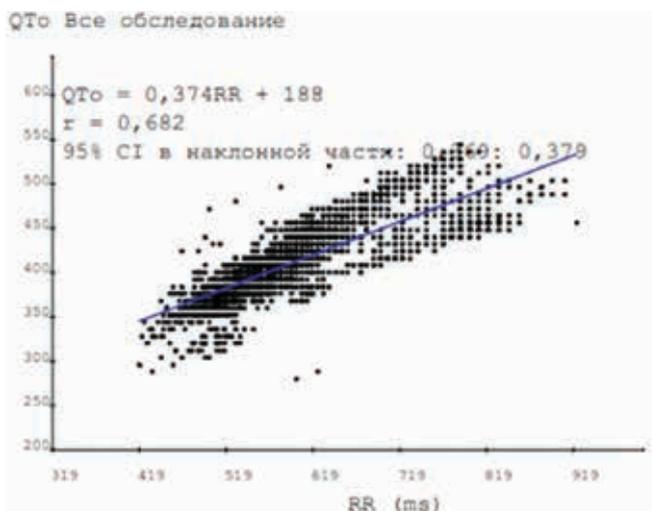


Рисунок 2. Среднесуточная «QT-динамика» при холтеровском мониторинговании у больной 6 лет с диагнозом синдром удлиненного интервала QT (LQT 3). Коэффициент линейной регрессии (Slope) QT/RR 0,37, интерсепт 188, коэффициент корреляции  $r$  QT/RR = 0,68



Рисунок 3. Альтернация зубца Т (циклическое чередование морфологии зубца Т) и альтернация комплекса QRS (циклическое чередование амплитуды комплекса QRS со второго по пятое сокращение) во всех отведениях во время ночного сна (03:54) у больной 6 лет с диагнозом синдром удлиненного интервала QT (LQT 3). В отведении V5 обозначены интервалы RR в мс

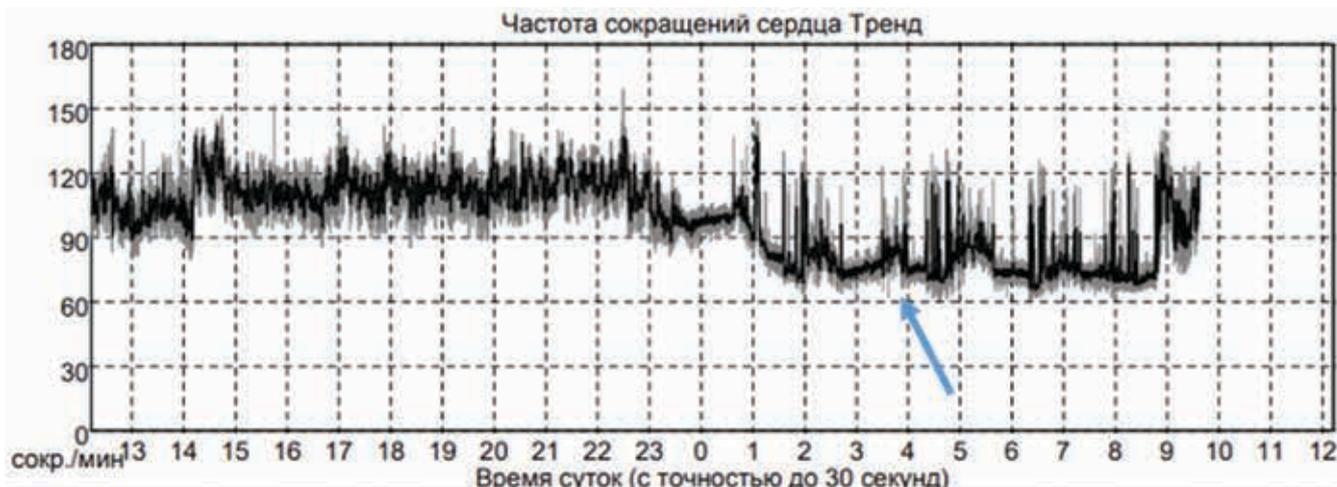


Рисунок 4. Время возникновения на тренде ЧСС сочетанной альтернации зубца Т и комплекса QRS (см. рис. 3) во время ночного сна в «период повышенной дисперсии» ритма сердца в 03:54 (стрелка) у больной 6 лет с диагнозом синдром удлиненного интервала QT (LQT 3)

