

Показатели вариабельности кардиоритма и дисперсионного картирования ЭКГ у магаданских подростков с симпатическим типом вегетативной регуляции

Лоскутова А. Н.^{1,2}, Саухат В. Р.³

¹ФГБУН НИЦ “Арктика” ДВО РАН. Магадан; ²ФГБОУ ВО “Северо-Восточный государственный университет”. Магадан; ³ГБУЗ “Магаданский областной центр медицинской профилактики”. Магадан, Россия

Цель. Определить дисперсионные отклонения низкоамплитудных колебаний кардицикла у магаданских подростков с различным уровнем активности симпатического звена вегетативной регуляции по данным вариабельности сердечного ритма (ВСР).

Материал и методы. Проведен анализ соотношений показателей ВСР и дисперсионного картирования электрокардиограммы сердца (ДК ЭКГ) среди подростков мужского пола в возрасте 15-17 лет. Исходный уровень активности их вегетативной нервной системы характеризовался различной симпатической направленностью регуляции сердечного ритма (60 человек из 260): умеренной — группа 1 (n=43) и выраженной — группа 2 (n=17), соответственно.

Результаты. При сопоставлении показателей ВСР с усредненными значениями ДК ЭКГ по характеристике “Ритм” в группе 2 диапазон значений соответствовал 24-62% (норма 20%), достоверно превышая величины, характерные для группы 1 (14-37%). Значения интегрального показателя “Миокард” в обеих группах приближались к верхней границе нормы (15-17%). Наибольшее количество ненулевых значений, указывающих на сходства с эталонами патологии, наблюдалось по показателям G1–G2 и G9. Значения показателей G1 и G2 в обеих группах подростков были сопоставимы, и в среднем не превышали 6 усл. ед., тогда как диапазон колебаний показателя G9 в группе 1 находился в пределах 4 усл. ед., а в группе 2 — 7 усл. ед.

Заключение. В группах с умеренным и повышенным уровнем влияния центрального регуляторного контура на ритм сердца по показателям ДК ЭКГ наблюдались однотипные сходства с эталонами патологии в процессах деполяризации предсердий при различных видах локализации потенциалов, ее вызывающих (G1–G2). Однако при выраженной централизации чаще наблюдались отклонения показателей кардиоритма и дисперсионных характеристик от нормы, установлены сходства в усилении вариаций скоростных характеристик начального фронта деполяризации желудочков (G9), что является неблагоприятным прогностическим признаком.

Ключевые слова: северо-восток России, подростки, вариабельность сердечного ритма, дисперсионное картирование ЭКГ, исходный тип вегетативной регуляции.

Конфликт интересов: не заявлен.

Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019;18(4):33–38
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2019-4-33-38>

Поступила 28/12-2018

Рецензия получена 15/05-2019

Принята к публикации 00/00-2019



Heart rate variability and ECG dispersion mapping in Magadan adolescents with a sympathetic type of vegetative regulation

Loskutova A. N.^{1,2}, Soukhat V. R.³

¹Scientific Research Center “Arktika”, Magadan; ²North-Eastern State University, Magadan; ³Magadan regional center of medical prevention, Magadan, Russia

Aim. To determine the dispersion deviations of low-amplitude oscillations of the cardiac cycle in Magadan adolescents with different levels of activity of the sympathetic link of autonomic regulation (according to the heart rate variability — HRV).

Material and methods. We analyzed ratios of HRV and ECG dispersion mapping (DM ECG) of the heart among male volunteers aged 15-17 years. The initial activity level of their autonomic nervous system (ANS) was characterized by sympathetic orientation (60 of 260 people): moderate — group 1 (n=43) and pronounced — group 2 (n=17), respectively.

Results. When comparing the indices of HRV with the averaged DM ECG values for the “Rhythm” characteristic in group 2, the range of

values corresponded to 24-62% (normal — 20%), significantly exceeding the values characteristic for group 1 (14-37%). The values of the integral indicator “Myocardium” in both groups approached the upper limit of normal (15-17%). The greatest number of non-zero values indicating similarities with the standards of pathology was observed in terms of G1–G2 and G9. The values of G1 and G2 indicators in both groups of volunteers were comparable and, on average, did not exceed 6 relative units, while the range of fluctuations of the G9 indicator in the first group was within 4 relative units, and in the second group — 7 relative units, respectively.

