

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
И ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
КАФЕДРА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2024

УДК 616.12-073.7-053.2/.6(075.8)
ББК 54.10+57.33я73
Ж34

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 21.03.2024 г., протокол № 15

Авторы: ст. преп. М. П. Жарихина; канд. мед. наук, доц., зав. каф. функциональной диагностики Л. Ю. Ушакова; канд. мед. наук, доц. О. А. Каштальян; ст. преп. А. Н. Панкина

Рецензенты: д-р мед. наук, доц., зав. лабораторией артериальной гипертонии Республиканского научно-практического центра «Кардиология» О. С. Павлова; 2-я каф. внутренних болезней с курсом ФПКиП Гомельского государственного медицинского университета

Возрастные особенности электрокардиограммы у детей и подростков : учебно-методическое пособие / М. П. Жарихина [и др.]. – Минск : БГМУ, 2024. – 28 с.

ISBN 978-985-21-1560-5.

Приведены взаимосвязь анатомо-физиологических особенностей сердца и электрокардиографических показателей у детей, возрастная динамика электрокардиографических показателей, нормальная электрокардиограмма у детей в различные возрастные периоды.

Предназначено для врачей функциональной диагностики, кардиологов, педиатров, терапевтов.

УДК 616.12-073.7-053.2/.6(075.8)
ББК 54.10+57.33я73

ISBN 978-985-21-1560-5

© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Электрокардиография является распространенным и доступным инструментальным методом исследования. В педиатрии это важнейший метод диагностики, стратификации риска и мониторинга заболеваний сердечно-сосудистой системы. Оценка электрической функции миокарда позволяет и в отсутствие явных патологических изменений оценить базовое состояние сердечного ритма и проводимости, исследовать индивидуальные особенности.

Основные принципы интерпретации электрокардиограммы у детей идентичны таковым у взрослых. Корректная интерпретация электрокардиографических показателей у детей невозможна без учета возрастных особенностей.

Изменения параметров нормальной электрокардиограммы от рождения до 18-летнего возраста обусловлены многочисленными факторами, включая анатомические и физиологические изменения сердечно-сосудистой системы по мере взросления ребенка, особенности влияния вегетативной нервной системы в различные периоды.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы методики проведения электрокардиографического исследования у детей и подростков, особенности анатомии и физиологии сердечно-сосудистой системы у детей, приведены нормативные значения электрокардиографических параметров в различные возрастные периоды.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ У ДЕТЕЙ

Показания для проведения электрокардиограммы у детей и подростков:

- диагностика и оценка эффективности лечения нарушений ритма и проводимости;
- диагностика и оценка эффективности лечения врожденных и приобретенных пороков сердца;
- диагностика и оценка эффективности лечения заболеваний сердца (ревматических заболеваний, болезни Кавасаки, перикардита, миокардита);
- синкопе, судороги;
- эпизоды цианоза;
- боль в грудной клетке или другие симптомы при нагрузке;
- семейный анамнез внезапной смерти или угрожающих кардиальных нарушений;
- электролитные нарушения;
- прием лекарственных препаратов.

Проведение электрокардиографического исследования у детей, в отличие от взрослых, имеет свои особенности, обусловленные возрастом пациента. Для проведения качественного исследования огромное значение имеет комплаентность родителей маленького пациента.

Подготовка к электрокардиографическому исследованию у детей включает:

– предварительную подготовку ребенка (объяснение безболезненности процедуры, возможность демонстрации исследования у другого ребенка, использование современных гаджетов с целью отвлечения пациента);

– у детей грудного возраста при плановом исследовании предварительную подготовку предпочтительно осуществлять в палате (освободить от одежды, наложить электроды, завернуть в одеяло, провести исследование во время сна или кормления);

– у детей старшего возраста исследование проводится аналогично взрослым.

Учитывая наличие значительного диапазона в площади поверхности грудной клетки, для проведения электрокардиографического исследования у детей имеет значение размер электродов, используемых для снятия стандартных и грудных отведений:

– для детей в возрасте 2–3 мес. используются электроды для конечностей размером 30 × 20 мм, грудные округлой формы диаметром 10 мм;

– для детей в возрасте от 3 мес. до 1 года — электроды для конечностей 35 × 25 мм, грудные округлой формы диаметром 15 мм;

– для детей в возрасте от 1 года до 3 лет — электроды для конечностей 40 × 30 мм, грудные округлой формы диаметром 20 мм;

– для детей в возрасте от 3 до 8 лет — электроды для конечностей 45 × 35 мм, грудные округлой формы диаметром 25 мм;

– у детей после 8 лет используются электроды, применяемые у взрослых.

В ряде ситуаций электроды с конечностями накладывают по Мейсону–Ликарю (табл. 1, рис. 1). Зарегистрированные по этой схеме ЭКГ рекомендуется промаркировать «по Мейсону–Ликарю», поскольку имеются сведения о неполном соответствии между ЭКГ со стандартным и смещенным положением электродов. Перемещение электродов с конечности на торс может оказывать влияние на расчетные показатели, характеризующие направление электрической оси сердца, возможны и другие искажения формы всех зубцов ЭКГ.

Исследование проводится после 15 мин отдыха, при спокойном дыхании, через 2 ч после приема пищи; регистрируются 6–10 сердечных циклов (рекомендуется не менее 5 с, в электрокардиографах с автоматической обработкой ЭКГ — не менее 10 с), при выявлении нарушений ритма и проводимости — запись ЭКГ в течение 1 мин, в вертикальном положении, после физической нагрузки (20–25 приседаний). Запись ЭКГ на вдохе проводится с учетом возраста ребенка и особенностей его психологического состояния.

Положение электродов при регистрации ЭКГ по Мейсону–Ли́кару (Mason–Licar)

Электрод		Расположение
цвет штекера	буквенная маркировка	
Красный (RA)	R	Правая подключичная ямка, правее сред- неключичной линии
Желтый (LA)	L	Левая подключичная ямка, левее среднеключи- чной линии
Зеленый (LL)	F	Над гребнем подвздошной кости по перед- неподмышечной линии слева
Черный (RL)	N	Над гребнем подвздошной кости по перед- неподмышечной линии справа
Грудные	V1–V6/C1–C6	По стандартной методике