(Класс патогенности V, Патогенная). Окончательный диагноз «I 49.5 Синдром удлиненного интервала QT, тип 3 (LQT3)».

Контрольное ХМ проведено через 1 и 2 месяца после назначения атенолола показало, что основная динамика ритма сердца и интервала QT сохранялась со снижением среднесуточной ЧСС к третьему исследованию (98, 97 и 80 уд/мин соответственно). Периоды AT/AQRS сохранялись на втором ХМ через месяц от начала терапии, но на третьем, через 2 месяца, уже не регистрировались.

### Обсуждение

Диагноз СУИQT ставится на основании критериев шкалы Шварца, в которые входят балльная оценка скорректированного интервала QTc (QTc > 480 мс имеет значимость в 3 балла; QTc от 460 до 479 мс – 2 балла; QTc от 450 до 459 мс – 1 балл), типичная для СУИQT, полиморфная желудочковая тахикардия «Torsade de Pointes» (2 балла), нарушения морфологии зубца Т в виде альтернации (1 балл) или двугорбых зубцов Т (1 балл), данные личного и семейного анамнеза [2, 3]. При наличии суммы баллов более 3,5 диагноз СУИQT считается высоковероятным, фактически подтвержденным. У нашей больной сумма баллов по шкале Шварца составила 4 (интервал QTc 568 мс – 3 балла, альтернация зубца Т – 1 балл).

Подтверждает диагноз, независимо от длины QT, выявление патогенных мутаций СУИQT при молекулярно-генетическом исследовании [7]. У нашей больной выявлен третий вариант СУИQT (LQT3). В основе патогенеза LQT3 лежит мутация в гене SCN5A, приводящая к «усилению функции» натриевого канала кардиомиоцита, увеличивая входящий натриевый ток (INa) [8, 9]. Этот вариант обосновано заподозрен еще до результатов генетического теста, на основании выявленных электрокардиологических изменений. Прежде всего, по типичному для LQT3 фенотипу ЭКГ, с длинной изолинией ST сегмента с отклонением в конечной части зубца Т [10]. Мы определили еще один неинвазивный признак, который считаем типичным для LQT3 – высокие значения коэф-

фициента линейного регрессии между QT и RR интервалами (slope QT/RR), который составил 0,37 при норме у детей до 0,24 [5]. В математической интерпретации такой паттерн «QT динамики» подразумевает значительное, более нормы, укорочение интервала QT при тахикардии, но чрезмерное удлинение QT на брадикардии [11]. В наших, более ранних, работах мы предложили использовать термин «гиперадаптация QT», для оценки высоких значений slope QT/RR у новорожденных детей, как более физиологически обоснованный [12]. Известный британский ученый в области электрокардиологии М. Malik поддержал нашу концепцию, как полезный подход при оценке «QT динамики» и в других категориях больных [13]. По концепции «гиперадаптации QT», чрезмерное удлинение интервала QT происходит на брадикардии. Но именно для LQT3 типично возникновение сердечных событий (синкопе/остановка сердца / внезапная смерть) в ночное время, когда брадикардия максимально выражена [14]. Соответственно, чрезмерное удлинение QT ночью при «гиперадаптации QT» может быть одним из факторов, предрасполагающих к запуску желудочковой тахикардии Torsade de Pointes.

