

© Коллектив авторов, 2014

Л.М. Макаров, И.И. Киселева, В.Н. Комолятова, Н.Н. Фегина

НОВЫЕ НОРМЫ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДЕТСКОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ

Центр синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков Федерального
Медико-биологического агентства на базе ФГБУЗ ЦДКБ ФМБА России, Москва, РФ

Makarov L.M., Kiseleva I.I., Komolyatova V.N., Fedina N.N.

NEW STANDARDS AND INTERPRETATIONS OF CHILDREN ELECTROCARDIOGRAM

Center for Syncope and Cardiac Arrhythmia in Children and Adolescents of FMBA of Russia, Moscow, Russia

Несмотря на обилие работ, проведенных в последние 100 лет с целью определения нормативных параметров электрокардиограммы (ЭКГ) у детей, их использование на практике нередко наталкивается на определенные трудности – относительно небольшие группы обследованных для такого массового исследования (около 1–5 тыс детей), различные методы анализа ЭКГ (ручной или автоматический). Используя данные даже одних авторов, можно получить значительные расхождения в соседних половозрастных или процентильных группах. В статье представлены половозрастные нормативные параметры ЭКГ у детей на основе экспертного объединения многочисленных работ, опубликованных по данной теме, и обширного оригинального материала авторов статьи, основанного на многотысячных скринингах ЭКГ у детей.

Ключевые слова: ЭКГ покоя, дети, нормативы.

Despite the abundance of researches carried out in the past 100 years to determine the normative parameters of an electrocardiogram (ECG) in children, the use in practice often affronts some difficulties, such as: relatively small groups for this study (about 1–5 thousand children), different ECG analysis methods (manual or automatic). Using data obtained by the same authors, it is possible to obtain significant differences in age and gender percentile groups. The article presents the age and gender target ECG parameters in children, based on the expert assessment of numerous data sheets published on the subject, and extensive own original material, based on the multiple-thousands children ECG screenings provided.

Key words: ECG at rest, children, standards.

Корректность диагностического заключения базируется прежде всего на использовании адекватной методологии и знании нормальных половозрастных лимитов измеряемого параметра. В оценке электрокардиограммы (ЭКГ) у детей особенно важно соблюдение этих условий. Изучение нормативных лимитов ЭКГ у детей имеет длительную историю и связано с именами

многих отечественных и зарубежных исследователей [1–8], постоянно дополняется результатами современных масштабных исследований в этой области во всем мире [9–12].

Целью работы явилось определение современных корректных нормативных половозрастные параметров ЭКГ покоя у детей для улучшения качества работы практических врачей

Контактная информация:

Макаров Леонид Михайлович – д.м.н., проф.,
руководитель Центра синкопальных состояний
и сердечных аритмий (ЦССА) у детей и подростков
ФМБА России

Адрес: Россия, 115409 г. Москва, ул. Москворечье, 20

Тел.: (499) 324-57-56,

Е-mail: leonidmakarov@yahoo.com

Статья поступила 1.10.14,
принята к печати 21.01.15.

Contact information:

Makarov Leonid Mikhaylovich – Ph.D., Prof., Head
of Center for Syncope and Cardiac Arrhythmia in
Children and Adolescents of FMBA of Russia

Address: Russia 115409 Moscow,

Moskvorechye street, 20

Tel.: (499) 324-57-56,

Е-mail: leonidmakarov@yahoo.com

Received on Oct. 1, 2014;

submitted for publication on Jan. 21, 2015.

и улучшения сравнения полученных разными авторами материалов.

Кроме очевидных возрастных различий, важно учитывать возможные географические, этнические, популяционные (город/деревня) особенности. Проведенное нами одномоментное эпидемиологическое исследование, с кустовым методом формирования выборки в Сибири (Республика Бурятия) [6, 7], сравнение данных с аналогичными исследованиями в Европе [9], Америке [8], Азии [10] показали, что основные половозрастные показатели стандартной ЭКГ у детей являются универсальными и не зависят от этнической принадлежности ребенка, места проживания, антропометрических данных в пределах нормальной половозрастной конституции. Нормативные половозрастные параметры детской ЭКГ, разработанные 20–30 лет назад, также могут равноправно использоваться при оценке детской ЭКГ в текущей практике. Однако в протоколах различных исследований имеются отличия по формированию групп по полу, возрасту, методике оценки ЭКГ, измеряемым параметрам.