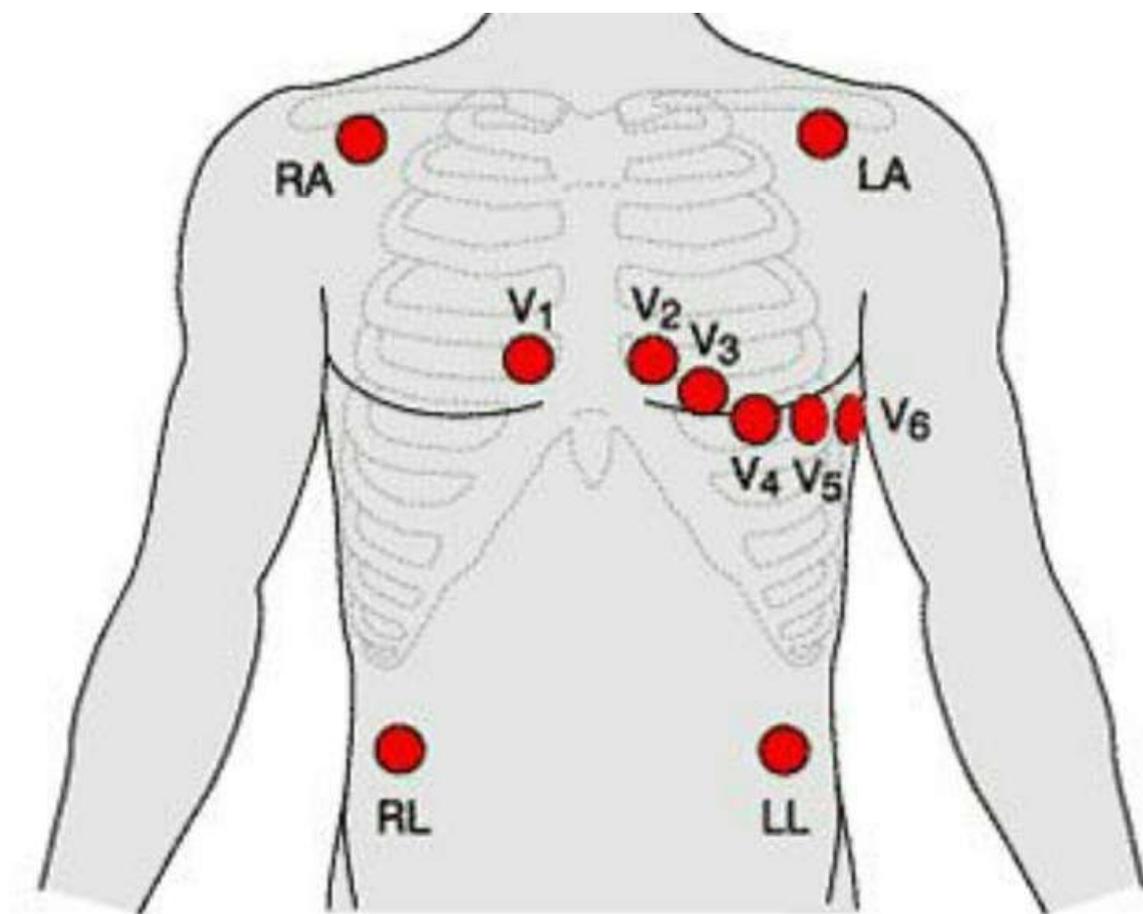


Рис. 1. Схема расположения электродов по Мейсону–Ли́кару

ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ

Динамика электрокардиографических показателей у детей обусловлена анатомо-физиологическими особенностями организма ребенка в различные возрастные периоды. На электрокардиографические показатели оказывают влияние:

- воздействие нейрорегуляторных механизмов;
- изменение соотношения массы миокарда левого и правого желудочков в пользу левого (процесс имеет значительные колебания во времени);
- изменение соотношения камер и сосудов сердца;
- изменение скорости распространения импульса возбуждения по проводящей системе сердца и миокарду в процессе роста и развития ребенка;
- физиологический поворот сердца вокруг сагиттальной оси.

Особенности анатомии сердца у детей в различные возрастные периоды:

1) предсердия у новорожденных и грудных детей сравнительно большие (особенно правое), что обуславливает наличие на ЭКГ относительно высоких зубцов Р;

2) в первые 30 дней после рождения ребенка происходит уменьшение массы сердца за счет правого желудочка, затем начинается увеличение массы левого желудочка; эти изменения связаны с уменьшением сопротивления в малом и увеличением сопротивления в большом круге кровообращения;

3) наибольшее увеличение массы миокарда происходит в грудном возрасте, затем на 3–4 году жизни и в 12–15 лет, при этом рост предсердий заметно отстает от роста желудочков (особенно левого);

4) соотношение массы миокарда правого и левого желудочков при рождении составляет около 1,3 : 1; в 1 мес. — 0,6–0,7 : 1; в 6 мес. — 0,5 : 1 и у взрослых — 0,4 : 1;

5) после 6 мес. левый желудочек поворачивается вниз и кзади;

6) к 7 годам жизни ребенка сердце приобретает основные морфологические черты сердца взрослого человека, оставаясь меньшим по размерам; с 7 до 14 лет масса сердца увеличивается на $\frac{1}{3}$, масса правого желудочка по отношению к левому снижается до 10 лет, после чего несколько возрастает;

7) с возрастом происходит постепенная качественная перестройка миокарда:

- миофибриллы утолщаются, появляется их поперечная исчерченность;
- грубеет соединительная ткань;
- уменьшается количество ядер, изменяется их форма;

8) изменяется эндокард, который в раннем возрасте отличается рыхлым строением;

9) сердце детей раннего возраста хорошо снабжено сосудистой сетью с наличием большого количества анастомозов между левой и правой коронарными артериями;

10) постепенно меняется строение проводящей системы, элементы которой в раннем возрасте отличаются меньшим количеством фибрилл и большим содержанием саркоплазмы — с возрастом происходит редукция мышечных элементов проводящей системы, интрамуральный тип расположения пучка Гиса сменяется субэндокардиальным.

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Нормальные значения амплитуд зубцов и интервалов зависят от возраста и коррелируют с объемом миокарда, размерами сердца и скоростью проведения возбуждения.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ОСЬ СЕРДЦА (ЭОС)

Электрическая ось во фронтальной плоскости, определяемая как вектор максимального (доминантного) отклонения QRS, зависит от возраста и телосложения.

У детей с возрастом происходит физиологический поворот сердца вокруг сагиттальной оси, что обуславливает изменение положения ЭОС. Ось комплекса QRS во фронтальной плоскости у новорожденных в среднем составляет от 60 до 160°. На протяжении первого года жизни происходит достаточно быстрое изменение оси и, начиная с этого возраста, она обычно составляет около 65–70°, хотя и может колебаться от 0 до 110°. Положение ЭОС изменяется от резкого отклонения вправо у новорожденных до вертикального типа у детей дошкольного возраста, вертикального и нормального положения — у детей школьного возраста. В юношеском возрасте и у взрослых преобладает нормальное положение и отклонение ЭОС влево. Несоответствие положения ЭОС возрасту требует углубленной диагностики (табл. 2).

В настоящее время в большинстве стран принята международная клиническая классификация электрической оси у взрослых, которая включает 5 основных электрических осей:

1. **Нормальная** ось находится в диапазоне от -30° до $+90^\circ$. Вектор QRS направлен вниз и немного влево.

2. **Отклонение влево** (LAD) составляет от -30° до -90° . Вектор QRS направлен вверх и влево.

3. **Отклонение вправо** (RAD) составляет от $+90^\circ$ до 180° . Вектор QRS направлен вниз и вправо.

4. **Резкое отклонение оси** от -90° до 180° , вектор QRS направлен вверх и вправо.

5. **Неопределенная ось**: комплекс QRS изоэлектрический или равнофазный во всех отведениях без доминирующего отклонения QRS.

Таблица 2

Возрастные нормы угла α комплекса QRS (Davignon et al., 1979)

Возраст	Среднее значение	2-й — 98-й перцентили
0–1 день	+135	От +59 до +192
1–3 дня	+134	От +64 до +197
3–7 дней	+132	От +77 до +187
7–30 дней	+110	От +65 до +160
1–3 мес.	+75	От +31 до +114
Младше 3 лет	+60	От +20 до +120
Старше 3 лет	+60	От +10 до +105
Взрослые	+50	От -30 до +105

Согласно рекомендациям по стандартизации и интерпретации электрокардиограмм 2009 года Американской кардиологической ассоциации в ряде стран принята клиническая интерпретация электрической оси у детей различных возрастов (табл. 3). При расположении угла альфа в диапазоне нормальных возрастных значений принято трактовать ЭОС как нормальную.

Таблица 3

Электрическая ось фронтальной плоскости (ACA/ACCF/HRS., 2009)

Возраст	Нормальная ЭОС	Отклонение от нормального значения угла альфа	Описание
Новорожденные	От $+30^\circ$ до $+190^\circ$	$>190^\circ$ до -90°	Чрезмерное отклонение вправо
		От $+30^\circ$ до -90°	Отклонение влево
От 1 мес. до 1 года	От $+10^\circ$ до $+120^\circ$	$> 120^\circ$	Отклонение вправо
		От $+10^\circ$ до -90°	Отклонение влево
1–5 лет	От $+5^\circ$ до $+100^\circ$	$> 100^\circ$	Отклонение вправо
5–8 лет	От 0° до $+140^\circ$	$< 0^\circ$	Отклонение влево
		$> 140^\circ$	Отклонение вправо
8–16 лет	От 0° до $+120^\circ$	$> 120^\circ$	Отклонение вправо

Длительность интервалов и зубцов. Для детского возраста характерна более короткая продолжительность интервалов и зубцов по сравнению с длительностью интервалов и зубцов у взрослых, а также изменчивость продолжительности интервалов и ширины зубцов в зависимости от возраста ребенка и частоты сердечных сокращений (ЧСС). С возрастом детей изменяется продолжительность интервала R–R, P–Q, Q–T, ширина желудочкового комплекса QRS.