В нашем наблюдении у больной были зарегистрированы периоды альтернации зубца Т (АТ) в ночное время (рис. 3). АТ определяется как циклическое чередование зубцов Т различной морфологии в следующих друг за другом сердечных циклах. Впервые термин «альтернация» в электрокардиографии появился в 1908 году, когда Н. Hearing описал случай изменения полярности зубца Т на фоне эмоциональной нагрузки [15]. Т. Lewis [16] показал, что АТ возможна в здоровом сердце при учащенном сердечном ритме, либо в поврежденном сердце при нормальном ритме. Н. Kalter и М. Schwartz [17] выявили АТ на пяти из 6059 снятых ЭКГ (0,08%) и указали на увеличение вероятности внезапной смерти при ее регистрации. На протяжении десятилетий АТ считалась крайне редким ЭКГ феноменом. В большой обзорной работе В. Surawicz [18] по сердечной альтернации 1992 года, единственным клиническим примером раз-

вития тахикардии Torsade de Pointes после периода АТ, была иллюстрация из работы французских авторов 1974 года [19]. При более широком применении методов ЭКГ, АТ стала выявляться чаще, прежде всего, у больных с СУИQT. В работе W. Zareba [20] АТ была выявлена у 30 из 2442 больных СУИQT (1.2%) на 12 канальной ЭКГ покоя. При ХМ мы выявили АТ в 5,5% при обследовании 54 больных СУИQT [21]. Выделяют монофазную и бифазную АТ [20]. Монофазная АТ – это циклическая изменчивость морфологии зубца Т только выше, или только ниже изолинии (более и менее высокий или глубокий Т). Бифазная АТ – это циклическое чередование положительного и отрицательного зубца Т (рис. 3), она отражает более обширную степень региональной гетерогенности реполяризации [20]. В нашем наблюдении у девочки была выявлена именно бифазная АТ. У 83% больных СУИQT в исследовании W. Zareba [20] АТ регистрировалась при интервале QTc более 500 мс, при этом, сердечные события (остановки сердца/синкопе/внезапная смерть) регистрировались достоверно чаще в группе больных с АТ, чем у больных с таким же интервалом QT без АТ. Это говорит о том, что этот ЭКГ феномен тесно ассоциирован с повышением аритмогенности миокарда и риском развития опасных аритмий сердца.

Наряду с АТ, в этих же сердечных циклах, нами был отмечен еще один ЭКГ феномен, ранее не описываемый у больных с СУИQT – альтернация комплекса QRS (AQRS). AQRS описывалась еще в начале 20 века, но считалась крайне редким феноменом (1 случай на 10 000 снятых ЭКГ) [22]. Р. White в 1938 году так описывает AQRS: «Альтернация амплитуды комплекса QRS без других изменений ЭКГ (чередующихся изменений формы или временных интервалов)» [23]. В первой отечественной монографии А.М. Сигала 1935 года, целиком посвященной нарушениям ритма сердца [24], AQRS посвящена отдельная глава, в которой он, в частности, пишет: *«Альтернация принадлежит к сравнительно малоизученным вопросам кардиологии... Заключается она в том, что на электрокардиограмме при правильном ритмичном следовании всех комплексов и зубцов, отмечаются колебания в их величине и размерах. ... Тип этих желудочковых комплексов и ширина QRS, остается при этом почти неизменным. Происходит чередование более крупных комплексов QRS с меньшими... Часто появляется за несколько дней или часов до смерти».*

Среди потенциальных технических причин AQRS может рассматриваться интерференция ритма QRS пациента с периодом измерений сигнала аналого-цифрового преобразователя. Данное предположение с учетом постоянного чередования двух морфологических вариантов комплексов QRS представляется крайне маловероятным по совокупности параметров дискретизации сигнала и полосы пропускания.