На основе собственного длительного опыта и экспертной оценки проведенных ранее исследований мы разработали протокол нормативных параметров ЭКГ у детей, который используем в Центре синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков Федерального Медико-биологического агентства на базе ФГБУЗ ЦДКБ ФМБА России (ЦСССА ФМБА России). Основой для составления таблиц протокола нормативных значений параметров ЭКГ у детей явились результаты, полученные в основных мировых популяционных скринингах ЭКГ у практически здоровых детей [6–12]. Усредненные значения параметров на уровне 25–75% были отнесены к разряду нормальных значений, до этих параметров, но выше 5% и ниже 95% – к пограничным изменениям, а значения, выходящие за их пределы, считались патологическими, требующими исключения заболеваний и состояний, приводящих к их развитию.

Частота сердечных сокращений (ЧСС). ЧСС – первый и обязательный параметр оценки ЭКГ. В табл. 1 представлено возрастное распределение ЧСС у здоровых детей 0–18 лет на основании вышеизложенной экспертной оценки.

У детей до 8 лет значения ЧСС практически не отличаются у мальчиков и девочек, однако в более старшем возрасте отмечается некоторое снижение ЧСС (примерно на 5 уд/мин) у мальчиков по сравнению с девочками, более выраженное с возраста 12–16 лет.

Надо отметить, что средние значения ЧСС у детей не претерпели практически никаких изменений за последние столетия. Сравнив результаты средних значений ЧСС у детей, определенные во второй половине XIX века (H. Vierordt, Daten und Tabell N. Jona, G. Fisher, 1888), с данными, полученными в нашем исследовании, мы не обнаружим принципиальных различий в средних значениях: 0–1 год – 131 уд/мин; 1–2 лет – 110,6 уд/мин; 2–3 лет – 108 уд/мин; 3–4 года – 108 уд/мин; 4–5 лет – 103 уд/мин; 5–6 лет – 98 уд/мин; 6–7 лет – 92,1 уд/мин; 7–8 лет – 94,9 уд/мин; 8–9 лет – 88,8 уд/мин; 9–10 лет – 91,8 уд/мин; 10–11 лет – 87,9 уд/мин; 11–12 лет – 89,7 уд/мин; 12–13 лет – 87,9 уд/мин; 13–14 лет – 86,8 уд/мин. Наша попытка выделить этнические особенности при массовом скрининге ЭКГ у славян и бурят [7] также не привела к получению достоверных различий между группами.

Электрическая ось сердца (ЭОС). Для детей до года характерно вертикальное положение ЭОС, что отражает нагрузку на правые отделы сердца в условиях внутриутробного типа гемодинамики. Значения ЭОС отражают выраженную в градусах величину $\angle\alpha$ QRS. У изолированного плода человека ЭОС занимает вертикальное положение, в интервале $\angle\alpha$ равен от $+116$ до $\pm 60^\circ$. У плодов гестационного возраста до 28 недель средний $\angle\alpha$ составляет $+84^\circ$, а у плодов более 28 недель – $\angle\alpha = +100^\circ$ [3, 5]. ЭОС изменяется с возрастом во фронтальной плоскости от правого (нижнего) положения в первые дни

Таблица 1

Частота сердечных сокращений у детей 0–18 лет (Протокол ЦСССА ФМБА России)