ЧАСТОТА СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Чем младше ребенок, тем чаще ритм сердечной деятельности и тем короче интервалы ЭКГ. Для детей и подростков характерны:

- выраженная лабильность ритма сердечных сокращений;
- синусовый нерегулярный ритм, обусловленный дыхательной аритмией;
- физиологическое явление, обусловленное рефлекторным изменением тонуса симпатической и парасимпатической нервных систем, наблюдается у 94 % здоровых детей в возрасте от 5 мес. до 16 лет;
- у детей с лабильной вегетативной нервной системой в норме может отмечаться синусовый нестабильный ритм, не зависящий от дыхания, а вызванный спонтанным изменением тонуса симпатического и парасимпатического звеньев ВНС.

У детей до 8 лет значения ЧСС практически не отличаются у мальчиков и девочек, однако позже отмечается некоторое снижение ЧСС (примерно на 5 уд/мин) у мальчиков по сравнению с девочками, более выраженное с возраста 12–16 лет, что обусловлено усилением тонуса парасимпатической нервной системы у мальчиков.

Увеличение ЧСС более 98 перцентилей (рис. 2) расценивается как тахикардия, уменьшение ЧСС менее 2 перцентилей — брадикардия.

Нормальная ЧСС в зависимости от возраста (Park M. K.):

- новорожденные: 110–150 уд/мин;
- 2 года: 85–125 уд/мин;
- 4 года: 75–115 уд/мин;
- 6 лет и старше: 60–100 уд/мин.

Критерии брадикардии по холтеровскому мониторингованию в детском возрасте (Макаров Л. М., 2002):

- 0–1 мес.: ЧСС < 70 в мин;
- 1 мес.–1 год: ЧСС < 65 в мин;
- 7–11 лет: ЧСС < 45 в мин;
- 12–16 лет: ЧСС < 40 в мин.

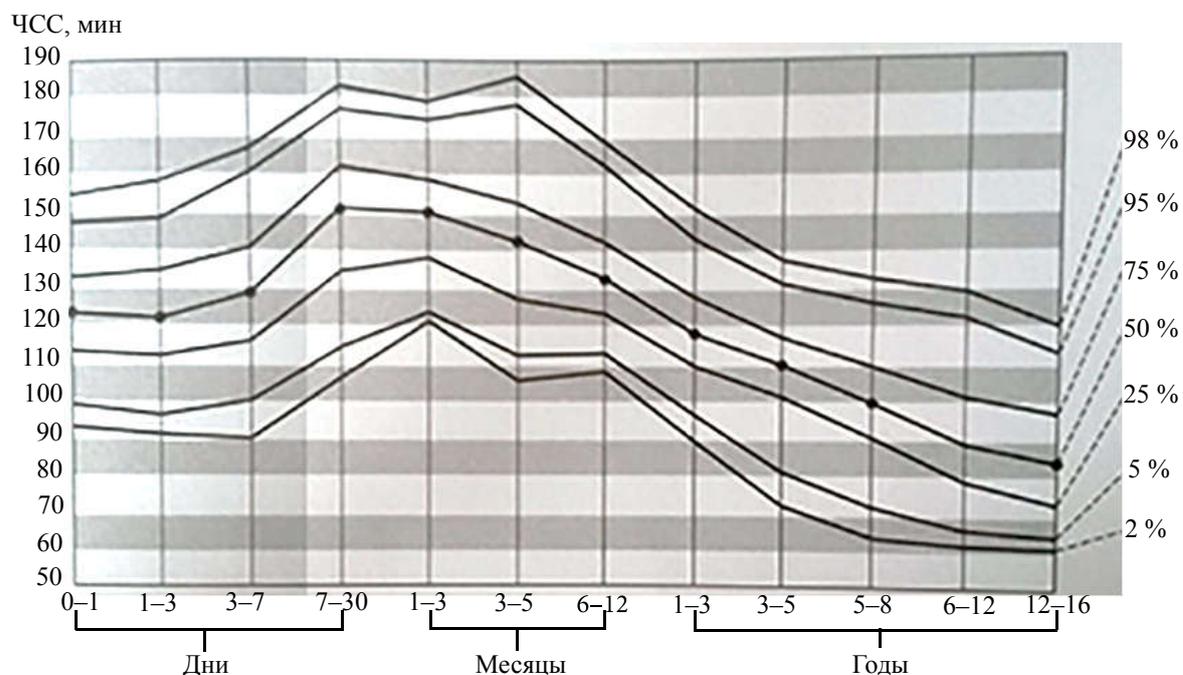


Рис. 2. Нормальные значения ЧСС по данным стандартной ЭКГ в зависимости от возраста (по А. Davignon et al., 1979)

ЗУБЕЦ Р

Зубец Р отражает распространение возбуждения по обоим предсердиям. Деполяризация правого предсердия происходит раньше левого на 0,02–0,03 с и поэтому восходящая часть зубца Р отражает деполяризацию правого предсердия, а нисходящая — левого. Так как возбуждение (деполяризация) левого предсердия происходит по пучку Бахмана вскоре после возбуждения правого предсердия, то это часто проявляется в виде зазубренности зубца Р.

Зубец Р лучше всего интерпретировать в отведениях II, III и V1. Для детского возраста характерно:

1. Зубцы Р — высокие, заостренные, чаще у детей раннего возраста.
2. Во II и III может наблюдаться расщепление зубца Р за счет физиологического асинхронизма возбуждения правого и левого предсердий. Увеличение расстояния между вершинами зубца Р более 0,02 с свидетельствует о замедлении проведения импульса по предсердиям (от правого к левому).
3. В любом возрасте увеличение амплитуды свыше 2,5 мм во II отведении рассматривается как превышение границы нормы.

Вольтажные критерии увеличения предсердий должны применяться только при сохранном синусовом ритме, когда ось зубца Р во фронтальной плоскости находится в пределах 0–90°.

ИНТЕРВАЛ P–Q

Интервал от начала зубца P до начала желудочкового комплекса обозначают как интервал P–Q. Характеризует распространение волны деполяризации по предсердиям, АВ-узлу и пучку Гиса. Длительность интервала P–Q зависит от возраста, ЧСС, влияния нервной системы, лекарственных препаратов и не зависит от пола. При увеличении ЧСС наблюдают физиологическое укорочение интервала P–Q.

Длительность интервала P–Q минимальна на первом году жизни, когда ее нижние границы находятся в пределах 80 мс, а верхние постепенно увеличиваются от 120 мс в период новорожденности до 150 мс в возрасте 1 года. Ко второму году жизни нижняя граница возрастной нормы продолжительности P–Q составляет 100 мс и далее практически не меняется, варьируя от 90 до 101 мс. Значения верхних границ этого показателя увеличиваются с возрастом, составляя 140–150 мс у детей первых двух лет жизни, 160 мс — с 2 до 8 лет и поднимаются до 170 мс в возрасте от 8 до 9 лет. К 10 годам этот показатель максимален и достигает 180 мс.

У здоровых детей часто наблюдается укорочение интервала P–Q, что связано с ускорением проведения возбуждения по АВ-соединению и на уровне системы Гиса–Пуркинью вследствие усиления адренергических влияний.

Удлинение интервала P–Q сверх установленной нормы обозначают как АВ-блокаду I степени (табл. 4, 5). У детей она достаточно часто обусловлена ваготонией.

Электрокардиографические критерии АВ-блокады I степени (Макаров Л. М., 2010):

1. Удлинение интервала P–Q более 0,15 с — у детей от 0 до 2 лет;
2. Удлинение интервала P–Q более 0,16 с — у детей от 3 до 10 лет;
3. Удлинение интервала P–Q более 0,18 с — у детей от 11 до 15 лет.

Таблица 4

Среднее значение интервала P–Q в зависимости от ЧСС и возраста (верхний лимит нормы) (Park M. K.)