Conclusion. In groups with moderate and elevated levels of central regulatory contour influence on the heart rhythm, ECG DM indicators

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: arktika@online.maganan.su, lesa82@inbox.ru

Тел.: +7 (908) 227-77-00

[Лоскутова А. Н.* — ¹к.б.н., н.с. лаборатории физиологии экстремальных состояний, ²и.о. зав. кафедрой биологии и химии, ORCID: 0000-0001-5350-8893, Саухат В. Р. — ³к.м.н., главный врач, ORCID: 0000-0003-0177-246X].

showed the same type of similarity with the pathology standards in atrial depolarization processes at different types of potential localization causing it (G1 — G2). However, with pronounced centralization, deviations of the cardiac rhythm and dispersion characteristics from the norm were more often observed, similarities were found in the increased variations in the velocity characteristics of the initial ventricular depolarization front (G9), which is an unfavorable prognostic sign.

Key words: north-east Russia, teenagers, heart rate variability, ECG dispersion mapping, initial type of autonomic regulation.

Conflicts of Interest: nothing to declare.

АМо50 — амплитуда моды при ширине класса 50 мс, ВНС — вегетативная нервная система, ВСР — вариабельность сердечного ритма, ДК ЭКГ — дисперсионное картирование электрокардиограммы, Мо — мода, ЧСС — частота сердечных сокращений, G1–G2 — деполаризация правого и левого предсердия, G3–G4 — деполаризация правого и левого желудочков, G5–G6 — реполяризация правого и левого желудочков, G7 — симметрия деполаризации, G8 — наличие внутрижелудочковых блокад, G9 — гипертрофии желудочков, HF — абсолютная мощность высокочастотного компонента ВСР, IARS — показатель активности регуляторных систем организма, LF — абсолютная мощность низкочастотного компонента ВСР, МхДМп — разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов, SDNN — стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов, SI — индекс напряжения регуляторных систем (стресс-индекс), VLF — абсолютная мощность очень низкочастотного компонента ВСР.

Введение

Важной задачей в профилактике болезней и предупреждении нарушений здоровья является ранняя диагностика доклинических функциональных изменений регуляторных систем организма, которые часто определяются в процессе скрининговых исследований, и становятся весьма актуальными в свете негативных тенденций увеличения заболеваемости среди детей и молодых жителей Севера [1].

В настоящее время, благодаря неинвазивным технологиям, возможны диагностика и изучение различных заболеваний с высокой прогностической значимостью. Среди методов, отличающихся высокой чувствительностью и прогностической значимостью, определяющих функциональные особенности организма на основе изменений электрофизиологии сердца, все шире используется метод анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) и дисперсионного картирования (ДК) электрокардиограммы (ЭКГ) [2, 3]. В основе метода ДК ЭКГ лежит информационно-топологическая модель низкоамплитудных микроальтераций временных интервалов кардиокомплекса PQRST, амплитуда которых начинает изменяться раньше зубцов стандартной ЭКГ при приближении к точкам потери функциональной устойчивости миокарда. Изменения низкоамплитудных колебаний ЭКГ-сигнала в миокарде связаны, прежде всего, с нарушениями ионно-транспортной функции, митохондриального энергообразования, нарушениями микроциркуляции и рядом других факторов [4]. Высокая чувствительность метода и достоверность отражения показателей в числовых значениях и цветовой гамме визуального “портрета сердца” подтверждена профилактическими и клиническими исследованиями [5–7]. Важность оценки ВСР заключается в раннем определении у человека нарушений вегетативного баланса и адаптационных механизмов [8]. Постоянное напряжение адаптаци-

Cardiovascular Therapy and Prevention. 2019;18(4):33–38
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2019-4-33-38>

Loskutova A. N. ORCID: 0000-0001-5350-8893, Soukhat V. R. ORCID: 0000-0003-0177-246X.

