

Возрастные изменения артериального давления и характеристик дисперсионного картирования электрокардиограммы у подростков г. Магадана

Лоскутова А. Н.

ФГБУН Научно-исследовательский центр “Арктика” Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИЦ “Арктика” ДВО РАН). Магадан, Россия

Цель. Изучить возрастные изменения показателей дисперсионного картирования (ДК) электрокардиограммы (ЭКГ) у подростков с нормальным уровнем артериального давления (АД). ДК ЭКГ позволяет оценить степень нарушений электрофизиологических свойств миокарда сердца, не достигших клинических проявлений при стандартной записи ЭКГ.

Материал и методы. За период 2017-2020 гг. проанализированы данные 1140 школьников (590 мальчиков и 550 девочек), проживающих в г. Магадан. Критерии включения в исследование: возраст 12-17 лет, информированное согласие родителей, 1-2 группа здоровья, отсутствие в анамнезе хронических заболеваний, перенесенных острых заболеваний (прививки), артериальной гипертензии. Систолическое и диастолическое АД (САД и ДАД) регистрировали 3-кратно на тонометре “A&D Company Ltd” (2017 г, Япония). Показатели ДК ЭКГ были получены на приборе “КардиоВизор-06с” (2004 г, Россия, г. Москва): индекс “Миокард” (норма <15%), индекс “Ритм” (норма <20%), деполяризация правого и левого предсердий (G1-G2) и правого и левого желудочков (G3-G4), реполяризация правого и левого желудочков (G5-G6), симметрия деполяризации желудочков (G7), внутрижелудочковые блокады (G8), гипертрофия желудочков (G9).

Результаты. В период с 12 до 17 лет определено возрастное увеличение АД и уменьшение частоты сердечных сокращений ($p < 0,001$). Значимые темпы повышения АД наблюдались у девочек в 12-13 лет ($p < 0,01$), у мальчиков погодные различия были с 12 лет только по САД, ($p < 0,05$), кроме 14-15 лет. Гендерные различия установлены в 13 лет по ДАД ($p = 0,026$), с 14 лет по САД при более высоких значениях у мальчиков ($p < 0,05$). С 12 до 17 лет только по индексу “Ритм” наблюдались возрастные изменения ($p < 0,001$), преобладание средних значений нормы установлено с 14 лет у мальчиков ($p = 0,008$) и с 15 лет у девочек ($p = 0,022$) относительно младшего возраста. Также отмечалось увеличение доли лиц со значениями нормы у мальчиков с 28,7 до 50,0%, у девочек с 29,4 до 61,7% ($p < 0,05$). Индекс “Миокард” во всех возрастах приближался к верхней грани-

це нормы, зависимость от возраста и пола отсутствовала. По показателям G1-G9 преобладали значения нормы и пограничные состояния. Наибольшее сходство с эталонами патологии наблюдалось по G1-G2 у 45,6-40,8% мальчиков и 48,3-46,5% девочек, а также по G9 — 35,1-39,6% ($p > 0,05$), соответственно.

Процентная доля лиц по G5-G6 была меньше среди мальчиков (6,9 и 7,1%) по сравнению с девочками (14,2 и 13,1%) ($p = 0,002$, $p = 0,010$), по остальным показателям значимых различий не наблюдалось: G3 (9,8 и 7,1%), G4 (4,9 и 4,0%), G7 (5,4 и 6,0%), G8 (1,4 и 1,1%) ($p > 0,05$). Среди мальчиков по G9 возрастные различия наблюдались в 14-15 лет ($p = 0,026$), у девочек по G1 в 16-17 лет ($p = 0,035$).

Заключение. Дисперсионное картирование ЭКГ позволяет контролировать ранние изменения дисперсионных характеристик сердца у детей 12-17 лет с нормальным уровнем АД и выявлять среди них тех подростков, которым необходимо дальнейшее обследование.

Ключевые слова: подростки, артериальное давление, дисперсионное картирование электрокардиограммы.

Отношения и деятельность: нет.

Поступила 16/03-2022

Рецензия получена 18/04-2022

Принята к публикации 15/06-2022



Для цитирования: Лоскутова А. Н. Возрастные изменения артериального давления и характеристик дисперсионного картирования электрокардиограммы у подростков г. Магадана. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022;21(7):3248. doi:10.15829/1728-8800-2022-3248. EDN WCRAVG

Age-related blood pressure and electrocardiographic dispersion mapping changes observed in Magadan adolescents

Loskutova A. N.

Arktika Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. Magadan, Russia

Aim. To study age-related electrocardiographic (ECG) dispersion mapping (DM) changes in adolescents with normal blood pressure (BP). ECG-DM makes it possible to assess the severity of myocardial electrophysiological abnormalities, which have not reached clinical manifestations with a standard ECG recording.

Material and methods. For the period of 2017-2020, the data of 1140 schoolchildren (590 boys and 550 girls) living in Magadan were analyzed. There were following inclusion criteria: age of 12-17 years, informed consent of parents, health status group 1-2, no prior chronic and acute diseases (vaccinations), and hypertension. Systolic (SBP) and diastolic

Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: lesa82@inbox.ru

Тел.: +7 (908) 227-77-00

[Лоскутова А. Н. — к.б.н., н.с. лаборатории физиологии экстремальных состояний, ORCID: 0000-0001-5350-8893].

blood pressure (DBP) were recorded 3 times on the A&D Company Ltd BP monitor (2017, Japan). ECG-DM parameters were obtained using the CardioVisor-06s system (2004, Russia, Moscow): Myocardium index (norm <15%), Rhythm index (norm <20%), right, left atrial (G1-G2) and right, left ventricular depolarization (G3-G4), right and left ventricular repolarization (G5-G6), ventricular depolarization symmetry (G7), intraventricular block (G8), ventricular hypertrophy (G9).

Results. In the period from 12 to 17 years old, an age-related increase in BP and a decrease in heart rate were determined ($p < 0,001$). Significant rates of BP increase were observed in girls at the age of 12-13 years ($p < 0,01$), while in boys, yearly differences regard only SBP from 12 years ($p < 0,05$), except for 14-15 years. Sex differences were established at the age of 13 for DBP ($p = 0,026$), from the age of 14 according to SBP, with higher values in boys ($p < 0,05$). From 12 to 17 years old, age-related changes were observed only in the Rhythm index ($p < 0,001$), while the predominance of average normal values was established from the age of 14 in boys ($p = 0,008$) and from 15 years old in girls ($p = 0,022$) relative to younger age. There was also an increase in the proportion of persons with normal values in boys from 28,7 to 50,0%, in girls from 29,4 to 61,7% ($p < 0,05$). The Myocardium index at all ages approached the upper normal limit without dependence on age and sex. According to G1-G9 indicators, normal and borderline values prevailed. The greatest similarity was observed in G1-G2 in 45,6-40,8% of boys and 48,3-46,5% of girls, as well as in G9 — 35,1-39,6% ($p > 0,05$), respectively.