ЧСС	0–1 мес.	1–6 мес.	6 мес. — 1 год	1–3 года	3–8 лет	8–12 лет	12–16 лет	Взрослые
< 60	–	–	–	–	–	0,16 (0,18)	0,16 (0,19)	0,17 (0,21)
60–80	–	–	–	–	0,15 (0,17)	0,15 (0,17)	0,15 (0,18)	0,16 (0,21)
80–100	0,1 (0,12)	–	–	–	0,14 (0,16)	0,15 (0,16)	0,15 (0,17)	0,16 (0,20)
100–120	0,1 (0,12)	–	–	(0,15)	0,13 (0,16)	0,14 (0,15)	0,15 (0,16)	0,15 (0,19)

ЧСС	0–1 мес.	1–6 мес.	6 мес. — 1 год	1–3 года	3–8 лет	8–12 лет	12–16 лет	Взрослые
120–140	0,1 (0,11)	0,11 (0,14)	0,11 (0,14)	0,12 (0,14)	0,13 (0,15)	0,14 (0,15)	–	0,15 (0,18)
140–160	0,09 (0,11)	0,1 (0,13)	0,11 (0,13)	0,11 (0,14)	0,12 (0,14)	–	–	(0,17)
160–180	0,1 (0,11)	0,1 (0,12)	0,1 (0,12)	0,10 (0,12)	–	–	–	–
> 180	0,09	0,09 (0,11)	0,1 (0,11)	–	–	–	–	–

Таблица 5

Продолжительность интервала P–Q во II отведении (мс) (A. Davignon et al., 1979)

Возраст/ перцентили	0–1 мес.	1–3 мес.	3–6 мес.	6–12 мес.	1–3 лет	3–5 лет	5–8 лет	8–12 лет	12–16 лет
5	77	76	79	78	91	92	95	93	98
25	90	88	95	95	102	105	108	113	121
50	99	99	104	105	115	117	122	128	135
75	112	108	116	117	125	128	135	145	150
95	128	127	137	138	140	151	155	165	168

Зубец Q

Зубец Q отражает начальное возбуждение желудочков, начиная с межжелудочковой перегородки и папиллярных мышц.

Для детей характерно:

1. Наличие глубокого зубца Q во II, III стандартных отведениях, грудных отведениях. В возрасте до 2 лет отмечаются глубокие Q зубцы в III стандартном отведении, максимально — до 7–8 мм. Стабилизация величины Q зубца на уровне 3 мм отмечается только с 9–11 лет.

2. В большинстве отведений с выраженным зубцом Q (II, III, aVF, V5, V6) существует тенденция к удвоению его амплитуды на протяжении первых нескольких месяцев жизни с достижением максимума в возрасте около 3–5 лет и последующим уменьшением до исходной величины.

3. Амплитуда зубца Q до 0,6–0,8 мВ находится в нормальных пределах у детей в возрасте от 6 мес. до 3 лет (рис. 3, 4).

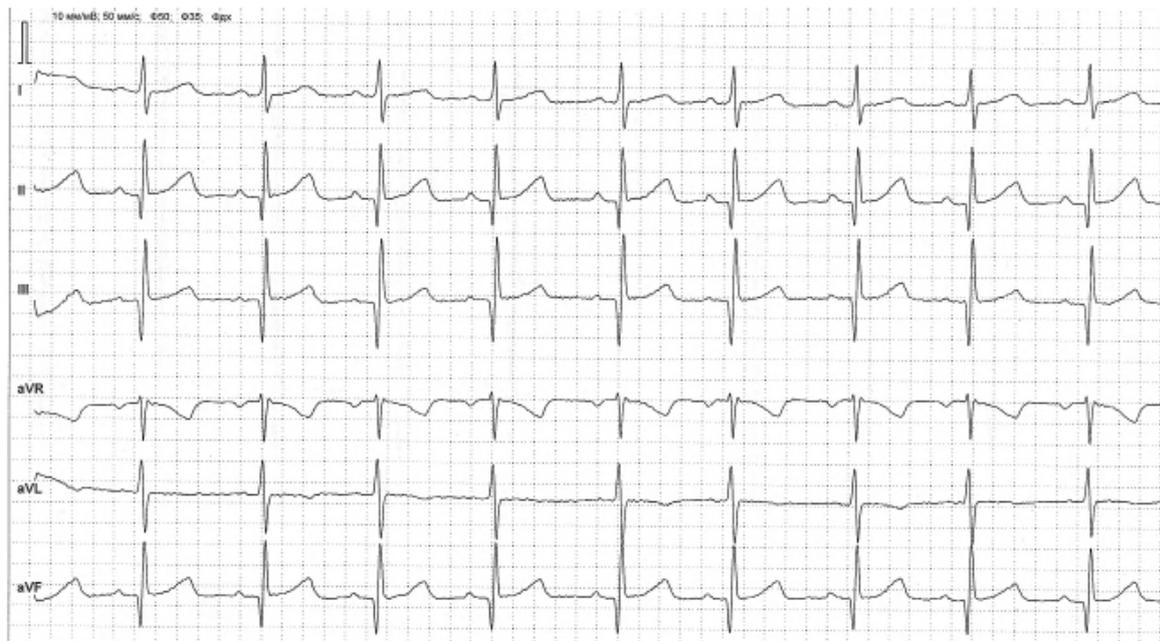


Рис. 3. ЭКГ ребенка 1 года



Рис. 4. ЭКГ ребенка 2,5 лет

КОМПЛЕКС QRS

Распространение возбуждения по обоим желудочкам отображается в виде комплекса QRS. Длительность комплекса QRS зависит от возраста (табл. 6).

Таблица 6

Длительность комплекса QRS в зависимости от возраста
(Park M. K., Guntheroth W. G.)

Возраст	< 1 мес.	1–6 мес.	6–12 мес.	1–3 года	3–8 лет	8–12 лет	12–16 лет	> 16 лет
Длительность, мс	50–70	50–70	50–70	60–70	70–80	70–90	70–100	80–100

Значения QRS более данных значений могут свидетельствовать о нарушении внутрижелудочкового проведения или желудочковой локализации регистрируемых комплексов.

Начало конечного отрицательного колена комплекса QRS обозначают как время внутреннего отклонения (рис. 5). Максимальное значение интервала QR у детей в V1 составляет 20–30 мс. Увеличение его свидетельствует о нарушении распространения возбуждения, например, при блокадах ножек пучка Гиса и/или при гипертрофии желудочков.

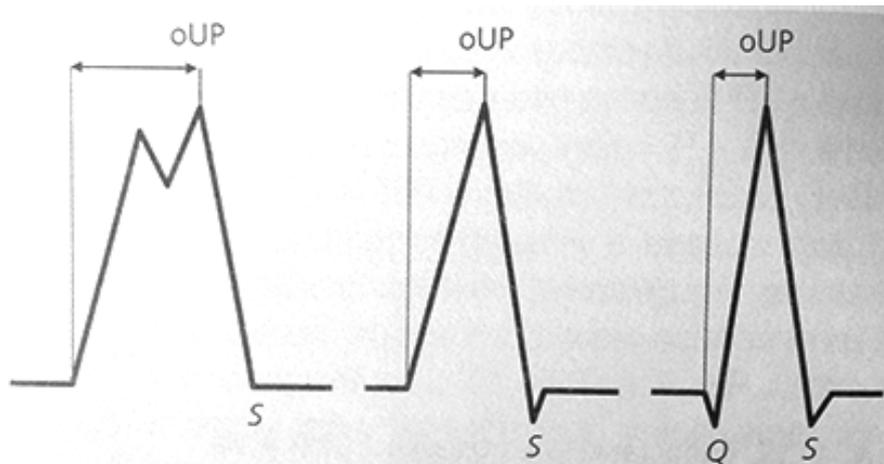


Рис. 5. Определение времени внутреннего отклонения

Соотношение времени внутреннего отклонения в отведениях V1 и V6 — критерий, отражающий физиологические процессы перестройки в течение первого года жизни. До третьего месяца жизни заканчивается положительная разность между временем внутреннего отклонения в V1 и V6, которая в дальнейшем становится отрицательной за счет увеличения времени внутреннего отклонения в отведении V6 по отношению к V1.