Received: 28/12-2018 **Revision Received:** 15/05-2019 **Accepted:** 20/05-2019

онных механизмов приводит к развитию гипoadре-нергии (гиперадаптозу). При этом особое внимание заслуживает симпатотония, поскольку она в большей степени связана со стрессовыми расстройствами и может способствовать формированию патологии [8, 9].

Вместе с тем, информативность ДК ЭКГ при оценке донозологических состояний в популяциях практически здоровых лиц и целый ряд аспектов индивидуальных особенностей вариации характеристик ДК в зависимости от исходного уровня активности различных звеньев вегетативной (автономной) нервной системы (ВНС) остаются мало изученными.

Цель исследования — определить дисперсионные отклонения низкоамплитудных колебаний кардиоцикла у магаданских подростков с различным уровнем активности симпатического звена вегетативной регуляции по данным ВСР.

Материал и методы

Методом случайной выборки обследованы 260 подростков допризывного возраста 15–17 лет, проживающих на прибрежной территории Магаданской области (г. Магадан, п. Ола, п. Эвенск). Согласно амбулаторным картам, подростки не имели в анамнезе хронических заболеваний, и на момент обследования не предъявляли жалоб.

В первой половине дня у подростков после предварительного отдыха лежа на кушетке (фон) осуществлялась синхронная запись ВСР и ДК ЭКГ с использованием аппаратно-программных комплексов “ВК 2.5-Варикард” и “КардиоВизор-06с” (г. Рязань). При записи и анализе ВСР руководствовались методическими рекомендациями группы российских экспертов [3, 8, 9], согласно которым необходимо учитывать гендерно-возрастные особенности групп, их исходный тип вегетативной регуляции, уровень физической активности, этническую принадлежность и другие критерии.

Оценивали следующие общепринятые показатели ВСР: частоту сердечных сокращений (ЧСС), уд./мин; МхДМп, мс — разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов (вариационный

Таблица 1

Показатели ВСР и ДК ЭКГ, Ме (25-й; 75-й процентиля)

Показатель кардиоритма и дисперсионного картирования	Обследуемые группы		Критерий и уровень значимости различий между сравниваемыми группами (U; Z; p)
	Группа 1, n=43	Группа 2, n=17	
HR, уд./мин	84 (78; 89)	80 (71; 94)	445; 0,32; 0,74
Mo, мс	711 (677; 766)	756 (642; 849)	348; 0,28; 0,77
АМо50, %	58 (53; 63)	97 (77; 107)	82; 4,65; 0,0001
МхDMn, мс	182 (166; 207)	122 (104; 147)	101; 4,33; 0,001
SDNN, мс	34 (30; 38)	23 (20; 26)	86; 4,59; 0,0001
SI, усл. ед.	223 (174; 267)	526 (421; 634)	10; 5,99; 0,0001
HF, мс ²	323 (245; 377)	188 (76; 285)	213; 2,50; 0,012
LF, мс ²	392 (298; 525)	280 (123; 454)	259; 1,74; 0,081
VLF, мс ²	257 (169; 353)	143 (68; 183)	219; 2,4; 0,016
ПАРС	3 (3; 4)	5 (4; 6)	135; 3,77; 0,0001
“Миокард”, %	15 (7; 16)	15 (14; 16)	330; 0,57; 0,57
“Ритм”, %	26 (14; 37)	42 (24; 62)	238; 2,09; 0,036

Примечание: U — критерий Манна-Уитни, Z — критерий знаков, p — уровень значимости различий.

размах RR-кардиоинтервалов); Mo, мс — мода; АМо50, % — амплитуда моды; SDNN, мс — стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов; SI, усл. ед. — индекс напряжения регуляторных систем; IARS, балл — показатель активности регуляторных систем организма; HF, мс² — абсолютная мощность высокочастотного компонента ВСР; LF, мс² — абсолютная мощность низкочастотного компонента ВСР; VLF, мс² — абсолютная мощность очень низкочастотного компонента ВСР [3].