Выделяют «механическую» и «электрическую» AQRS [18]. «Механическая» AQRS регистрируется при перикардитах, тампонадах, за счет колебаний жидкости в перикарде при каждом последующем сокращении сердца. Для объяснения патогенеза «электрической» AQRS,

не связанной с перикардальной перфузией, нет сегодня окончательного объяснения. Предлагаются механизмы временной задержки проводимости или блока в терминальной части системы Гиса – Пуркинье [25], возникновение атриовентрикулярной ретроградной блокады 2:1 [26, 27]. Надо отметить, что такой блок 2:1 является одним из механизмов развития именно LQT3, который и был выявлен у нашей больной [9]. «Электрическая» AQRS в настоящее время чаще всего описывается в залпах гетерогенной пароксизмальной тахикардии, как с узким, так и с широким комплексом QRS [28, 29]. Нам не встретилось современных клинических описаний «электрической» AQRS на синусовом ритме, тем более, в сочетании с АТ. Только в одной экспериментальной работе, на модели LQT3 у собак, авторами отмечалась сочетанная АТ/AQRS перед развитием желудочковой тахикардии Torsade de Pointes [30]. Является ли паттерн АТ/AQRS типичным именно для LQT3, предстоит выяснить в ходе последующего наблюдения и исследований.

Как уже говорилось выше, при LQT3 сердечные события (синкопе / остановка сердца / внезапная смерть) в 64% случаев происходят в ночное время [14]. У нашей больной симптомов не было, но эпизоды сочетанной АТ/AQRS были зарегистрированы именно во сне, в «периоды повышенной дисперсии» ритма сердца (рис. 4), соответствующие периоду «быстрого сна» при классической полисомнографии [6]. «Быстрый сон» является наиболее нестабильным периодом сна, где могут возникать большинство нарушений ритма сердца [31]. «Периоды повышенной дисперсии» и структура сна в целом, хорошо видны на тренде ночной ЧСС на любых коммерческих системах ХМ, предложены алгоритмы оценки у детей [6], но этот подход еще недостаточно активно используется у детей с кардиологической патологией. Вполне вероятно, что описанный нами новый ЭКГ паттерн (АТ/AQRS) мог быть и у других больных СУИQT, в группе которых ХМ является обязательно частью обследования. Однако, отсутствие соответствующих автоматических алгоритмов регистрации АТ/AQRS в современных коммерческих системах ХМ требует от врача-эксперта, проводящего исследование, соответствующих знаний и нацеленности на его выявление.

## Выводы

Сочетанная альтернация зубца Т и комплекса QRS (АТ/AQRS) является новым, ранее не описанным, электрокардиографическим паттерном больных с третьим вариантом синдрома удлиненного интервала QT (LQT3). С учетом того, что АТ и AQRS являются доказанными прогностически неблагоприятными признаками электрической нестабильности миокарда, паттерн сочетанной АТ/AQRS высоковероятно повышает риск сердечных событий у больных СУИQT. Возникновение паттерна АТ/AQRS в фазу наиболее нестабильного «быстрого сна», делает этот период, возможно, наиболее угрожаемым по развитию опасных аритмий сердца у больных с LQT3. «Гиперадаптация» интервала QT может быть одним из электрокардиологических признаков третьего варианта СУИQT (LQT3).