The proportion of persons in G5-G6 was lower among boys (6,9 and 7,1%) compared with girls (14,2 and 13,1%) ($p = 0,002$, $p = 0,010$), while

other indicators had no significant differences as follows: G3 (9,8 and 7,1%), G4 (4,9 and 4,0%), G7 (5,4 and 6,0%), G8 (1,4 and 1,1%) ($p > 0,05$). Among boys according to G9, age differences were observed at 14-15 years old ($p = 0,026$), while among girls — G1 at 16-17 years old ($p = 0,035$).

Conclusion. ECG-DM allows monitoring early cardiac dispersion changes in children aged 12-17 years with a normal blood pressure level and identifying among them those adolescents who need further examination.

Keywords: adolescents, blood pressure, ECG dispersion mapping.

Relationships and Activities: none.

Loskutova A. N. ORCID: 0000-0001-5350-8893.

Corresponding author: lesa82@inbox.ru

Received: 16/03-2022

Revision Received: 18/04-2022

Accepted: 15/06-2022

For citation: Loskutova A. N. Age-related blood pressure and electrocardiographic dispersion mapping changes observed in Magadan adolescents. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(7):3248. (In Russ.) doi:10.15829/1728-8800-2022-3248. EDN WCRAVG

АГ — артериальная гипертония, АД — артериальное давление, ДАД — диастолическое АД, ДК — дисперсионное картирование, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, ПЖ — правый желудочек, ПП — правое предсердие, САД — систолическое АД, ЧСС — частота сердечных сокращений, ЭКГ — электрокардиограмма, G1 — деполаризация ПП, G2 — деполаризация ЛП, G3 — деполаризация ПЖ, G4 — деполаризация ЛЖ, G5 — реполаризация ПЖ, G6 — реполаризация ЛЖ, G7 — симметрия деполаризации, G8 — наличие внутрижелудочковых блокад, G9 — гипертрофия желудочков.

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Изучение годовых и гендерных закономерностей развития сердечно-сосудистой системы подростков позволяет определять периоды значимых функциональных изменений.
- Применение дисперсионного картирования (ДК) электрокардиограммы (ЭКГ) в скрининг-исследованиях подростков позволяет выделить группы высокого риска развития патологии сердечно-сосудистой системы.

Что добавляют результаты исследования?

- Показана важная роль применения метода ДК ЭКГ в скрининг-исследованиях для оценки донозологических состояний у подростков с нормальным уровнем артериального давления.
- Среди подростков установлена высокая частота сходства показателей ДК ЭКГ с эталонами патологий, что помогает определить предполагаемые дисфункции в миокарде сердца и их вероятную локализацию.

Key messages

What is already known about the subject?

- The study of annual and sex patterns in cardiovascular development of adolescents makes it possible to determine periods of significant functional changes.
- The use of ECG-DM in screening studies of adolescents makes it possible to identify groups at high risk for cardiovascular diseases.

What might this study add?

- The important role of ECG-DM in screening for pre-nosological conditions in adolescents with normal blood pressure has been shown.
- Among adolescents, a high prevalence of similarity of ECG-DM parameters with pathology standards was established, which helps to determine myocardial dysfunctions and their probable location.

Введение

Одной из основных задач в борьбе с распространением заболеваний являются скрининг-исследования населения, которые позволяют своевременно выявить группы риска. Дисперсионное

картирование (ДК) электрокардиограммы (ЭКГ) широко применяется в ранней диагностике нарушений сердечно-сосудистой системы среди взрослого населения (≥ 18 лет). Главной структурной компонентой метода является анализ дисперсии

низкоамплитудных колебаний электрокардиосигнала PQRS от цикла к циклу с последующей визуализацией “портрета сердца” [1-3]. Он очень чувствителен к метаболическим отклонениям, наблюдаемым при нарушении коронарного кровотока [4], имеет высокую чувствительность (87%) и специфичность (97%) в диагностике инфаркта миокарда [5]. Прогностическая значимость метода показана при скрининге лиц, ранее считавших себя здоровыми, у которых из-за превышения порога нормы индекса “Миокард” впервые были выявлены и подтверждена сердечно-сосудистая патология в 7,3% случаев. При лечении больных установлено улучшение электрофизиологического состояния миокарда по показателям ДК ЭКГ и общего самочувствия [6].

В отличие от скрининг-анализа дисперсионных изменений ЭКГ-сигнала, характерного для взрослых людей, у детей и подростков ДК ЭКГ можно использовать лишь для контроля тенденций изменения дисперсионных характеристик [7]. Это обусловлено тем, что в детском и подростковом возрасте показатели возбудимости, проводимости и метаболизма миокарда связаны с процессами гетерохронного развития правого (ПЖ) и левого (ЛЖ) желудочков сердца на разных этапах онтогенеза, формированием механизмов нервно-гуморальной регуляции сердечной деятельности [8]. Подростковый возраст является критическим периодом развития, который определяется важнейшим биологическим этапом — половым созреванием. На данном этапе происходит интенсивная перестройка и созревание сердечно-сосудистой системы, ее вегетативной регуляции. Вследствие этого может наблюдаться напряжение адаптационных механизмов организма, возникновение дисфункций [8, 9]. Немногочисленные исследования ДК ЭКГ у подростков подтверждают диагностическую ценность дисперсионных отклонений низкоамплитудных колебаний кардиоцикла в выявлении группы высокого риска по развитию артериальной гипертензии (АГ) [10-12]. Вместе с тем, скрининг-исследования ДК ЭКГ в оценке донозологических состояний у детей и подростков, не имеющих хронических заболеваний, остаются малоизученными.

Цель исследования — изучить возрастные изменения показателей ДК ЭКГ у подростков с нормальным уровнем артериального давления (АД).

Материал и методы

За период 2017-2019гг были проанализированы данные 1140 школьников в возрасте 12-17 лет (590 мальчиков и 550 девочек), проживающих в городе Магадан. Критерии включения в исследование были следующими: возраст, информационное согласие родителей на обследование и обработку персональных данных детей, 1-2 группа здоровья; критерии невключения в исследование: возраст до

12 лет, АГ, наличие в анамнезе хронических заболеваний, ранее перенесенных острых заболеваний или прививки (<1 мес.). Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2008г).

Проводили офисное измерение АД на цифровом тонометре “A&D Company Ltd” (Япония) и определяли нормативность показателей по центильным таблицам с учетом возраста, пола и длины тела [13]. Подростки с АГ (АД $\geq 95\%$ кривой распределения в популяции, для подростков старше 16 лет АД $> 140/90$ мм рт.ст. [13]) были исключены из анализа на этапе обследования — всего 160 (12,3%) школьников из 1300 чел.