Согласно указанной цели работы, из всех обследуемых были определены 60 (23,1%) подростков, у которых исходный уровень активности их ВНС характеризовался различной симпатической направленностью с преобладанием центральной регуляции сердечного ритма. На основании показателей ВСР были сформированы группы: группа 1 — (n=43) с умеренным преобладанием центральной регуляции (умеренная симпатотония) — $151 < SI < 350$ усл. ед.; АМо50 > 50%; МхDMn < 150 мс; группа 2 — (n=17) с выраженным преобладанием центральной регуляции (выраженная симпатотония) — $SI > 350$ усл. ед. АМо50 > 50%; МхDMn < 150 мс. Такое разделение обследуемых с симпатотонией было обосновано тем, что при значениях $SI > 350$ усл. ед. и низкой вариабельности длительности кардиоинтервалов R-R (МхDMn) часто наблюдаются адаптационные нарушения нормального управления регуляторных систем организма [3, 8, 9].

Для контроля тенденций изменения дисперсионных характеристик учитывали показатели “Миокард”, “Ритм” и “Код детализации” [10]. При отсутствии существенных отклонений в состоянии сердечной мышцы показатель “Миокард” не должен превышать 15%, а показатель “Ритм” — 20%, соответственно. С увеличением этих величин возрастает вероятность начальных и пограничных признаков дисфункций в миокарде. Эти изменения подробно описывают степень выраженности и локализации электрофизиологических изменений в миокарде предсердий и желудочков в фазе де- и реполяризации в характеристиках “Кода детализации”, включающего в себя следующую оценку: деполяризация правого и левого предсердий (G1–G2), деполяризация правого и левого желудочков (G3–G4), реполяризация правого и левого желудочков (G5–G6), симметрия деполяризации (G7),

наличие внутрижелудочковых блокад (G8) и гипертрофии желудочков (G9). Значения, равные “0”, свидетельствуют о норме, а обозначения “S” и “L” — о начальных изменениях дисперсионных отклонений, находящихся в границах нормы (при статистической обработке принимали за “0”). С увеличением числовых значений дисперсионных характеристик возрастает вероятность сходства с электрофизиологическими нарушениями [10].

Статистическая обработка результатов производилась в программе “STATISTICA 6” с использованием непараметрического метода анализа — критерия Манна-Уитни (U). В сравниваемых группах оценивали медиану (Ме), нижний и верхний квартили на уровне 25- и 75-го процентиля. Критическое значение уровня статистической значимости принималось при $p < 0,05$.

Легитимность исследования подтверждена решением Регионального этического комитета при СВНЦ ДВО РАН (протокол № 003/013).

Результаты

В группах сравнения (таблица 1) практически по всем анализируемым показателям ВСР наблюдаются статистически значимые различия. При этом диапазоны значений ВСР в группе 1 соответствуют ранее предложенным данным для рассмотрения региональных нормативов у уроженцев Магаданской области в зависимости от типа вегетативной регуляции [11]. Группа 2 характеризуется выраженным снижением влияния автономного контура регуляции на сердечный ритм, на что указывают значения SDNN, которые практически в 2 раза меньше нормативных величин (50–80 мс). Минимальная амплитуда ВСР (МхDMn) свидетельствует о незначительном диапазоне изменений адаптационно-компенсаторных реакций системы кровообращения при стрессе [3].