Возраст	Выраженная брадикардия	Умеренная брадикардия	Норма	Умеренная тахикардия	Выраженная тахикардия
1 день	<110	111–119	120–140	141–159	>160
1–3 дня	<110	111–119	120–140	141–159	>160
3–7 дней	<110	111–129	130–150	151–169	>170
7–30 дней	<113	114–139	140–160	161–179	>180
1–3 мес	<118	119–144	145–170	171–184	>185
3–6 мес	<110	111–129	130–150	151–164	>165
6–12 мес	<100	101–119	120–140	141–169	>170
1–2 года	<85	86–109	110–140	141–174	>175
3–4 года	<75	76–89	90–110	112–134	>135
5–7 лет	<70	71–79	80–105	106–129	>130
8–11 лет	<65	66–74	75–95	96–114	>115
12–15 лет	<50	51–69	70–90	91–109	>110
16–18 лет	<50	51–64	65–80	81–109	>110
>18 лет	<45	46–59	60–80	81–109	>110

Данные представлены ЧСС уд/мин.

Таблица 2

Электрическая ось сердца ($\angle\alpha$ QRS⁰) у детей 0–18 лет (Протокол ЦСССА ФМБА России)

Возраст	Влево/вверх	Горизонтальное	Нормальное	Вертикальное	Вправо/вниз
1 день	<85	85–94	95–139	140–180	>180
1–3 дня	<85	85–94	95–139	140–180	>180
3–7 дней	<85	85–89	90–129	130–180	>180
7–30 дней	<75	75–89	90–125	130–150	>150
1–3 мес	<50	50–69	70–94	95–120	>120
3–6 мес	<30	30–59	60–79	80–115	>115
6–12 мес	<20	20–49	50–79	80–110	>110
1–2 года	<20	20–39	40–69	70–90	>90
3–4 года	<20	20–39	40–69	70–110	>110
5–7 лет	<20	20–39	40–69	70–110	>110
8–11 лет	<20	20–39	40–69	70–90	>90
12–15 лет	<15	15–34	35–69	70–90	>90
16–18 лет	<10	10–29	30–69	70–90	>90
>18 лет	<0	0–29	30–69	70–90	>90

Таблица 3

Интервал PR у детей 0–18 лет (Протокол ЦСССА ФМБА России)

Возраст, годы	Укорочение	Нормальный PR	Удлинение
0–1	<0,08	0,09–0,12	>0,14
1–2	<0,09	0,1–0,12	>0,14
3–4	<0,1	0,11–0,13	>0,15
5–7	<0,1	0,12–0,14	>0,16
8–11	<0,1	0,12–0,14	>0,16
12–15	<0,11	0,12–0,16	>0,18
16–18	<0,11	0,13–0,18	>0,2

Данные представлены в секундах.

жизни до нормального, начиная с возраста 1–3 месяца, и остается относительно стабильной до старшего возраста (табл. 2).

ЭОС, располагающаяся в диапазоне от -90° до $\pm 180^\circ$, определяется как крайнее или неопределенное положение ЭОС. Отклонение ЭОС влево/вверх от -30° до -90° трактуется как патологическое и может рассматриваться как критерий блокады передней ветви левой ножки пучка Гиса. Отклонение электрической оси правее $+90^\circ$ некоторые детские электрофизиологи предлагают считать критерием заднего левого гемиблока (R. Friedman, 1998), однако частое наличие значений $\angle\alpha$ на уровне 95–98%₀ распределения в диапазоне $+110^\circ$ при скрининговых ЭКГ исследованиях у детей старше 6-го месяца жизни позволяет предполагать задний левый гемиблок у детей при $\angle\alpha$ правее $+100^\circ$.

Интервал PQ (PR). Время проведения возбуждения от предсердий к желудочкам через АВ-соединение отражается на поверхностной ЭКГ интервальными изменениями (укорочением или удлинением) продолжительности интервала PQ (PR). Интервал PQ (PR) у детей составляет от 0,08–0,14 с в первые 2 дня жизни до 0,09 до 0,18 с в более старшем возрасте (табл. 3).

QRS комплекс. Начало электрического возбуждения и механического сокращения желудочков на ЭКГ проявляется формированием QRS комплекса. Зубец Q отражает процесс возбуждения и деполяризации межжелудочковой перегородки. В норме зубец Q у детей старшего возрас-

та не превышает 0,03 с продолжительностью и 5 мм по амплитуде. В V1 отведении QRS комплекс у детей обычно имеет конфигурацию qRS. При интерпретации ЭКГ у детей раннего возраста важное значение имеет учет возрастной динамики зубца Q. В возрасте до 2 лет отмечаются высокие значения Q зубца в III стандартном отведении, максимально до 7–8 мм. Стабилизация величины Q зубца на уровне 3 мм отмечается только с 9–11 лет (табл. 4).