На приборе “КардиоВизор-06с” (2004г. Россия, г. Москва, ООО “Медицинские Компьютерные Системы”) регистрировали ЭКГ покоя в положении сидя в течение 60 сек с 4-х электродов, наложенных на конечности (отведения I-aVF). В программе после автоматического выделения и анализа низкоамплитудных колебаний ЭКГ-сигнала фиксировали индекс микроальтернаций миокарда “Миокард” (далее индекс “Миокард”), значения которого $< 15\%$ свидетельствуют об отсутствии значимых отклонений, 15-19% о пограничных состояниях, $\geq 20\%$ о вероятной патологии. Для индекса “Ритм”, характеризующего деятельность вариабельности сердечного ритма, отсутствие существенных отклонений соответствует значениям $< 20\%$, значения, равные 100%, — максимально выраженным изменениям характеристик вариабельности R-R интервалов, свойственным при аритмиях или сильном стрессе. Индекс “Ритм” позволяет оценить отклонения в регуляции сердечного ритма: если симпатические и парасимпатические влияния оптимально сбалансированы, то индекс находится в диапазоне от 0 до 20%. С превышением этой величины вероятность начальных и пограничных вегетативных дисфункций возрастает [7].

Степень выраженности и локализации электрофизиологических изменений де- и реполяризации миокарда предсердий и желудочков определяли по “Коду детализации”, включающего в себя временные интервалы кардиокомплекса PQRS: G1-G2 — деполяризация правого (ПП) и левого (ЛП) предсердий (Р зубец), G3-G4 — деполяризация ПЖ и ЛЖ (~60-90 мс QRS), G5-G6 — реполяризация ПЖ и ЛЖ (интервал ST-T), G7 — симметрия деполяризации желудочков (~30...70 мс QRS), G8 — внутрижелудочковые блокады (0...90 мс QRS), G9 — гипертрофия желудочков, показатель симметрии деполяризации в начальной части комплекса QRS (~0...40 мс QRS) [1, 4, 7].

Цифра “0” в “Код детализации” указывает на отсутствие электрофизиологических нарушений, увеличение числовых значений свидетельствует об отклонениях от нормы и сходстве дисперсионных показателей с эталонами патологий сердца, которые определяются следующими значениями: G1 — 17 эталонов патологий, G2 — 10 эталонов, G3 — 16 эталонов, G4 — 22 эталона, G5 — 3 эталона, G6 — 14 эталонов, G7 — 21 эталон, G8 — 2 эталона, G9 — 21 эталон. Пограничные состояния, при которых наблюдаются начальные изменения в границах нормы, обозначены кодом “S”, а вплотную приближенные к определенной патологической градации — “L” [7]. При статистической обработке коды “S” и “L” принимались за цифру “0”, т.к. они не имеют сходства с эталонами патологий.

Статистическую обработку результатов выполняли в программе Statistica 6 параметрическими и непараметрическими методами анализа, используя: t-тест Стьюдента, однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с вычислением F-статистики, H-критерий Краскела-Уоллиса, U-критерий Манна-Уитни с вычислением U- и Z-статистик, критерий χ^2 с поправкой на непрерывность Йетса. Показатели, соответствующие закону нормального распределения, представлены средней и ошибкой средней ($M \pm m$), не соответствующие — медианой (Me) и 5-, 25-, 75-, 95-м процентилями. Критическое значение уровня статистической значимости различий принималось при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В погодовой динамике с 12 до 17 лет определенное направленное увеличение АД (таблица 1). В этот период показатели систолического и диастолического АД (САД и ДАД) у мальчиков изменились на 15,9 и 5,1 мм рт.ст., а у девочек — на 6,6 и 5,0 мм рт.ст., соответственно. Возрастное увеличение инотропных механизмов сердечно-сосудистой регуляции отражается в урежении частоты сердечных сокращений (ЧСС) на 9,4 уд./мин у мальчиков и на 8,8 уд./мин у девочек. Средневозрастные значения данных показателей соответствуют региональным нормативам [14]. Период статистически значимых изменений ЧСС отмечается в 14-15 лет ($t \geq 2,53$ $p < 0,05$), при отсутствии гендерных различий ($p > 0,05$). Погодовые различия АД у девочек наблюдались в 13 лет относительно младшей группы ($t \geq 2,68$, $p < 0,01$), у мальчиков были установлены во всех возрастных группах только по показателю САД ($t \geq 2,22$, $p = 0,027-0,002$), за исключением 14-15 лет. По показателю ДАД гендерные различия определены в 13 лет ($t = 2,21$, $p = 0,026$), тогда как по показателю САД более высокие значения отчетливо прослеживаются у мальчиков с 14 лет ($t \geq 2,31$, $p < 0,05$). Результаты настоящего исследования сопоставимы с данными в других регионах России, в которых более значимое повышение САД выявлено у мальчиков в подростковый период развития по сравнению с девочками [15, 16].

По показателям ДК ЭКГ определено направленное уменьшение признака только по индексу “Ритм” (таблица 1). Статистически значимые изменения в регуляции сердечного ритма наблюдались у мальчиков в 13-14 лет ($U = 4307$, $Z = 2,62$, $p = 0,008$), а у девочек в 14-15 лет ($U = 3453$, $Z = 2,27$, $p = 0,022$). Распределение частоты встречаемости значений по индексу “Ритм” в каждый год изучаемого возраста свидетельствует о положительной погодовой динамике увеличения доли лиц с нормальными значениями среди мальчиков и девочек ($\chi^2 = 9,46$, $p = 0,002$; $\chi^2 = 6,07$, $p = 0,014$) (рисунок 1). Это согласуется с возрастными закономерностями совершенствования механизмов вегетативной (автономной) нервной системы и постепенным превалированием

Таблица 1

Показатели АД и ДК ЭКГ у подростков г. Магадан, $M \pm m$, Me (Q25; Q75)

Показатели	Пол обследуемых	Возраст (количество мальчиков/девочек)						Критерий и уровень значимости различий
		12 лет (101/102)	13 лет (120/115)	14 лет (91/102)	15 лет (89/84)	16 лет (87/81)	17 лет (102/66)	
САД, мм рт.ст.	мальчики	103,9 $\pm$ 1,05	108,2 $\pm$ 0,86*	111,4 $\pm$ 0,93*.*	112,7 $\pm$ 0,92*	116,6 $\pm$ 1,14*.*	119,8 $\pm$ 0,89*.*	F=26,6, p=0,0001
	девочки	103,5 $\pm$ 1,07	107,1 $\pm$ 0,84*	108,3 $\pm$ 0,90	108 $\pm$ 0,99	110,0 $\pm$ 1,06	110,1 $\pm$ 1,37	F=4,9, p=0,0002
ДАД, мм рт.ст.	мальчики	64,9 $\pm$ 0,73	65,0 $\pm$ 0,69*	66,5 $\pm$ 0,79	66,0 $\pm$ 0,84	67,8 $\pm$ 0,94	70,0 $\pm$ 0,81	F=8,1, p=0,0001
	девочки	64,2 $\pm$ 0,79	67,2 $\pm$ 0,70*	67,5 $\pm$ 0,72	67,48 $\pm$ 0,76	68,2 $\pm$ 0,79	69,2 $\pm$ 0,81	F=3,1, p=0,0009
ЧСС, уд./мин	мальчики	80,9 $\pm$ 1,28	81,0 $\pm$ 1,11	78,9 $\pm$ 1,12	74,3 $\pm$ 1,44*	71,2 $\pm$ 1,50	71,5 $\pm$ 1,21	F=7,6, p=0,0001
	девочки	82,7 $\pm$ 1,1	81,4 $\pm$ 1,02	81,4 $\pm$ 1,35	73,8 $\pm$ 1,38*	74,3 $\pm$ 1,26	73,9 $\pm$ 1,50	F=7,6, p=0,0001
Индекс “Ритм”, %	мальчики	26 (18; 36)	24 (17; 33)	20 (10; 31)*	20 (11; 29)	18 (10; 27)	20 (10; 30)	H=23, p=0,0002
	девочки	26 (18; 33)	22 (15; 36)	23 (14; 34)	20 (11; 28)*	17 (10; 24)	19 (10; 32)	H=23, p=0,0003
Индекс “Миокард”, %	мальчики	14 (14; 15)	14 (14; 15)	14 (14; 15)	14 (14; 15)	15 (14; 16)	14 (14; 15)	H=4,8, p=0,430
	девочки	14 (14; 15)	15 (14; 15)	14 (14; 15)	15 (14; 15)	15 (14; 15)	15 (14; 16)	H=6,3, p=0,270