В общей (суммарной) мощности спектра в двух обследуемых группах преобладала низкочастотная составляющая ($LF > HF > VLF$). Однако, если вклад дыхательной составляющей в регуляцию ритма

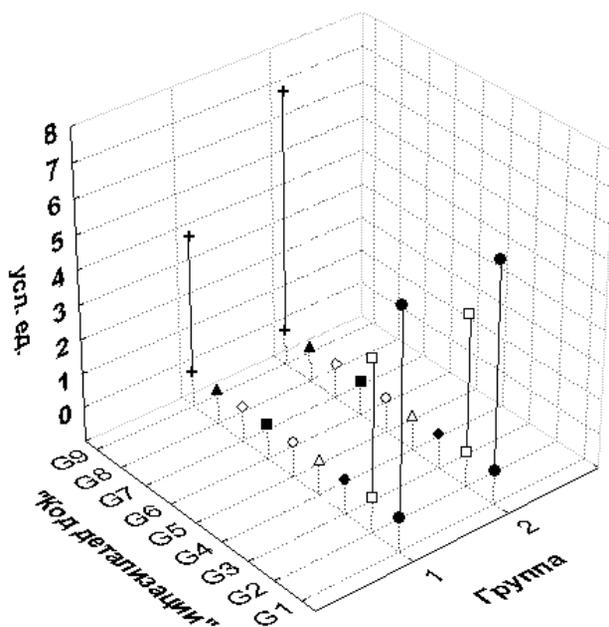


Рис. 1 Диаграмма размаха дисперсионных характеристик, входящих в “Код детализации” у обследуемых с умеренной (1) и выраженной (2) симпатотонией (Me, 25-75 процентиля).

Примечание: G1–G2 — деполаризация правого и левого предсердий, G3–G4 — деполаризация правого и левого желудочков, G5–G6 — реполяризация правого и левого желудочков, G7 — симметрия деполаризации желудочков, G8 — наличие внутрижелудочковых блокад, G9 — гипертрофии желудочков.

сердца был значимо больше в группе 1 по сравнению с группой 2, то о наблюдаемых различиях показателя LF можно судить только на уровне тенденции ($p < 0,08$). Доказано, что значения показателя HF отражают физиологическую дыхательную аритмию у здоровых лиц, что согласуется с адаптационно-трофическим защитным действием влияния блуждающих нервов на состояние миокарда. Модулирующее влияние парасимпатического отдела нервной системы на активность синусового узла повышает эффективность газообмена в легких, синхронизируя легочный кровоток с объемом легких в каждом дыхательном цикле, увеличивая “выгодность” легочного кровотока [12]. Преобладание в общей мощности спектра LF-составляющей кардиоритма может свидетельствовать о нейрогуморальной регуляции и повышенной активности вазомоторного центра [8]. Следует отметить, что в группе 2 абсолютные показатели VLF имели минимальные значения, что связано с энергодифицитным состоянием, вызванным напряжением метаболических и психоэмоциональных резервов организма [13]. На это также указывают значения IARS, превышающие 4 балла более чем у половины обследуемых из второй группы (10 из 17 чел.) по сравнению с группой 1 (6 из 43 чел.), что может свидетельствовать о формировании донозологических состояний. Эти состояния характеризуются более

высоким напряжением функциональных систем организма в поддержании гомеостаза, чем при физиологической норме [3].

На рисунке 1 представлены результаты “Кода детализации”, из которых видно, что наибольшее количество ненулевых значений наблюдается по показателям G1–G2 и G9, а по остальным показателям единичные невыраженные отклонения дисперсионных характеристик в сторону пограничных состояний нормы. В двух группах волонтеров значения показателей G1 и G2 были сопоставимы, и в среднем не превышали 6 и 4 усл. ед., указывая на начальные отклонения в деполаризации предсердий вне зависимости от степени влияния центрального контура регуляции на ритм сердца, тогда как диапазон колебаний показателя G9 в первой группе находился в пределах 4 усл. ед., а во второй группе — 7 усл. ед., соответственно. Согласно данным разработчиков метода ДК ЭКГ, колебания значений показателя G9 до величины 3 усл. ед. могут рассматриваться как вариант нормы, а выше этих значений — как отражение нарушений сократительной функции сердца [10]. Доказано, что патологические значения G9 преобладают среди подростков с синдромом вегетативной дисфункции по симпатикотоническому типу и с артериальной гипертензией [14].