Список литературы / References

- Schwartz P., Moss A., G.Vincent и R.Cramonio Diagnostic criteria for the long QT syndrome. An update 1993. 88(2):782-4. DOI: 10.1161/01.cir.88.2.782.
- Crotti L, Celano G, Dagradi F, Schwartz P. Congenital long QT syndrome. *Orphanet J Rare Dis* 2008 Jul 7;3:18. doi: 10.1186/1750-1172-3-18.
- Moss A. The Long QT interval syndrome. *The American Journal of Cardiology* 1997;20:p.17-19. DOI: 10.1016/s0002-9149(97)00116-1.
- Макаров Л.М., Киселева И.И., Коломятова В.Н., Федина Н.Н., Новые нормы и интерпретации детской электрокардиограммы. *Педиатрия им. Г.Н. Сперанского*. 2015; 94 (2).  
Makarov L.M., Kiseleva I.I., Komolyatova V.N., Fedina N.N., New standards and interpretations of children electrocardiogram. *Pediatrics n.a. G.N. Speransky*. 2015; 94 (2).
- Макаров Л.М., Коломятова В.Н., Мирошникова Е.Н., Казанцева М.А. Физиологическое значение и нормативные параметры частотной адаптации QT интервала при холтеровском мониторировании у здоровых молодых лиц. *Кардиология* 2008;48(4):54-8.  
Makarov LM, Komolyatova VN, Miroshnikova EN, Kazantseva MA. Physiological significance and normative parameters of rate adaptation of QT-interval during holter monitoring in healthy persons of young age. *Kardiologia*. 2008;48(4):54-8. Russian. PMID: 18447842].
- Макаров Л.М., Школьников М.А., Березницкая В.В., Гиоргобиани Р.З. Структура ритма сердца у здоровых подростков по данным холтеровского мониторирования. *Тер. Архив* 1999;71(1):19-22. PMID: 10097294.  
Makarov LM, Shkol'nikova MA, Berenziiskaia VV, Giorgobiani RR. Struktura ritma serdtsa v period sna u zdorovykh podrostkov po dannym kholterovskogo monitorirovaniya EKG [Cardiac rhythm in sleeping healthy adolescents as recorded by holter ECG monitoring]. *Ter Arkh*. 1999;71(1):19-22. PMID: 10097294.]
- Priori SG, Blomström-Lundqvist C, Mazzanti A, Blom N, Borggrefe M, Camm J, et al. ESC Scientific Document Group. 2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: The Task Force for the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: Association for European Pediatric and Congenital Cardiology (AEPCC). *Eur Heart J*. 2015 Nov 1;36(41):2793-2867. doi: 10.1093/eurheartj/ehv316.
- Bennett PB, Yazawa K, Makita N, George AL Jr. Molecular mechanism for an inherited cardiac arrhythmia. *Nature*. 1995 Aug 24;376(6542):683-5. doi: 10.1038/376683a0.
- Horne AJ, Eldstrom J, Sanatani S, Fedida D. A novel mechanism for LQT3 with 2:1 block: a pore-lining mutation in Nav1.5 significantly affects voltage-dependence of activation. *Heart Rhythm*. 2011;8(5):770-777. doi:10.1016/j.hrthm.2010.12.041.
- Moss AJ, Zareba W, Benhorin J, Locati EH, Hall WJ, Robinson JL, Schwartz PJ, Towbin JA, Vincent GM, Lehmann MH. ECG T-wave patterns in genetically distinct forms of the hereditary long QT syndrome. *Circulation*. 1995 Nov 15;92(10):2929-34. doi: 10.1161/01.cir.92.10.2929.
- Stramba-Badiale M, Locati EH, Marinelli A, Courville J, Schwartz PJ. Gender and the relationship between ventricular repolarization and cardiac cycle length during 24-h Holter recordings. *Eur Heart J*. 1997 Jun;18(6):1000-6. doi: 10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a015357.
- Makarov L, Komolyatova V, Zevald S, Schmidt G, Muller CA, Serebruany V. QT dynamicity, microvolt T-wave alternans, and heart rate variability during 24-