Примечание: M — среднее значение, m — ошибка среднего значения, Me (Q25; Q75) — медиана (интерквартильный размах), F — статистика для однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), H — статистика для критерия Краскела-Уоллиса, * — $p < 0,05$ по сравнению с предыдущим возрастом; * — $p < 0,05$ между одновозрастными группами разного пола, ДАД — диастолическое артериальное давление, САД — систолическое артериальное давление, ЧСС — частота сердечных сокращений.

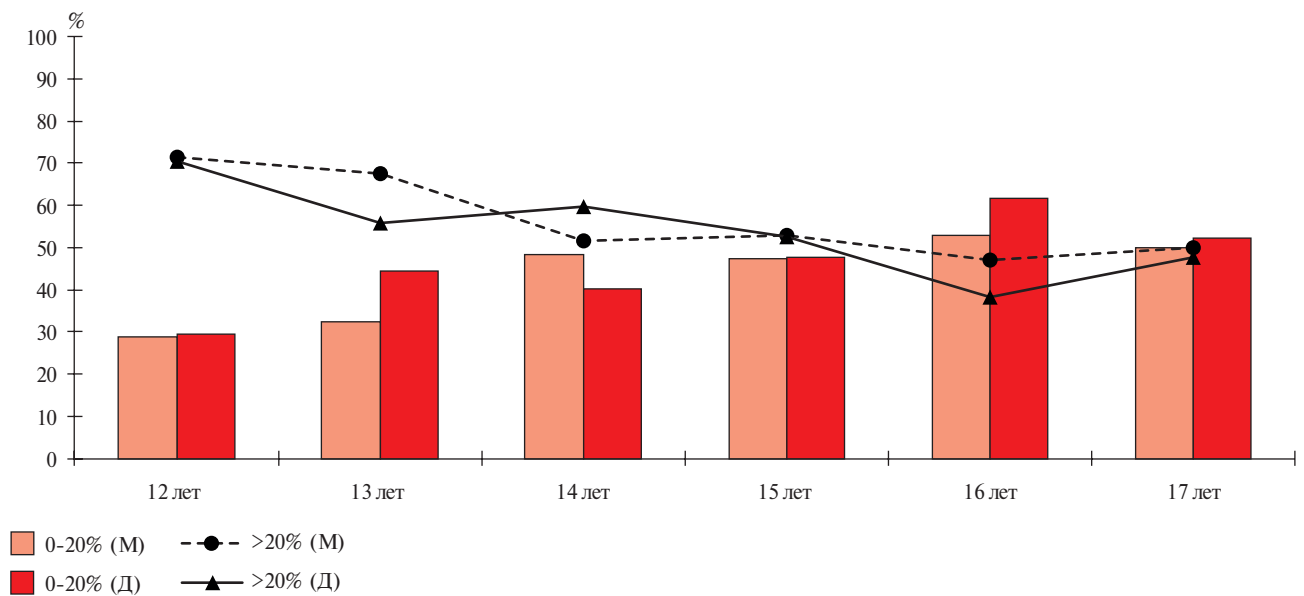


Рис. 1 Доля лиц с нормальными и отклоняющимися значениями индекса “Ритм” у мальчиков (М) и девочек (Д), %.
Примечание: обозначения 0-20% — норма, >20% — отклонение от нормы.

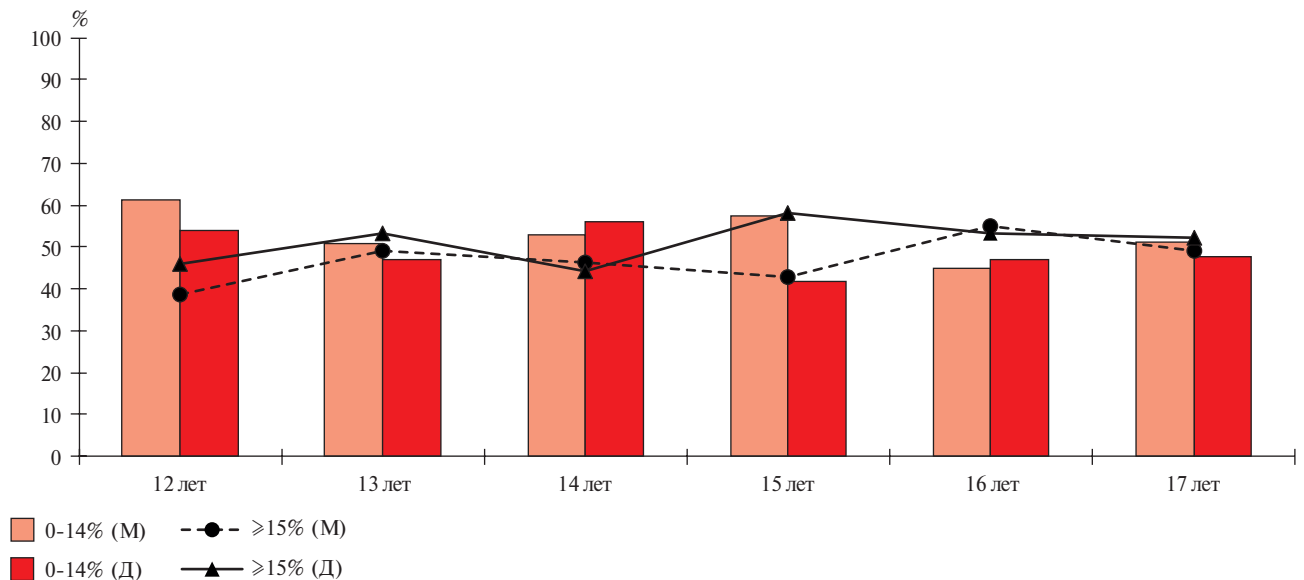


Рис. 2 Доля лиц с нормальными и отклоняющимися значениями индекса “Миокард” у мальчиков (М) и девочек (Д), %.
Примечание: обозначения 0-14% — норма, ≥15% — отклонение от нормы.