Зубцы R и S отражают процесс деполяризации миокарда желудочка, преимущественно левого. Их выраженность даже у здоровых детей может значительно варьировать и во многом зависит от изменений положения сердца в грудной клетке. С возрастом в VI отведении уменьшается амплитуда зубца R и увеличивается амплитуда зубца S. Это отражает уменьшение нагрузки на правый желудочек, связанный с переходом на постнатальный тип кровообращения и уменьшением роли правого желудочка в обеспечении гемодинамики. В левых грудных отведениях отмечается обратная возрастная динамика зубцов R и S, что связано с увеличением массы миокарда левого желудочка и усилением его функции.

Ширина комплекса QRS не превышает в норме 75 мс у детей до 1 года, 90 мс у детей младше 11 лет и 100 мс у детей старше 11 лет. Значения QRS более данных значений могут свидетельствовать о нарушении внутрижелудочкового проведения или желудочковой локализации регистрируемых комплексов (табл. 5).

Таблица 4

Зубцы Q, R и S у детей 0–18 лет (Протокол ЦСССА ФМБА России)

Возраст	Q III	Q V ₆	R V ₁	S V ₁	R/S V ₁	R V ₆	S V ₆	R/S V ₆	SV ₁ +RV ₆	R+S V ₄
<1 дня	2 (0–5)	1 (0–2)	14 (5–27)	9 (0,5–23)	2,3 (0,2–9,8)	5 (0–12)	4 (0,2–1,0)	2,5 (0,5–9)	13 (2–27)	32 (12–52)
1–3 дня	2 (0–5)	1 (0–2)	15 (5–27)	10 (0,5–21)	2 (0,2–6)	5 (0,1–12)	3 (0,2–10)	3 (0,5–11)	14 (2–28)	33 (17–53)
3–7 дней	2 (0–5)	2 (0–3)	13 (3–25)	7 (0,5–17)	2,8 (0,2–9,8)	5 (0,5–12)	4 (0,4–10)	2,5 (0,5–10)	12 (2–25)	31 (13–48)
7–30 дней	2 (0–5)	2 (0–3)	11 (3–22)	4 (0,5–12)	2,9 (1–7)	8 (3–17)	3 (0,2–10)	4 (0,5–12)	12 (3–22)	31 (15–48)
1–3 мес	20 (0–5)	2 (0–3)	10 (3–19)	5 (0,5–13)	2,3 (0,3–7,5)	12 (5–22)	3 (0,3–7)	4,5 (0,5–12)	17 (6–29)	36 (22–58)
3–6 мес	3 (0–7)	2 (0–3)	10 (3–20)	6 (0,5–17)	2,4 (0,2–6)	14 (6–23)	3 (0,2–10)	6,5 (0,5–18)	19 (7–35)	38 (21–58)
6–12 мес	3 (0–6)	2 (0–3)	9 (2–20)	7 (0,5–18)	1,8 (0,1–3,9)	13 (6–23)	2 (0,2–8)	8 (0,5–22)	19 (7–33)	34 (21–50)
1–3 года	2 (0–5)	2 (0–3)	9 (3–18)	9 (1–21)	1,4 (0,1–4,2)	14 (6–23)	2 (0,1–7)	9,5 (0,5–28)	22 (7–38)	33 (17–48)
3–5 лет	1 (0–4)	2 (0–3)	8 (2–18)	10 (2–22)	0,9 (0–2,8)	15 (9–25)	2 (0,1–6)	11 (0,8–30)	25 (13–42)	35 (17–52)
5–8 лет	1 (0–3)	2 (0–3)	7 (1–13)	12 (3–24)	0,8 (0–2,0)	17 (9–27)	1 (0,1–4)	12 (1–30)	28 (13–47)	36 (20–53)
8–12 лет	1 (0–3)	2 (0–3)	6 (0,5–10)	12 (3–26)	0,6 (0–1,9)	17 (10–26)	1 (0–4)	14 (2–33)	28 (15–45)	35 (21–50)
12–16 лет	1 (0–3)	2 (0–3)	5 (0,5–10)	11 (3–22)	0,5 (0–1,8)	15 (7–23)	1 (0–4)	15 (2–39)	25 (11–42)	29 (12–49)