- hour ambulatory electrocardiogram monitoring in the healthy newborn of first to fourth day of life. *J Electrocardiol*. 2010 Jan-Feb;43(1):8-14. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2009.11.001.
- Malik M. ECG and VT/VF symposium. *J Electrocardiol*. 2010 Jan-Feb;43(1):1-3. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2009.11.003.
- Schwartz PJ, Priori SG, Spazzolini C, Moss AJ, Vincent GM, Napolitano C, et al. Genotype-phenotype correlation in the long-QT syndrome: gene-specific triggers for life-threatening arrhythmias. *Circulation*. 2001 Jan 2;103(1):89-95. doi: 10.1161/01.cir.103.1.89. PMID: 11136691.
- Hering H.E. Das Wesen des Herzalternans. *Munchen Med Wochenshr*, 4, (1908)
- Lewis T. Notes upon alternation of the heart. *Q J Med*, 4, pp. 141-144 (1910).
- Kalter H.H., Schwartz M.L. *Electrical alternans* N Y State J Med, (1948).
- Surawicz B, Fisch C. Cardiac alternans: diverse mechanisms and clinical manifestations. *J Am Coll Cardiol*. 1992 Aug;20(2):483-99. doi: 10.1016/0735-1097(92)90122-4.
- Pemot C, Henry M, Debrulle C. Les syndromes cardio-auditifs d'origine génétique [Cardio-auditory syndromes of genetic origin]. *Coeur Med Interne*. 1974 Jul-Sep;13(3):429-43. French. PMID: 4140046.
- Zareba W, Moss AJ, le Cessie S, Hall WJ. T wave alternans in idiopathic long QT syndrome. *J Am Coll Cardiol*. 1994 Jun;23(7):1541-6. doi: 10.1016/0735-1097(94)90653-x. PMID: 8195511.
- Makarov L, Komolyatova V, Zaklyazminskaya E, Dmitrieva A. Ambulatory ECG Monitoring in Patients With Long QT Syndrome. Conference: Scientific Session AHA. Su 3177. Chicago 10-12 November 2018. Su3177 | Sunday, November 11, 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.32275.69921.
- Hamburger W, Katz L, Sahir O. Electrical alternans. A clinical study with a report of two necropsies. *Jour A.M.A.* 1936, CVI, 902.
- White P. «Heart disease» (Sec ed.) NY, The Macmillan Company. 1938; p.128-129.
- Сигал А.М. Ритмы сердечной деятельности и их нарушения. 1935. Одесса. 367 с. [Seagal A.M. Rhythms of cardiac activity and their disorders. 1935, Odessa. 367 pp.]
- Spodick DH. Electric alternation of the heart. Its relation to the kinetics and physiology of the heart during cardiac tamponade. *Am J Cardiol*. 1962 Aug;10:155-65. doi: 10.1016/0002-9149(62)90290-4.
- Kleinfeld M, Stein E, Kossmann CE. Electrical alternans with emphasis on recent observations made by means of single-cell electrical recording. *Am Heart J*. 1963 Apr;65:495-500. doi: 10.1016/0002-8703(63)90099-1.
- Brembilla-Perrot B, Lucron H, Schwalm F, Haouzi A. Mechanism of QRS electrical alternans. *Heart*. 1997 Feb;77(2):180-2. doi: 10.1136/hrt.77.2.180.
- Green N, Heddle B, Dassen W, Wehr M, Abdollah H, Brugada P, Wellens HJ. Value of QRS alteration in determining the site of origin of narrow QRS supraventricular tachycardia. *Circulation*. 1983 Aug;68(2):368-73. doi: 10.1161/01.cir.68.2.368. PMID: 6861312.
- Kremers MS, Miller JM, Josephson ME. Electrical alternans in wide complex tachycardias. *Am J Cardiol*. 1985 Aug 1;56(4):305-8. doi: 10.1016/0002-9149(85)90854-9.
- Chinushi M, Hosaka Y, Washizuka T, Furushima H, Aizawa Y. Arrhythmogenesis of T wave alternans associated with surface QRS complex alternans and the role of ventricular prematurity: observations from a canine model of LQT3 syndrome. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2002 Jun;13(6):599-604. doi: 10.1046/j.1540-8167.2002.00599.x. PMID: 12108505.
- Caples SM, Rosen CL, Shen WK, Gami AS, Cotts W, Adams M, Dorostkar P, Shivkumar K, Somers VK, Morgenthaler TI, Stepanski EJ, Iber C. The scoring of cardiac events during sleep. *J Clin Sleep Med*. 2007 Mar 15;3(2):147-54.