автономного контура регуляции в управлении сердечным ритмом [8]. В каждой группе обследования превышение нормальных значений индекса “Ритм” может указывать на сохранение напряжения механизмов вегетативной регуляции у значительной доли подростков и продолжающемся у них становлении симпатических и парасимпатических влияний на сердечный ритм. Чем более выражено напряжение механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма, тем существенней могут быть неблагоприятные изменения в миокарде [7, 11].

Данные о зависимости индекса “Миокард” от пола и возраста обследуемых групп противоречи-

вы. В работе Иванова Г. Г. и др. (2018) [17] выявлена слабая, клинически не значимая возрастная зависимость индекса “Миокард” от возраста (5-85 лет) и пола обследуемых. Однако установлена возрастная зависимость распространенности диапазонов значений индекса “Миокард”: “норма”, “пограничные значения”, “патология”. Отмечается, что в пограничной зоне находится примерно равное количество “нормы” и “патологии” — общей и сердечно-сосудистой. Согласно нашим данным, в возрастных группах по индексу “Миокард” наблюдалось сопоставимая частота встречаемости значений “норма” и “пограничные значения”;

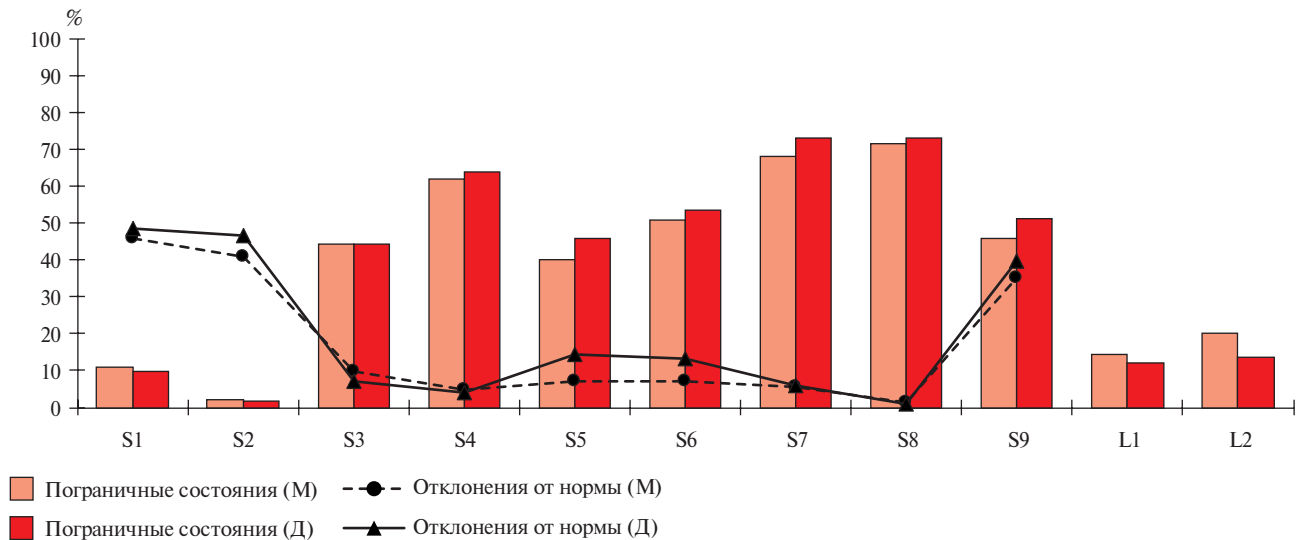


Рис. 3 Пограничные состояния и отклонения от нормы характеристик “Кода детализации”, %.

Примечание: М — мальчики, Д — девочки, S — пограничные состояния, при которых наблюдаются начальные изменения в границах нормы, L — пограничные состояния, вплотную приближенные к определенной патологической градации. Числовой номер “S” и “L” соответствует характеристикам “Кода детализации”: G1-G2 — деполяризация правого и левого предсердия, G3-G4 — деполяризация ПЖ и ЛЖ, G5-G6 — реполяризация ПЖ и ЛЖ, G7 — симметрия деполяризации желудочков, G8 — внутрижелудочковые блокады, G9 — гипертрофия желудочков, показатель симметрии деполяризации в начальной части комплекса QRS [7].

только в 15 лет отмечалась тенденция различий доли лиц с нормальными значениями между мальчиками и девочками ($\chi^2=3,62$, $p=0,057$) (рисунок 2). Вероятная патология по индексу “Миокард” ($>20\%$) была выявлена в 2,4% случаев (2,5% мальчиков и 2,2% девочек). Доказано, что с увеличением индекса “Миокард” и дисперсионных характеристик, отличающихся от нормы, возрастает вероятность начальных и пограничных признаков дисфункций в миокарде [7].

Оценка показателей “Кода детализации” в общей группе обследования 12-17 лет указывает на наибольшую локализацию сходства с эталонами патологии по дисперсионным отклонениям при деполяризации ПП и ЛП сердца (G1-G2) у 45,6-40,8% мальчиков и 48,2-46,5% девочек ($\chi^2=0,67$, $p=0,415$, $\chi^2=3,53$ $p=0,060$) (рисунок 3). Выявлено значительное сходство с эталонами патологии по показателю G9, где встречаемость ненулевых значений установлена у 35,1% мальчиков и 39,6% девочек ($\chi^2=2,52$, $p=0,112$). По показателям G3-G4 и G7, G8 данные случаи не превышали 10% ($p>0,05$), однако по G5-G6 частота отклонений от нулевых значений была больше у девочек: 14,2-13,1%, чем у мальчиков: 6,9-7,1% ($\chi^2=9,5$, $p=0,002$; $\chi^2=6,6$, $p=0,010$), соответственно.

При этом по показателям G3-G9 установлена значительная процентная доля пограничных состояний в начале изменений микроальтернаций в границах нормы (“S”) и приближенных к определенной патологической градации (“L”) по G1-G2, соответственно.

Случаи сходства с эталонами патологий были в различном соотношении в каждый год изучаемого возраста. Детализация по показателям G1-G2 свидетельствует о преобладании в группах у мальчиков и девочек сходства с эталонами патологии, отражающих начальное уменьшение потенциалов деполяризации с доминированием во всех отделах предсердия сердца. На это указывают значения медианы и 75-го перцентиля, которые в среднем по показателям G1-G2 не превышали 6 и 4 усл. ед., соответственно. Однако, согласно 95-му перцентилю, разброс значений достигал 13 и 5 усл. ед., что указывает на случаи сходства с эталонами патологий умеренных и выраженных уменьшений потенциалов деполяризации во всех отделах предсердия сердца (рисунок 4). При этом ненулевые значения чаще наблюдались по G1 среди девочек 17 лет по сравнению с младшей группой ($U=2097$, $Z=2,10$, $p=0,035$). Патологические значения G1, которые отражают деполяризационные процессы в ПП сердца, могут свидетельствовать о временных или стойких изменениях в функции ритмовождения [7].