Данные представлены в мм; здесь и в табл. 5: представлены средние значения, в скобках – минимальные и максимальные значения.

Таблица 5

Ширина комплекса QRS у детей 0–18 лет (Протокол ЦСССА ФМБА России)

Возраст	0–6 мес	6–12 мес	1–2 года	3–4 года	5–7 лет	8–11 лет	12–15 лет	16–18 лет
QRS, мс	60 (30–70)	60 (40–75)	70 (55–80)	75 (50–90)	80 (55–90)	80 (55–90)	80 (55–100)	80 (55–100)

Таблица 6

Амплитуда Т зубца у детей 0–18 лет (Протокол ЦСССА ФМБА России)

Возраст	Положительный	Сглаженный	Отрицательный
0–5 день	I, II, V ₆	III, aVF, V ₁	aVR, V ₁ –V ₅
6 дней – 2 года	I, II, aVF, V ₆	III, V ₅	aVR, V ₁ –V ₄
3–12 лет	I, II, aVF, V ₅ , V ₆	III, V ₄	aVR, V ₁ –V ₃
>14 лет	I, II, III, aVF, V ₅ , V ₆	V ₂ –V ₄	aVR

Сегмент ST начинается от окончания зубца QRS и оценивается до начала зубца Т. В норме при стандартной ЭКГ покоя его смещение не должно превышать 1 мм ниже изолинии. У старших детей и подростков может быть его элевация до 4 мм вследствие ранней реполяризации желудочков. Оценка сегмента ST крайне важна при оценке ишемических изменений в миокарде. Депрессия сегмента ST без реципрокной элевации – признак характерный для дигиталисной интоксикации, постэкстрасистолической паузы, а элевация без реципрокной депрессии характерна для острого перикардита.

Зубцы Т и U. Зубец (волна) Т отражает процесс реполяризации желудочков миокарда. Вектор зубца Т в норме соответствует основной оси сердца, поэтому его максимальная амплитуда отмечается во II стандартном отведении. И поэтому в тех отведениях, где зубец R преобладает в QRS комплексе, в норме должны регистрироваться положительные зубцы Т. Иногда после окончания зубца Т может выявляться небольшой зубец U, что может значительно затруднять точное определение окончания процесса реполяризации на ЭКГ. Возрастная динамика амплитуды зубца Т представлена в табл. 6.

Интервал QTc у детей 0–18 лет ($QTc=QT/\sqrt{RR}$)

Укорочение	Умеренное укорочение	Норма	Умеренное удлинение	Удлинение
<320	320–369	370–430	431–440	>440

Данные представлены в мс.

Интервал QT является одним из наиболее важных параметров оценки ЭКГ. Его удлинение расценивается как маркер риска опасных желудочковых аритмий, в последние годы появились данные о проаритмогенном характере укорочения QT, определяются критерии «синдрома короткого интервала QT». При оценке интервала QT необходимо пользоваться международно принятым скорректированным интервалом QT (QTc), рассчитываемым по формуле: $QTc=QT/\sqrt{RR}$. Нет существенных отличий в значениях QTc при измерении на скорости ленты 25 и 50 мм/с. Мы рекомендуем выбор среднего значения RR для базового расчета QTc , так как используя только крайние значения RR для расчета QTc , можно допустить гипердиагностику или невыявление клинически значимых изменений интервала QT.

Удлинением интервала QT у взрослых являются значения QT более 460–470 мс у женщин и 450–460 мс у мужчин. Укорочение интервала QT рекомендуется отмечать при значениях QT менее 330 мс у взрослых (независимо от пола) [13] и 320 мс у детей (табл. 7) [6, 7].