У детей отмечаются значительные колебания высоты зубцов комплекса QRS, так называемая электрическая альтернация зубцов желудочкового ком-

плекса, обусловленная лабильностью электрофизиологических процессов в миокарде.

При этом следует отметить, что абсолютная высота зубцов ЭКГ имеет меньшее значение, чем соотношения их в различных отведениях (главным образом зубцов R и S):

1. Амплитуда зубца R в отведениях V1 и V2 с возрастом уменьшается, амплитуда зубца S увеличивается. Скорость, с которой наступают данные изменения, отличается у разных лиц. В среднем соотношение R/S в отведении V1 остается > 1 до возраста 3 лет, а у некоторых здоровых детей — до 8–12 лет.

2. В отведениях V4–6 амплитуда зубца R несколько увеличивается, что связано с изменениями соотношения масс левого и правого желудочков и поворотами сердца вокруг своих осей.

3. Зона одинаковой амплитуды зубцов R и S в грудных отведениях называется переходной зоной. У новорожденных она приходится на отведение V5 и характеризует доминирующее преобладание правого желудочка. В возрасте 1 мес. смещается до отведений V3–4. В возрасте 1 года переходная зона находится в области V2–V3 (период, когда доминирование правого желудочка прекратилось, но нет и доминирования левого желудочка). Иногда такие соотношения могут сохраняться у детей до 5–6 лет. Но чаще к 6-летнему возрасту переходная зона сдвигается в отведение V2, во всех грудных отведениях, за исключением V1, доминируют зубцы R.

Амплитуда комплекса QRS свыше 98-го перцентиля при нормальном наджелудочковом распространении возбуждения указывает на гипертрофию желудочков (табл. 7).

Таблица 7

Нормальные значения амплитуды зубца R (мВ) в зависимости от возраста (Rijbeek et al., 2001)

Возраст	Мальчики медиана (98-й перцентиль)	Мальчики медиана (98-й перцентиль)	Девочки медиана (98-й перцентиль)	Девочки медиана (98-й перцентиль)
	V1	V6	V1	V6
< 1 мес.	1,1 (2,0)	1,0 (1,78)	1,35 (2,2)	0,93 (1,64)
1–3 мес.	1,23 (2,07)	1,55 (2,23)	1,17 (1,99)	1,51 (2,67)
3–6 мес.	1,32 (2,2)	1,65 (2,73)	1,14 (2,73)	1,6 (2,8)
6–12 мес.	1,12 (2,14)	1,7 (2,79)	1,01 (1,92)	1,68 (2,74)
1–3 года	1,08 (2,11)	1,79 (2,96)	1,01 (1,91)	1,68 (2,67)
3–5 лет	0,95 (1,78)	1,98 (3,14)	0,77 (1,38)	1,89 (2,91)
5–8 лет	0,63 (1,48)	1,97 (2,98)	0,55 (1,24)	2,05 (3,25)
8–12 лет	0,54 (1,14)	2,18 (3,24)	0,49 (1,14)	2,0 (3,04)
12–16 лет	0,48 (1,18)	2,02 (3,05)	0,35 (1,1)	1,65 (2,52)

Но по результатам различных исследований ЭКГ у детей является *относительно неинформативным методом диагностики гипертрофии левого желудочка, характеризующимся низкой специфичностью и чувствительностью.*

В детском возрасте достаточно часто встречается расщепление комплекса QRS в отведениях III, V1, 2, типа rSr1 с узким и малоамплитудным зубцом r1 или зазубренностью на восходящем колене зубца S. При этом длительность комплекса QRS не превышает возрастную норму. Происхождение этого феномена связывают с возбуждением гипертрофированного правого «наджелудочкового гребешка», расположенного в области легочного конуса правого желудочка, возбуждающегося последним. Это расценивается как норма. Термин «синдром наджелудочкового гребешка» в настоящее время не рекомендуется использовать.

Сегмент ST

Сегмент ST начинается от окончания зубца QRS и оценивается до начала зубца T. В норме при стандартной ЭКГ покоя его смещение не должно превышать 1 мм (мВ) ниже изолинии. У старших детей и подростков может быть его элевация до 4 мм вследствие ранней реполяризации желудочков.

Точка J

Точка J представляет собой переход зубца S желудочкового комплекса в сегмент ST. Для выявления патологической депрессии сегмента ST оценивают положение сегмента длительностью 80 мс после точки J при ЧСС менее 130 уд/мин и длительностью 60 мс — при ЧСС более 130 уд/мин.

Зубец T

Отражает реполяризацию миокарда желудочков. В первую неделю жизни ребенка форма зубца T очень вариабельна. В первые 2–3 дня жизни положительные зубцы T в правых грудных отведениях (V1 и V3R) рассматриваются как норма. Как правило, в первую неделю жизни зубцы T в данных отведениях инвертируются у большинства новорожденных. В случае положительного зубца T в отведениях V1 или V3R после первой недели жизни можно заподозрить наличие патологии. Зубец T остается инвертированным в грудных отведениях V1–V4 у большинства детей до достижения возраста 12–16 лет. В промежуточных отведениях (V2 и V3) зубец T часто инвертирован в раннем детстве, и наблюдается прогрессирование до положительного зубца T в последовательности отведений V3, V2, V1. Зубец T в отведениях

V5 и V6 должен быть положительным во всех возрастных группах, у очень незначительного числа новорожденных зубец T в данных отведениях может быть уплощен или инвертирован на протяжении 1–3 дней.

Вектор зубца T в норме соответствует основной оси сердца, поэтому его максимальная амплитуда отмечается в отведении, которое совпадает с основной осью сердца. В тех отведениях, где зубец R преобладает в QRS комплексе, в норме должны регистрироваться положительные зубцы T.

По данным методических рекомендаций Российской Федерации возрастная динамика амплитуды зубца T представлена в табл. 8.

Таблица 8

Амплитуда зубца T у детей 0–18 лет (Протокол центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков Федерального Медико-Биологического Агентства России (ЦСССА ФМБА России))

Возраст	Положительный	Сглаженный	Отрицательный
0–5 дней	I, II, V6	III, aVF, V1	aVR, V1-V5
6 дней–2 года	I, II, aVF, V6	III, V5	aVR, V1-V4
3–12 лет	I, II, aVF, V5, V6	III, V4	aVR, V1-V3
> 14 лет	I, II, III, aVF, V5, V6	V2-V4	aVR

ИНТЕРВАЛ QT

Отражает деполяризацию и реполяризацию желудочков. Интервал QT зависит от ЧСС и в норме при увеличении ЧСС происходит укорочение этого интервала.

Длительность QTc в норме:

- для детей младше 6 мес. — $\leq 0,49$ с;
- старше 6 мес. — $\leq 0,44$ с.

Значения QTc в разных возрастных группах по формуле Базетта в пределах нормального интервала, пограничные значения и удлиненные представлены в табл. 9.

Таблица 9

Предельные значения QTc в разных возрастных группах (Байес Де Луна, 2022)

Значения	Дети до 15 лет	Взрослый мужчина	Взрослая женщина
Норма	< 440 мс	< 430 мс	< 450 мс
Пограничные	440–460 мс	430–450 мс	450–470 мс
Удлиненный	> 460 мс	> 450 мс	> 470 мс

Нет существенных отличий в значениях QTc при измерении на скорости ленты 25 и 50 мм/сек.

Зубец U

Иногда после окончания зубца T может выявляться небольшой зубец U, что может значительно затруднять точное определение окончания процесса реполяризации на ЭКГ.

НОРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА В РАЗЛИЧНЫЕ ВОЗРАСТНЫЕ ПЕРИОДЫ

Электрокардиографические показатели у новорожденных зависят от массы тела при рождении:

1. I группа — 2500–2950 г.
2. II группа — 3000–3950 г.
3. III группа — 4000–5000 г.

4. У I и III групп более выраженная брадикардия, более значительная лабильность сердечного ритма, признаки физиологической перегрузки правого предсердия, деформация и зазубренность QRS в отведениях AVR и V1 по сравнению со II группой.