При преобладании нулевых и пограничных значений в возрастных группах наблюдаются случаи умеренного и выраженного изменения микроальтернаций при завершении деполяризации ПЖ и ЛЖ (G3-G4), а также их симметрии деполяризации (G7). На уровне тенденции наблюдается наибольшее сходство с эталонами патологии по показателю G3 у мальчиков по сравнению с девочками ($\chi^2=2,74$, $p=0,097$). Случаи отклонений, отличных от нуля, одновременно по G3-G4, G7 указывают на патологию

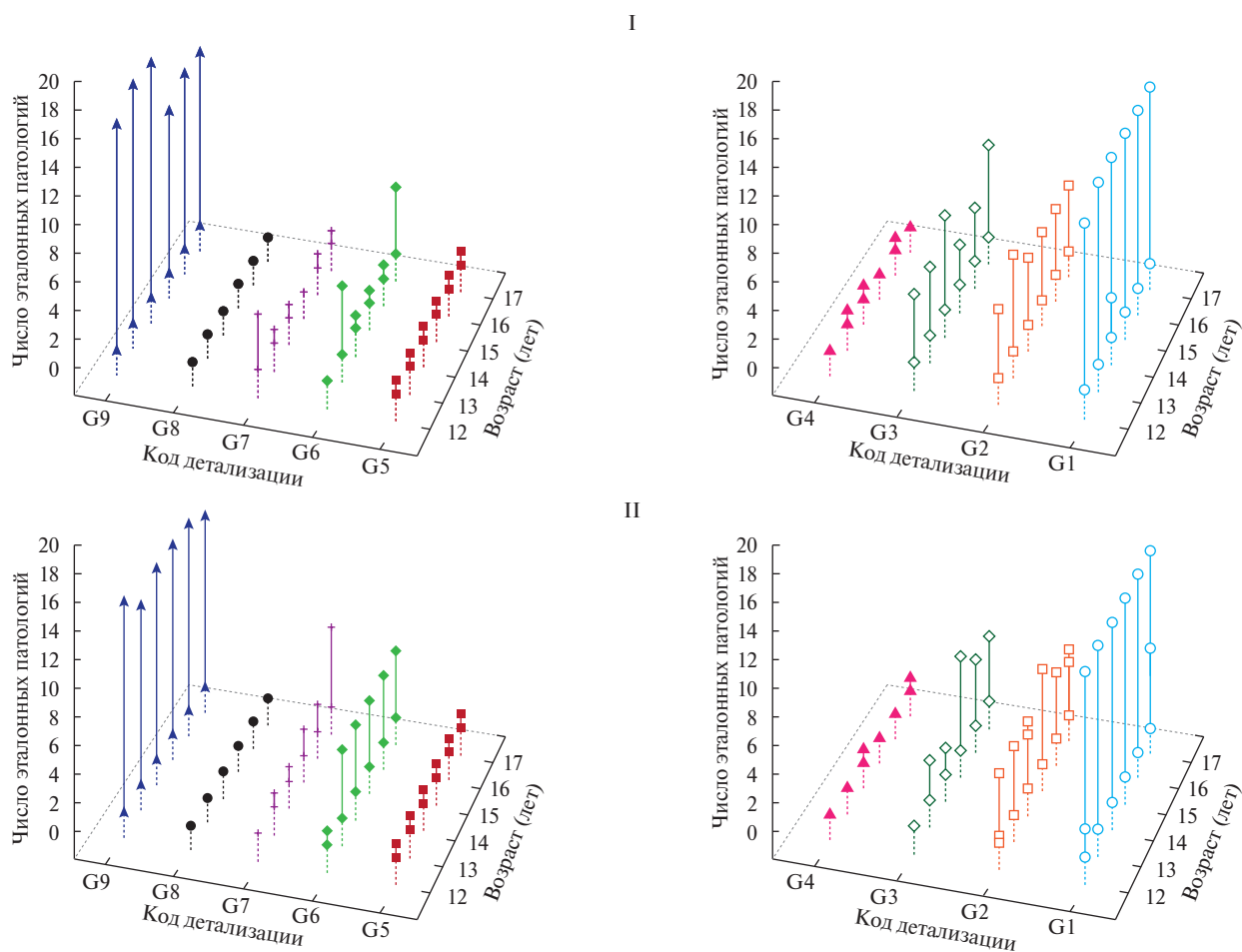


Рис. 4 Диаграмма размаха дисперсионных характеристик, входящих в “Код детализации” у мальчиков (I) и девочек (II). Ме (5-95-й процентиля).

Примечание: Справа-налево: G1-G2 — деполаризация ПП и ЛП, G3-G4 — деполаризация ПЖ и ЛЖ, G5-G6 — реполяризация ПЖ и ЛЖ, G7 — симметрия деполаризации желудочков, G8 — внутрижелудочковые блокады, G9 — гипертрофия желудочков, показатель симметрии деполаризации в начальной части комплекса QRS [7].

ческие признаки ишемии миокарда, а изменения по G7 при отсутствии отклонений G3-G4 — об отклонениях неишемического генеза, преимущественно кардиомиопатии и миокардиты [7].

По показателям G5-G6, отражающим изменения реполяризации миокарда ПЖ и ЛЖ, были определены сходства с эталонами отклонений во всех возрастных группах. При этом у девочек частота их встречаемости была практически в 1,5-2 раза выше, чем у мальчиков. Нарушение процессов реполяризации отражается в изменении (смещении) сегмента ST и зубца T на ЭКГ, которое в норме не должно превышать 1 мм (мВ) ниже изолинии. У старших детей и подростков может быть его элевация до 4 мм вследствие ранней реполяризации желудочков. Оценка сегмента ST крайне важна при анализе ишемических изменений в миокарде [18]. По данным ДК ЭКГ вероятная ишемия миокарда может наблюдаться, если одновременно имеются сходства с эталонами патологий реполяризации миокарда желудочков (G5-G6) и выраженные изменения по G3-G4 [7].

Показатели G8-G9 характеризуют высоко-специфичные дисперсионные изменения, выраженные формы которых соответствуют блокадам и гипертрофиям. По данным настоящего исследования сходства с эталонами патологий, отражающих замедление и/или отставание по фазе от нормы деполаризации в области межжелудочковой перегородки и ЛЖ (G8), были единичными (до 2%). По показателю G9, согласно 75-му перцентилю, наблюдалось увеличение значений до 7 усл. ед., что может указывать на сходства с эталонами патологий начальных признаков гипертрофии ЛЖ [7]. Также среди подростков встречались случаи с максимально допустимыми значениями — 17-21 усл. ед. (4,3%). В погндовой динамике у мальчиков в 15 лет отмечалось уменьшение числовых значений относительно младшей группы сравнения ($U=3275$, $Z=2,21$, $p=0,026$) и 15-летних девочек ($U=3074$, $Z=2,02$, $p=0,043$). Доказано, что динамичное увеличение числовых значений по G9 в последовательных обследованиях являет-

ся ранним признаком нарушений процесса электрической симметрии деполяризации желудочков в начальной части комплекса QRS. Чем выше показатель G9, тем больше асимметрия возбуждения желудочков в начале деполяризации. Отклонения по G9 ≥ 5 усл. ед. требуют контроля динамики, т.к. высока вероятность сходства с эталонами комбинированного изменения асимметрии деполяризации [7].