Исследователи, целенаправленно изучающие половозрастную динамику интервала QT, отмечают его большее удлинение у детей первых дней жизни, у девочек начиная с пубертатного возраста (до 470 мс), у мальчиков допускаются значения QTc до 450 мс. Однако в практическом плане мы считаем, что во всех случаях регистрации удлинения QTc более 440 мс необходимо исключать синдром удлиненного интервала QT на основании всего комплекса клинко-электрокардиографической диагностики данного заболевания (клиническая картина, семейный анамнез, данные семейного ЭКГ обследования, холтеровское мониторирование с оценкой частотной адаптации интервала QT и другие исследования). Так как в диагностике заболевания при пограничных значениях интервала QT существует много нюансов, при подозрении на данное заболевание Международный регистр синдрома удлиненного интервала QT рекомендует консультацию со специалистами, прицельно занимающимися данной патологией.

Кроме QTc , при определении удлинения интервала QT значение имеют и ряд дополни-

тельных параметров. Разница абсолютного значения QT при минимальном и максимальном RR интервале у здоровых детей при наличии выраженной синусовой аритмии не должна превышать 40 мс. Традиционной практикой для отечественной педиатрии является регистрация ЭКГ в положении лежа и стоя. При этом оцениваются преимущественно изменения со стороны нарушений ритма сердца и амплитуды зубца T. Вместе с тем ответ на ортостаз может быть информативен в оценке адаптации интервала QT к учащению ЧСС, выявить скрытую патологию. В норме абсолютные значения QT при ортостазе уменьшаются, в то время как QTc – увеличиваются. По нашим данным, у здоровых подростков и лиц молодого возраста удлинение QTc в ортостазе не превышает 500 мс, а разница между исходным значением QTc лежа и QTc стоя (дельта QTc) составляет не более 100 мс.

«Протокол ЦСССА ФМБА России» используется как нормативный критерий нормы и патологии у детей и подростков в ЦСССА, вошел в 2011 г. как нормативный критерий оценки ЧСС в «Национальные рекомендации по допуску спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы к тренировочно-соревновательному процессу» [14]. Есть некоторые данные об этнических различиях интервала QT, например, о большем значении QTc у белых американцев по сравнению с афроамериканцами и китайцами [15, 16]. Однако полученные результаты, как правило, не имели статистически значимых различий и, как мы показали выше, практически не меняются за последние десятилетия.

Таким образом, проанализировав многочисленные работы, посвященные нормативным параметрам ЭКГ у детей, и собственный оригинальный материал, нами были определены новые нормы и интерпретации ЭКГ у детей. Мы предлагаем использовать «Протокол ЦСССА ФМБА России для оценки ЭКГ покоя у детей» для практического использования в клинической практике, сравнения результатов анализа ЭКГ, проведенных в различных клиниках, усовершенствования точности и достоверности электрокардиографической диагностики.

Литература

1. Liebman J, Plonsey R, Gillette P. Pediatric electrocardiography. Daltimory, Williams&Wilkins, 1982: 398 p.
2. Осколкова М.К. Функциональные методы исследования системы кровообращения у детей. М.: Медицина, 1988: 272 с.
3. Кубергер М.Б. Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста. Л.: Медицина, 1983: 368 с.
4. Белоконов Н.А., Кубергер М.Б. Болезни сердца и сосудов у детей. М.: Медицина, 1987: 448 с.
5. Осколкова М.К., Куприянова О.О. Электрокардиография у детей. М.: МЕДпресс, 2001: 352 с.
6. Макаров Л.М. ЭКГ в педиатрии. 3-е изд. М.: Медпрактика-М., 2013: 696 с.
7. Макаров Л.М., Киселева И.И., Долгих В.В. и др. Нормативные параметры ЭКГ у детей. Педиатрия. 2006; 2: 71–73.
8. Davignon A, Rautaharju P, Boisselle E. Normal ECG standards for infant and children. Ped. Cardiology. 1980; 1: 123–131.