Обсуждение

Одно из ведущих мест в регуляции ритма сердца и адаптационных возможностей организма занимает ВНС. Дисбаланс или выраженное воздействие на ритм сердца как автономного, так и центрального звена ВНС могут рассматриваться как неблагоприятные признаки дезадаптационных расстройств [3, 15]. Доказано, что постоянно выраженное симпатическое влияние на деятельность сердца сопровождается активацией всех метаболических процессов в миокарде с большим расходом количества кислорода и энергии. Уменьшение вагусной активности проявляется в снижении диастолической функции миокарда, и ведет к определенному ухудшению условий кровоснабжения самой сердечной мышцы, т.к. именно в эту фазу сердечного цикла осуществляется наполнение коронарных артерий. Длительная работа миокарда в таких условиях является крайне невыгодной для функционирования организма в целом [9].

Сопоставляя метод обследования ВСР с усредненными значениями ДК ЭКГ по интегральному показателю “Миокард” у волонтеров в анализируемых группах, можно отметить значения, соответствующие верхней границе нормы. Однако в группе 2 по показателю “Ритм” значения были статистически больше как по отношению к группе 1, так и по отношению к нормативным значениям [10]. Показатель “Ритм” более чем на 20% чаще наблюдается среди подростков с диагнозом лабильной артериальной гипертензии, которая связана с нали-

чием вегетативной дисфункции в патогенезе. Как отмечают авторы, для большинства лиц без сердечно-сосудистых заболеваний и факторов риска их развития значения показателей “Миокард”, “Ритм” и IARS не выходят за принятые нормативы [2]. Превышение значений нормы (>20%) по показателю “Ритм” выявлено у половины обследуемых пациентов с вегетативной дисфункцией сердечно-сосудистой системы по сравнению с контрольной группой условно здоровых подростков. При этом превышения значений чаще отмечались при симпатотонии, чем при ваготонии [16].

В группах случаи проявления отклонений микроамплитудных альтернатив по показателям G1–G2 указывают на уменьшение потенциалов деполяризации предсердий, вне зависимости от степени влияния центрального контура на ритм сердца. Подобные изменения связывают с нарушениями пейсмекерного автоматизма, во многом способствующими временным или постоянным нарушениям низлежащих структур проводящей системы сердца [2, 6]. Вероятно, наблюдаемые изменения по показателю G9 являются отражением компенсаторных реакций миокарда при отклонениях от нормы в деполяризации предсердий (рисунок 1). Согласно [4] (2006) показатель G9 имеет особое значение для диагностики поражения миокарда, и увеличение его значений является неблагоприятным прогностическим признаком.

В динамических обследованиях стабильное увеличение G9 служит ранним признаком устойчивых нарушений процесса деполяризации миокарда, не достигшим, однако, клинического проявления. Чем больше его отклонения от нормативных величин, тем больше выражена асимметрия возбуждения желудочков в начале деполяризации. Нарушения электрофизиологических свойств миокарда наиболее часто встречаются при гипертрофии и ишемии миокарда левого желудочка [4]. В представленном исследовании у волонтеров при выраженном прео-

бладании влияния центральной регуляции на сердечный ритм (группа 2), по индексу G9 значительно чаще отмечались отклонения от нормативных величин, чем у волонтеров из первой группы (рисунок 1).

При отсутствии жалоб у условно здоровых подростков, проявления таких изменений в процессе полового развития может быть связано как с транзиторным физиологическим напряжением регуляторных систем организма, так и с различными дисфункциями ВНС.

Заключение

В группах с умеренным и повышенным уровнями влияния центрального контура регуляции на ритм сердца установлены однотипные сходства показателей ДК ЭКГ с эталонами патологии в процессах деполяризации предсердий при различных видах локализации потенциалов, ее вызывающих (G1–G2). Однако при выраженной централизации чаще наблюдались отклонения показателей ВСР и увеличение вариаций скоростных характеристик начального фронта деполяризации желудочков (G9), что является неблагоприятным прогностическим признаком.

Полученные результаты указывают на необходимость особого внимания по отношению к лицам с исходным симпатическим типом вегетативной регуляции, для выявления ранних признаков нарушения деятельности миокарда при проведении скрининговых профилактических осмотров.