Краевая Н. В. и др. (2014) [11] установили, что патологические значения индекса “Ритм” у пациентов с хронической патологией желудочно-кишечного тракта и с лабильной АГ встречаются значимо чаще в сравнении с контрольной группой здоровых детей. Наибольшая доля патологических значений характеристик “Кода детализации” выявлена среди подростков с АГ (включая лабильную и стабильную АГ) по G1, G3-G7, G9 и с синдромом вегетативной дисфункции по симпатикотоническому типу по G2, G9 относительно контрольной группы здоровых детей. Выявлено, что у подростков патологические значения G2, в сочетании с отклонениями от нормы G4 и G9, являются прогностически неблагоприятным признаком в отношении формирования АГ и поражения органов-мишеней (гипертрофии ЛЖ) [10]. Доказано, что у подростков проявление различной степени отклонений от нормы показателей кардиоритма, “Миокард”, “Ритм” и G1-G2, G9 встречается тем чаще, чем сильнее выражен уровень влияния автономного контура вегетативной регуляции на сердечный ритм [19]. При выраженном преобладании симпатических влияний на сердечный ритм (центральной тип вегетативной регуляции) установлена большая частота отклонений от нормы индекса “Ритм” и G9 относительно подростков с умеренным преобладанием симпатической регуляции [20].

В подростковый период развития отклонения характеристик ДК ЭКГ могут отражать транзиторные функциональные изменения в регуляции сердечно-сосудистой системы или ее дисфункции. Поэтому в случае определения у подростков отклонений по характеристикам ДК ЭКГ от значений нормы необходимо обратиться за консультацией к детскому кардиологу.

Заключение

В период с 12 до 17 лет динамика изменения показателей АД и ЧСС у подростков соответствует общим закономерностям развития. Наиболее высокие темпы увеличения показателей АД наблюдались у девочек в 12-13 лет, тогда как у мальчиков в 12-13 лет значимые изменения обнаружены только по показателю САД. Гендерные различия определены в 13 лет по средним значениям ДАД, а с 14 лет у мальчиков по показателю САД отчетливо прослеживаются

более высокие значения. В погодовой динамике установлено закономерное совершенствование механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности. Периоды значимых изменений вегетативной регуляции сердечного ритма у мальчиков приходятся на возраст 13-15 лет и у девочек на 14-15 лет, что сопровождается урежением ЧСС на фоне снижения активности симпатического звена вегетативной (автономной) нервной системы.

Оценка степени выраженности и локализации электрофизиологических изменений в миокарде предсердий и желудочков сердца указывает на наибольшее сходство с эталонами патологии дисперсионных отклонений при деполяризации ПП и ЛП сердца (G1-G2) у 45,6-40,8% мальчиков и 48,3-46,5% девочек, а также гипертрофии желудочков (G9) у 35,1 и 39,6%, соответственно. Процентная доля лиц по показателям G5-G6, отражающим реполяризацию ПЖ и ЛЖ, была значимо меньше среди мальчиков (6,9 и 7,1%) по сравнению с девочками (14,2 и 13,1%) ($p=0,002$, $p=0,010$, соответственно). По остальным показателям “Кода детализации” отклонения от нормы у мальчиков и девочек были следующими: G3 (9,8 и 7,1%), G4 (4,9 и 4,0%), G7 (5,4 и 6,0%), G8 (1,4 и 1,1%), соответственно ($p>0,05$).

В погодовой динамике с 12 до 17 лет по индексу “Ритм” отмечалось направленное увеличение доли лиц со значениями нормы у мальчиков с 28,7 до 50,0%, у девочек с 29,4 до 61,7%, соответственно. Медиана индекса “Миокард” во всех возрастах приближалась к верхней границе нормы (15%), зависимость от возраста и пола отсутствовала. Возрастные и гендерные различия наблюдались у мальчиков в 15 лет по G9 и были связаны с уменьшением случаев сходства с эталонами патологий по отношению к 14-летним мальчикам и 15-летним девочкам. У девочек в 17 лет сходства с эталонами патологий по G1 отмечались чаще, чем в 16 лет. По остальным показателям “Кода детализации” зависимость от возраста и пола отсутствовала.

Высокая распространенность сходства с эталонами патологий при деполяризации предсердий сердца и гипертрофии желудочков сердца среди подростков г. Магадан может свидетельствовать о вероятных отклонениях в сердечно-сосудистой системе, что требует использования дополнительных методов обследования. Контроль функционального состояния организма детей и подростков должен быть ежегодным с целью своевременной организации профилактики и коррекции функциональных нарушений.