ЭКГ у новорожденного

ЭКГ на первом месяце жизни имеет ряд особенностей, обусловленных изменениями сердечно-сосудистой системы в постнатальном периоде.

ЭКГ у недоношенных детей имеет следующие особенности:

1. Существует определенная зависимость ЭКГ от степени недоношенности.
2. ЭОС расположена вертикально или отклонена вправо (чаще, чем у доношенных).
3. Относительная брадикардия в первые дни жизни ребенка (130–135 в 1'). В последующие дни ЧСС — 150–180 в 1' (ночью — 120–130 в 1', при беспокойстве — до 200).
4. Зубец P в I, II, III, AVF, AVL — положительный или отрицательный, в aVR — отрицательный, в правых грудных отведениях — положительный, редко отрицательный, в левых — положительный, сглажен. Зубец P более низкоамплитудный.
5. PQ в среднем 0,09'' (0,08–0,12'').
6. Может быть зубец q в правых грудных отведениях.
7. Амплитуда комплексов QRS у недоношенных ниже (низкий вольтаж), чем у доношенных.
8. Длительность комплекса QRS может быть несколько меньше, чем у доношенных детей (0,03–0,05'').

9. Зубец Т низкоамплитудный, в грудных отведениях отрицательный до V4 (первые 15 дней жизни), последующие (до 40 дней) — до V3.

10. Преобладание правого желудочка менее выражено.

ЭКГ у детей 1-й недели жизни:

1. Ритм сердца синусовый, лабильный.

2. ЭОС отклонена вправо ($90-120^\circ$) (максимально — до $+190^\circ$).

3. Относительная брадикардия (≈ 120 в 1').

4. Зубец Р невысокий, изоэлектричный (обычно заостренный в отведениях II, III стандартных отведениях и aVF и более округлый в других отведениях; в отведении V1 может быть двухфазным).

5. PQ в пределах $0,07-0,11''$ ($0,1''$).

6. Зубец Q наибольшей амплитуды в III стандартном отведении, но может отсутствовать. Зубец Q в V1 (10 %), исчезающий в последующем.

7. Вольтаж комплексов QRS небольшой, но может варьировать.

8. $R_I < R_{II} < R_{III}$; $S_I > S_{II} > S_{III}$, иногда S I, II, III.

9. QRS — $0,05''-0,06''$.

10. В отведениях от V1 до V4 преобладает зубец R, в отведениях V5–6 выражен зубец S. Переходная зона в V5.

11. ST на изолинии.

12. Зубец Т в правых грудных отведениях положительный, с первой недели становится отрицательным, в левых отведениях — отрицательный или двухфазный; в III стандартном — отрицательный.

13. Продолжительность Q–T сравнительно небольшая: от $0,298$ до $0,440''$.

ЭКГ у детей 7–9 дней:

1. Увеличивается ЧСС ($130-140$ в 1') (максимально — до 180 уд/мин).

2. Увеличивается амплитуда зубцов Р и R в I, II, aVR и V6 отведениях.

3. В стандартных отведениях увеличивается амплитуда зубца Т.

ЭКГ у детей 10–15 дней:

1. Увеличивается ЧСС ($145-150$ в 1').

2. Увеличивается амплитуда зубцов Р, R, Т.

3. Увеличивается величина интервала PQ ($0,09-0,11''$).

4. Ширина комплекса QRS ($0,05-0,06''$).

ЭКГ у детей 16–30 дней:

1. ЭОС отклонена вправо.

2. Зубец Р в стандартных отведениях высокий, часто заостренный. В правых грудных отведениях зубец Р отрицательный. Соотношение зубца Р и R в I, II стандартных отведениях составляет 1 : 3.

3. PQ составляет $0,08-0,14''$.

4. Зубец Q в III стандартном отведении глубокий (более $\frac{1}{4}$ зубца R).

5. QRS в среднем $0,05-0,06''$.

6. Амплитуда зубца R в отведениях II, III, V1-2, зубца S в отведениях I, V5 уменьшается.
7. Могут быть зазубрины зубца RIII.
8. Переходная зона смещается к V3–4.
9. В грудных отведениях V1, V5 могут быть высокие R и глубокие S.
10. Зубец T в стандартных отведениях снижен, отрицательный, двухфазный, в V1 — двухфазный или отрицательный, в левых грудных отведениях — снижен или отрицательный.
11. QT интервал: средний интервал QTc на 4-й день жизни составляет 400 ± 20 мс и, в отличие от взрослого, никаких гендерных различий не существует в настоящее время. Однако, верхнее нормальное значение QTc (2 стандартных отклонения от среднего, что соответствует 97 и 5 процентилем) составляет 440 мс. По определению у 2–5 % нормальных новорожденных встречается QTc более 440 мс. У здоровых детей грудного возраста существует физиологическое удлинение QTc ко второму месяцу (в среднем 410 мс), за которым следует постепенное укорочение и на шестом месяце QTc возвращается к значениям, зафиксированным на первой неделе жизни.

ЭКГ у ДЕТЕЙ ОТ 1 МЕСЯЦА ДО 1 ГОДА

ЭКГ у детей от 1 мес. до 1 года имеет следующие особенности:

1. ЧСС — 100–160 ударов в 1'.
2. Вертикальное или нормальное положение ЭОС (угол α — $+30^\circ$ — $+120^\circ$).
3. Зубец P отчетливо выражен в стандартных отведениях, продолжительность его составляет в среднем $0,05''$ при колебаниях от $0,03$ до $0,06''$.
4. Амплитуда зубца P равняется $\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{10}$ амплитуды зубца R соответствующего отведения.
5. Зубец Q в III стандартном отведении может превышать $\frac{1}{4}$ зубца R.
6. Зубец Q отсутствует в правых грудных отведениях.
7. PQ — $0,09$ – $0,15''$ (в среднем — $0,12''$).
8. Ширина комплекса QRS — $0,05$ – $0,07''$ (зависит от ЧСС).
9. $R_{II} > R_{III} > R_I$.
10. $RV_4 > RV_5 > RV_6$.
11. В V1 зубец R больше S.
12. Переходная зона смещается к V2–3 (доминирование правого прекратилось, но нет доминирования ЛЖ).
13. В III стандартном отведении, в V1 может наблюдаться зазубренность комплекса QRS.

14. Зубец Т в I, II, AVF положительный, III — положительный, двух-
фазный, отрицательный, AVL — положительный у большинства детей,
V1-4 — отрицательный, V5, 6 — положительный.