Статья поступила / Received 02.09.2024  
Получена после рецензирования / Revised 21.10.2024  
Принята в печать / Accepted 20.11.2024

Информация об авторах

**Макаров Л.М.**<sup>1,2,3</sup>, д.м.н., профессор, руководитель Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий; профессор кафедры педиатрии  
E-mail: dr.leonidmakarov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0111-3643. SPIN 4989-6530  
**Акопян А.Г.**<sup>1</sup>, врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий  
E-mail: anushik.a.g@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4867-0594. SPIN-код: 1274-4531  
**Заклязьминская Е.В.**<sup>4,5</sup>, д.м.н., заведующая лабораторией медицинской генетики; профессор кафедры медицинской генетики  
E-mail: zhelene@mail.ru  
**Комолятова В.Н.**<sup>1,2</sup>, д.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий; профессор кафедры педиатрии  
E-mail: verakom@list.ru. ORCID: 0000-0002-3691-7449. SPIN:4996-3220  
**Беспорточный Д.А.**<sup>1</sup>, врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий  
E-mail: dr.blad@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3699-2289

<sup>1</sup> ФГБУ Федеральный научно-клинический центр детей и подростков ФМБА России  
<sup>2</sup> ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ Минздрава России  
<sup>3</sup> ФГБУ ФНЦ Академия постдипломного образования ФМБА России  
<sup>4</sup> ФНЦ ФГБУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского»  
<sup>5</sup> ФГБУ «МГНЦ им. акад. Н.П. Бочкова»

Контактная информация:

Макаров Леонид Михайлович. E-mail: dr.leonidmakarov@mail.ru

**Для цитирования:** Макаров Л.М., Акопян А.Г., Заклязьминская Е.В., Комолятова В.Н., Беспорточный Д.А. Альтернация комплекса QRS и зубца T – новый ЭКГ-паттерн при синдроме удлиненного интервала QT. *Медицинский асфавит*. 2024;(30):10-14. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-30-10-14>

Author information

**Leonid Makarov**<sup>1,2,3</sup>, MD, PhD Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias of Federal Scientific Clinical Center  
E-mail: dr.leonidmakarov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0111-3643. SPIN 4989-6530  
**Anush Akopyan**<sup>1</sup>, MD, Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias  
E-mail: anushik.a.g@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4867-0594. SPIN-код: 1274-4531  
**Elena V. Zaklyazminskaya**<sup>4,5</sup>, M.D., Ph.D., Head of Medical Genetics Laboratory  
E-mail: zhelene@mail.ru  
**Vera Komolyatova**<sup>1,2</sup>, MD, PhD, Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias of Federal Scientific Clinical Center  
E-mail: verakom@list.ru. ORCID: 0000-0002-3691-7449. SPIN:4996-3220  
**Dmitry Besportochny**<sup>1</sup>, MD, Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias  
E-mail: dr.blad@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3699-2289

<sup>1</sup> Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the Federal Medico Biological Agency  
<sup>2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education, Russian Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of the Russian Federation  
<sup>3</sup> Federal State Budgetary Institution, Federal Scientific and Clinical Center, Academy of Postgraduate Education of the Federal Medico Biological Agency  
<sup>4</sup> State Scientific Center, Federal State Budgetary Scientific Institution, Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky  
<sup>5</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution, Medical and Biological Center named after Academician N.P. Bochkov

Contact information

Leonid Makarov. E-mail: dr.leonidmakarov@mail.ru

**For citation:** Makarov L.M., Akopyan A.G., Zaklyazminskaya E.V., Komolyatova V.N., Besportochny D.A. The QRS and T wave alternans — a new ECG pattern in Long QT syndrome. *Medical alphabet*. 2024;(30):10-14. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-30-10-14>