Отношения и деятельность: автор заявляет об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Bulanova NA, Ivanov GG. The method of dispersion mapping of ECG: possibilities of application in the clinic for the purpose of prognosis (review). Georgian medical news. 2019;2(287):73-8. (In Georgia) Буланова Н.А., Иванов Г.Г. Метод дисперсионного картирования ЭКГ: возможности применения в клинике с целью прогноза (обзор). Медицинские новости Грузии. 2019;2(287):73-8.
2. Esina EYu, Zuikova AA, Dobrynina IS, et al. ECG dispersion mapping in preclinical diagnosis of cardiovascular diseases. Sovremennye tehnologii v medicine 2020;12(5):87-93. (In Russ.) Есина Е.Ю., Зуйкова А.А., Добрынина И.С. и др. Дисперсионное картирование ЭКГ в доклинической диагностике сердечно-сосудистых заболеваний. Современные технологии в медицине. 2020;12(5):87-93. doi:10.17691/stm2020.12.5.10.
3. Pogonysheva IA, Pogonyshv DA, Lunyak II. Parameters of ECG dispersion mapping among students of northern university. Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2019;2:98-104. (In Russ.) Погоньшева И.А., Погоньшев Д.А., Луняк И.И. Показатели дисперсионного картирования электрокардиограммы у студентов северного вуза. Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019;2:98-104. doi:10.36906/2311-4444/19-2/12.
4. Ivanov GG, Sula AS. Analysis of microalternations of the ECG by the method of dispersion mapping in clinical practice. M.: Technosphere, 2014; p. 102. (In Russ.) Иванов Г.Г., Сула А.С. Анализ микроальтераций ЭКГ методом дисперсионного картирования в клинической практике. М.: Техносфера, 2014. с. 102. ISBN: 978-5-94836-372-1.
5. Markin GS, Ardashev VN, Boiarincev VV, et al. Heart rate variability and variance mapping in the diagnosis of acute coronary syndrome. Kremlin Medicine Journal. 2019;3:109-16. (In Russ.) Маркин Г.С., Ардашев В.Н., Бояринцев В.В. и др. Вариабельность сердечного ритма и дисперсионное картирование в диагностике острого коронарного синдрома. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2019;3:109-16. doi:10.26269/p5fb-kv76.
6. Ryabykina GV, Vishnyakova NA, Blinova EV, et al. Dispersion ECG mapping in assessment of cardiovascular disease prevalence. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2010;9(3):98-105. (In Russ.) Рябыкина Г.В., Вишнякова Н.А., Блинова Е.В. и др. Возможности метода дисперсионного картирования ЭКГ для оценки распространенности сердечно-сосудистых заболеваний. Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2010;9(3):98-105.
7. Software for screening studies of the heart "KardioVizor-06s" (User's Manual). M.: Med. komp. sistemy, 2004. p. 68. (In Russ.) Программное обеспечение для скрининговых исследований сердца КардиоВизор-06с (Руководство пользователя). М.: Мед. Комп. системы, 2004. с. 68.
8. Bezrukhikh MM, Sonkin VD, Farber DA. Age physiology: (Physiology of child development). M.: Izdat. centr "Akademiya", 2003. p. 416. (In Russ.) Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология: (Физиология развития ребенка). М.: Издат. центр "Академия", 2003. с. 416. ISBN: 5-7695-0581-8.
9. Sharapov AN, Selverova NB, Dogadkina SB, et al. Age development of cardiovascular system, autonomic nervous regulation of heart rhythm and endocrine system in 10-15-year-old schoolchildren. New research. 2018;2(50):39-56. (In Russ.) Шарапов А.Н., Сельверова Н.Б., Догадкина С.Б. и др. Возрастное развитие сердечно-сосудистой системы, автономной нервной регуляции сердечного ритма и эндокринной системы у школьников 10-15 лет. Новые исследования. 2018;2(50):39-56.
10. Kraeva NV, Makarova VI, Makarov AI. Low-amplitude dispersion of deviations oscillations of cardiocycle during arterial hypertension in adolescent children. Fundamental research. Medical sciences. 2014;7:295-8. (In Russ.) Краева Н.В., Макарова В.И., Макаров А.И. Дисперсионные отклонения низоамплитудных колебаний кардицикла при артериальной гипертензии у детей подросткового возраста. Фундаментальные исследования. Медицинские науки. 2014;7:295-8.
11. Kraeva NV, Makarova VI, Makarov AI. The integral component of heart rate variability during arterial hypertension in adolescent children. Modern problems of science and education. 2014;2:333-40. (In Russ.) Краева Н.В., Макарова В.И., Макаров А.И. Интегральная составляющая вариабельности сердечного ритма при артериальной гипертензии у детей подросткового возраста. Современные проблемы науки и образования. 2014;2:333-40.
12. Bekesin VV, Muravyev AA, Kozlova LV, et al. Dispersion mapping of an electrocardiogram in identifying a high-risk group for the development of hypertension in obese adolescents. Russian Journal of Cardiology. 2021;26(S5):16. (In Russ.) Бекезин В.В., Муравьев А.А., Козлова Л.В. и др. Дисперсионное картирование электрокардиограммы в выявлении группы высокого риска по развитию артериальной гипертензии у подростков с ожирением. Российский кардиологический журнал. 2021;26(S5):16.
13. Aleksandrov AA, Kisliak OA, Leontyeva IV, on behalf of experts. Clinical guidelines on arterial hypertension diagnosis, treatment and prevention in children and adolescents. Systemic Hypertension. 2020;17(2):7-35. (In Russ.) Александров А.А., Кисляк О.А., Леонтьева И.В. от имени экспертов. Клинические рекомендации. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков. Системные гипертензии. 2020;17(2):7-35. doi:10.26442/2075082X.2020.2.200126.
14. Grechkina LI, Karandasheva VO. Age-specific features of the functional development of the circulatory system in children living in northeastern Russia. Public Health and Life Environment — PH&LE. 2021;1(334):34-8. (In Russ.) Гречкина Л.И., Карандашева В.О. Возрастные особенности функционального развития системы кровообращения у детей в условиях Северо-Востока России. Здоровье населения и среда обитания — ЗНКО. 2021;1(334):34-8. doi:10.35627/2219-5238/2021-334-1-34-38.
15. Ushakova SA, Petrushina AD, Klyashev SM. Gender-age-specific blood pressure in teenagers of the tyumen region. Medicinskaya nauka i obrazovanie Urala. 2016;17:3(87):78-83. (In Russ.) Ушакова С.А., Петрушина А.Д., Кляшев С.М. Гендерно-возрастные особенности показателей артериального давления у подростков тюменской области. Медицинская наука и образование Урала. 2016;17:3(87):78-83.
16. Sheveleva AM, Klaucek SV. Gender and age features of daily dynamic of arterial blood pressure in healthy adolescents 12-17 years old. Vestnik VolgGIMU. 2017;4(64):108-11. (In Russ.) Шевелева А.М., Клаучек С.В. Гендерные и возрастные особенности суточной динамики артериального давления у здоровых подростков 12-17 лет. Вестник ВолГМУ. 2017;4(64):108-11. doi:10.19163/1994-9480-2017-4(64)-108-111.

17. Ivanov GG, Bulanov NA, Nikolaeva MV, et al. Myocardial micro-alternation index: influence of age, gender and prevalence of normal values in screening of the population. Medical News of North Caucasus. 2018;13(4):589-93. (In Russ.) Иванов Г.Г., Буланова Н.А., Николаева М.В. и др. Индекс микроальтернаций "Миокард": влияние пола, возраста и частота нормальных значений при скрининговых обследованиях населения. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018;13(4):589-93. doi:10.14300/mnnc.2018.13111.
18. Makarov LM, Komolyatova VN, Kiseleva II, et al. Normative parameters of ECG in children. Methodological recommendations. M.: ID "MEDPRAKTIKA-M", 2018. p. 20. (In Russ.) Макаров Л.М., Комолятова В.Н., Киселева И.И. и др. Нормативные параметры ЭКГ у детей. Методические рекомендации. М.: ИД "МЕДПРАКТИКА-М", 2018. 20 с. ISBN: 978-5-98803.
19. Loskutova AN, Maksimov AL. Heart rate variability and dispersion mapping of ECG in magadan region pre-inductees with vagotonic type of autonomic regulation. Human Ecology. 2018;7:36-42. (In Russ.) Лоскутова А.Н., Максимов А.Л. Вариабельность кардиоритма и дисперсионного картирования ЭКГ у допризывников магаданской области с ваготоническим типом вегетативной регуляции. Экология человека. 2018;7:36-42. doi:10.33396/1728-0869-2018-7-36-42.
20. Loskutova AN, Soukhat VR. Heart rate variability and ECG dispersion mapping in Magadan adolescents with a sympathetic type of vegetative regulation. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2019;18(4):33-8. (In Russ.) Лоскутова А.Н., Саухат В.Р. Показатели вариабельности кардиоритма и дисперсионного картирования ЭКГ у магаданских подростков с симпатическим типом вегетативной регуляции. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019;18(4):33-8. doi:10.15829/1728-8800-2019-4-33-38.