15. QT — 0,22–0,29” (зависит от ЧСС) (рис. 6).

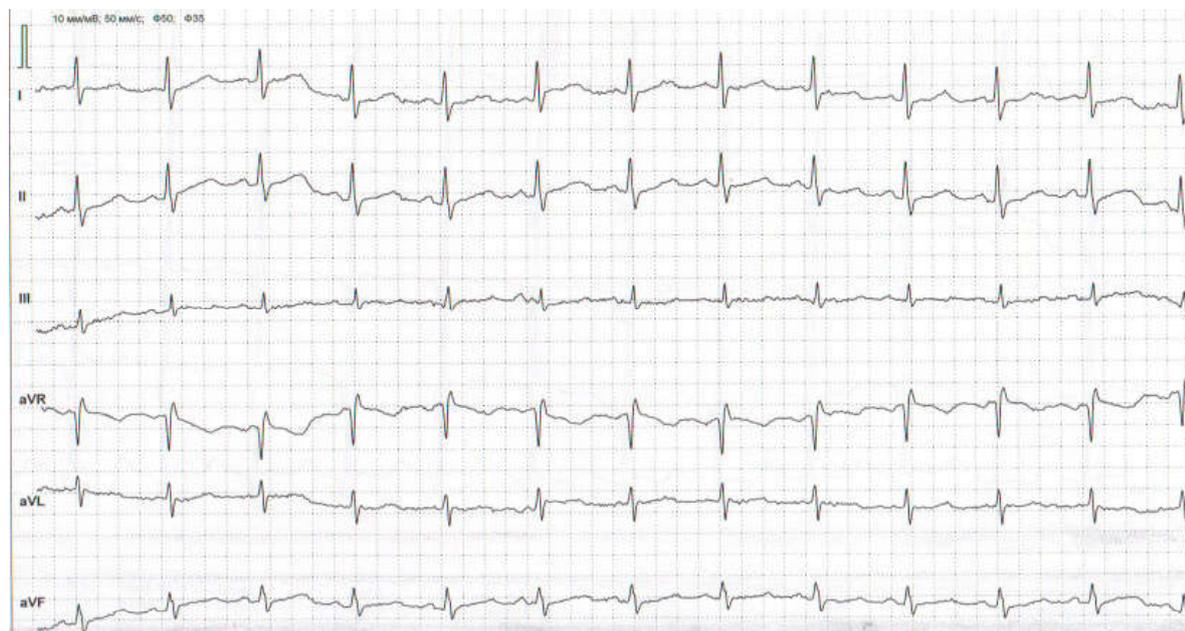


Рис. 6. ЭКГ ребенка 8 месяцев

ЭКГ у ДЕТЕЙ 1–3 ЛЕТ

ЭКГ у детей 1–3 лет имеет следующие особенности:

1. ЧСС — 110–120 в 1’.
2. Амплитуда зубца Р — $\frac{1}{6}$ от амплитуды зубца R в I, II стандартных отведениях.
3. Зубец Q хорошо выражен в III, aVR, aVL, aVF, левых грудных отведениях, QIII > $\frac{1}{4}$ зубца R.
4. PQ — 0,1–0,15 (0,16)”.
5. QRS — 0,04–0,07”.
6. RI увеличивается, SI уменьшается.
7. Зубец T увеличивается. Зубец T несколько увеличивается по амплитуде и в стандартных отведениях I и II может достигать $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ амплитуды зубца R.
8. QT — 0,24–0,32” (рис. 7).

ЭКГ у ДЕТЕЙ 3–6 ЛЕТ

ЭКГ у детей 3–6 лет имеет следующие особенности:

1. ЧСС — 95–100 в 1”.
2. Амплитуда зубца Р — $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ от амплитуды зубца R в I, II стандартных отведениях.
3. PQ — 0,11–0,16”, в среднем 0,13”.
4. QIII > $\frac{1}{4}$ зубца R, уменьшается в I, II стандартных отведениях.
5. QRS — 0,05–0,08”.
6. Зазубривание комплекса QRS в III стандартном отведении и правых грудных отведениях.
7. Смещение ST в правых грудных отведениях на 1–1,5 мм.
8. Зубец T увеличивается, отрицательный в V1–4.
9. QT — 0,27–0,34”.

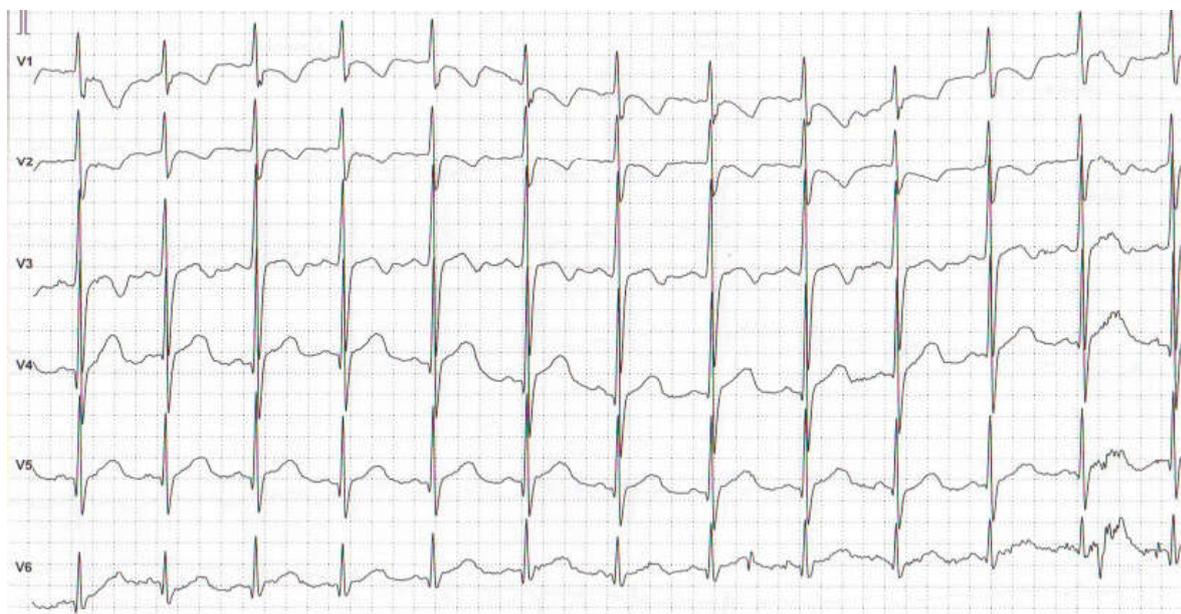


Рис. 7. ЭКГ ребенка 1,6 лет

ЭКГ у ДЕТЕЙ 7–15 ЛЕТ

ЭКГ у детей 7–15 лет имеет следующие особенности:

1. Нестабильный синусовый ритм (70–90 в 1').
2. У 50 % детей нормальное положение ЭОС.
3. Продолжительность P — 0,05–0,1'' (в среднем 0,08'').

4. Амплитуда зубца Р — $\frac{1}{8}$ – $\frac{1}{10}$ от амплитуды зубца R в I, II стандартных отведениях.
5. PQ — 0,12–0,18", в среднем 0,14".
6. QIII > $\frac{1}{4}$ зубца R.
7. QRS — 0,06–0,09".
8. В правых грудных отведениях уменьшается амплитуда R.
9. Переходная зона в V3.
10. RV4 > RV5 > RV6.
11. Зазубривание комплекса QRS в III стандартном отведении и правых грудных отведениях.
12. Зубец T — отрицательный в V1-2. Иногда V3-4 — отношение TII к RII 1 : 3, 1 : 4.
13. QT — 0,28–0,39" (рис. 8).

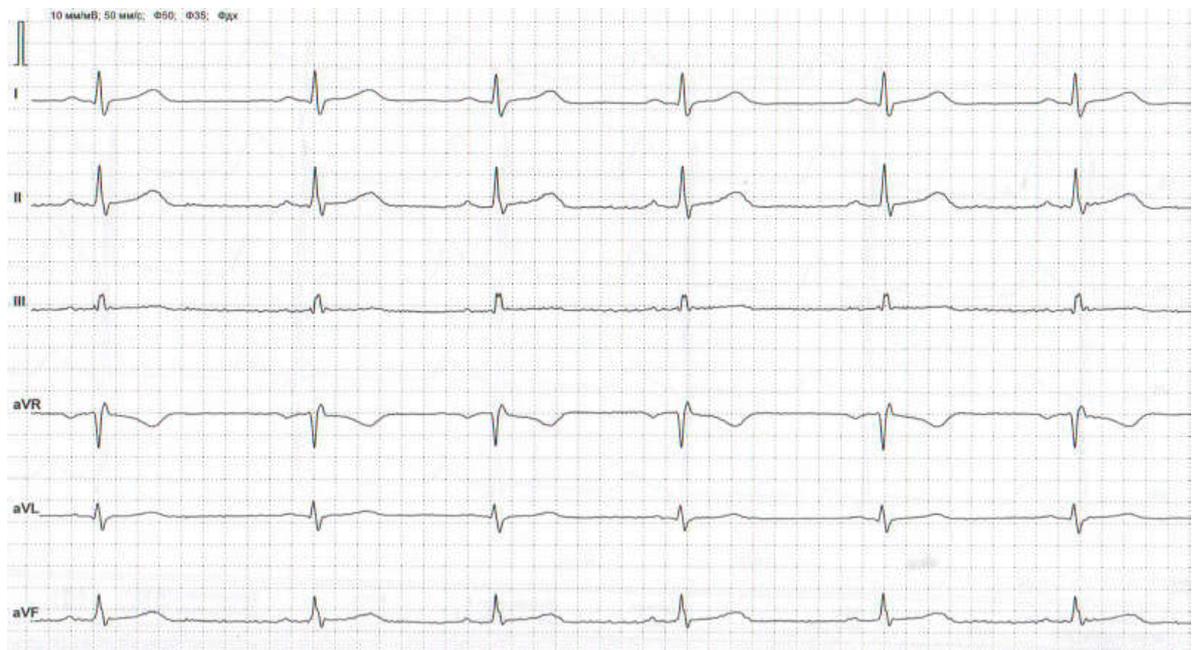


Рис. 8. ЭКГ ребенка 12 лет

ЭКГ у ДЕТЕЙ 16–18 ЛЕТ

ЭКГ у детей 16–18 лет мало отличается от ЭКГ у взрослых.

В табл. 10 приведены нормальные параметры ЭКГ детского возраста согласно международным рекомендациям по интерпретации ЭКГ у детей.

Нормальные параметры ЭКГ в педиатрии (Рагк М. К.)

Возраст	ЧСС (в мин)	ЭОС	PR интер- вал (сек)*	QRS (сек)*	Отведение V ₁			Отведение V ₆		
					Ампли- туда з. R (мм)*	Ампли- туда з. S (мм)*	Соотно- шение R/S	Ампли- туда з. R (мм)*	Ампли- туда з. S (мм)*	Соотно- шение R/S
0-7 дней	95-160 (125)	От +30° до 180° (110)	0,08-0,12 (0,10)	0,05 (0,07)	13,3 (25,5)	7,7 (18,8)	2,5	4,8 (11,8)	3,2 (9,6)	2,2
1-3 нед.	105-180 (145)	От +30° до 180° (110)	0,08-0,12 (0,10)	0,05 (0,07)	10,6 (20,8)	4,2 (10,8)	2,9	7,6 (16,4)	3,4 (9,8)	3,3
1-6 мес.	110-180 (145)	От +10° до +125° (+70)	0,08-0,13 (0,11)	0,05 (0,07)	9,7 (19)	5,4 (15)	2,3	12,4 (22)	2,8 (8,3)	5,6
6-12 мес.	110-170 (135)	От +10° до +125° (+60)	0,10-0,14 (0,12)	0,05 (0,07)	9,4 (20,3)	6,4 (18,1)	1,6	12,6 (22,7)	2,1 (7,2)	7,6
1-3 года	90-150 (120)	От +10° до +125° (+60)	0,10-0,14 (0,12)	0,06 (0,07)	8,5 (18)	9 (21)	1,2	14 (23,3)	1,7 (6)	10
4-5 лет	65-135 (110)	От 0° до +110° (+60)	0,11-0,15 (0,13)	0,07 (0,08)	7,6 (16)	11 (22,5)	0,8	15,6 (25)	1,4 (4,7)	11,2
6-8 лет	60-130 (100)	От -15° до +110° (+60)	0,12-0,16 (0,14)	0,07 (0,08)	6 (13)	12 (24,5)	0,6	16,3 (26)	1,1 (3,9)	13
9-11 лет	60-110 (85)	От -15° до +110° (+60)	0,12-0,17 (0,14)	0,07 (0,09)	5,4 (12,1)	11,9 (25,4)	0,5	16,3 (25,4)	1,0 (3,9)	14,3
12-16 лет	60-110 (85)	От -15° до +110° (+60)	0,12-0,17 (0,15)	0,07 (0,10)	4,1 (9,9)	10,8 (21,2)	0,5	14,3 (23)	0,8 (3,7)	14,7
>16 лет	60-100 (80)	От -15° до +110° (+60)	0,12-0,20 (0,15)	0,08 (0,10)	3 (9)	10 (20)	0,3	10 (20)	0,8 (3,7)	12

* Усредненное значение данного показателя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Recommendations* for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Part III: Intraventricular Conduction Disturbances: A Scientific Statement From the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society: Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology / B. Surawicz [et al.] // *Circulation*. Vol. 119. N 10. P. 235–240.
2. *Electrocardiographic* modifications induced by breast implants / S. S. Bun [et al.] // *Clin. Cardiol*. 2019. Vol. 42. N 5. P. 542–545.
3. *Guidelines* for the interpretation of the neonatal electrocardiogram. A Task Force of the European Society of Cardiology / P. J. Schwartz [et al.] // *Eur. Heart J*. 2002. Vol. 23. N 17. P. 1329–1344.
4. *Lévy, S.* Diagnostic approach to cardiac arrhythmias / S. Lévy // *J. of Cardiovasc. Pharmacol*. 1991. Vol. 17, suppl. 6. P. 24–31.
5. *Normal ECG* standards for infants and children / A. Davignon [et al.] // *Pediatr. Cardiol*. 1980. Vol. 1. P. 123–131.
6. *Park, M. K.* Park’s pediatric cardiology for practitioners: expert consult / M. K. Park, M. Salamat. 7th ed. Elsevier, 2020. 690 p.
7. *Гутхайль, Х.* ЭКГ детей и подростков : пер. с нем. / Х. Гутхайль, А. Линдингер ; под ред. М. А. Школьниковой, Т. А. Ободзинской. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2013. 256.
8. *Диагностика* и лечение нарушений ритма и проводимости сердца у детей / М. А. Школькова [и др.] ; под ред. М. А. Школьниковой, Д. Ф. Егорова. Санкт-Петербург : Человек, 2012. 432 с.
9. *Макаров, Л. М.* ЭКГ в педиатрии / Л. М. Макаров. 2-е изд. Москва : Медпрактика-М, 2006. 544 с.
10. *Нормативные* параметры ЭКГ у детей : метод. рекомендации / Л. М. Макаров [и др.] ; ин-т повышения квалификации Федер. мед.-биол. агентства. Москва : Медпрактика-М, 2018. 20 с.
11. *Прахов, А. В.* Клиническая электрокардиография в практике детского врача : рук. для врачей / А. В. Прахов. 3-е изд. Нижний Новгород : НижГМА, 2017. 154 с.
12. *Park, M. K.* Park’s the pediatric cardiology handbook: mobile medicine series / M. K. Park. 5th ed. Saunders, 2015. P 535.
13. *Регистрация* электрокардиограммы покоя в 12 общепринятых отведениях взрослым и детям, 2023. Методические рекомендации / Д. В. Дроздов [и др.] // *Рос. кардиол. журн*. 2023. Т. 28. № 10. С. 105–130.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Особенности методики проведения электрокардиографии у детей.....	3
Особенности анатомии и физиологии сердечно-сосудистой системы у детей	6
Возрастная динамика электрокардиографических показателей.....	7
Электрическая ось сердца (ЭОС)	7
Частота сердечных сокращений	9
Зубец Р.....	10
Интервал Р–Q	11
Зубец Q.....	12
Комплекс QRS	14
Сегмент ST.....	16
Точка J	16
Зубец Т	16
Интервал QT	17
Зубец U.....	18
Нормальная электрокардиограмма в различные возрастные периоды	18
ЭКГ у новорожденного.....	18
ЭКГ у детей от 1 месяца до 1 года.....	20
ЭКГ у детей 1–3 лет.....	22
ЭКГ у детей 3–6 лет.....	22
ЭКГ у детей 7–15 лет.....	23
ЭКГ у детей 16–18 лет.....	24
Список использованной литературы.....	26

Учебное издание

Жарихина Марина Петровна
Ушакова Людмила Юрьевна
Каштальян Оксана Александровна
Панкина Анна Николаевна

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск Л. Ю. Ушакова
Корректор Н. С. Кудрявцева
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 28.05.24. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Херох Марафон Бизнес».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,13. Тираж 54 экз. Заказ 293.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.