Авторы не исключают особенности влияния факторов среды различных климатических территорий Магаданской области (прибрежной и континентальной) на формирование тонуса симпатической нервной системы, что будет являться целью дальнейшего исследования.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Soroko SI. Demographic problems in Russia and medical and biological problems of children developmental age. Herald of education and science development of Russian Academy of Natural Sciences. 2016;2:20-33. (In Russ.) Сороко С.И. Демографические процессы в России и медико-биологические проблемы возрастного развития детей. Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. 2016;2:20-33.
- Avdeeva MV, Shcheglova LV, Grigor'eva OM. Advantages of Dispersion ECG Mapping Use at Screening in Health Centers. Ultrasound and Functional Diagnostics. 2012;4:97-106. (In Russ.) Авдеева М.В., Щеглова Л.В., Григорьева О.М. Преимущества использования дисперсионного картирования ЭКГ при скрининге в центре здоровья. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2012;4:97-106.
- Baevskiy RM, Ivanov GG, Chireykin LV, et al. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (guidelines). Vestnik aritmologii. 2002;24:65-87. (In Russ.) Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации). Вестник аритмологии. 2002;24:65-87.
- Ivanov GG, Tkachenko SB, Baevskiy RM, et al. Diagnostic opportunities of characteristics dispersion of the ECG-signal in the patient with myocardial infarction (according to ECG-analyzer "CardioVision06"). Funkcional'naya diagnostika. 2006;2:44-7. (In Russ.) Иванов Г.Г., Ткаченко С.Б., Баевский Р.М. и др. Диагностические возможности характеристик дисперсии ЭКГ-сигнала при инфаркте миокарда (по данным ЭКГ-анализатора "КардиоВизор-06с"). Функциональная диагностика. 2006;2:44-7.
- Babachenko IV, Levina AS, Chuprova SN, et al. Heart disease in children with respiratory infections. Journal Infectology. 2016;8(4):20-5. (In Russ.) Бабаченко И.В., Левина А.С., Чупрова С.Н., Шарипова Е.В. Поражения сердца при респираторных инфекциях у детей. Журнал инфектологии. 2016;8(4):20-5.
- 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.
- Cruz-Gonzalez I, DeJoseph-Gauthier D, Chia S, et al. Non-invasive assessment of myocardial ischaemia by using low amplitude oscillations of the conventional ECG signals. Acta Cardiologica. 2009;64(1):11-5. doi:10.2143/AC.64.1.2034355.
- Shlyk NI. The heart rate and regulation type of children, teenagers and sportsmen. Izhevsk: "Udmurt university", 2009. p. 259. (In Russ.) Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Издательство Удмуртского университета, 2009. с. 259. ISBN 978-5-904524-24-1.

9. Gavrilova EA. Rhythmocardiography in sports. SPb.: Publisher SZGMU after I.I. Mechnikova, 2014. p. 164. (In Russ.) Гаврилова Е. А. Ритмокардиография в спорте. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И. И. Мечникова, 2014. с. 164.
10. 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.
11. Maksimov AL, Loskutova AN. Heart rate variability structure shown by those born in Magadan region depending on type of vegetative regulation. Human Ecology. 2013;6:3-10. (In Russ.) Максимов А. Л., Лоскутова А. Н. Особенности структуры variability кардиоритма уроженцев Магаданской области в зависимости от типа вегетативной регуляции. Экология человека. 2013;6:3-10.
12. Hayano J, Yasuma F, Okada A, et al. Respiratory sinus arrhythmia. A phenomenon improving pulmonary gas exchange and circulatory efficiency. Circulation 1996;94(4):842-7.
13. Khaspekova NB. Diagnostic informative monitoring of heart rate variability. Vestnik aritmologii. 2003;32:15-23. (In Russ.) Хаспекова Н. Б. Диагностическая информативность мониторинга variability ритма сердца. Вестник аритмологии. 2003;32:15-23.
14. 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 низкоамплитудных колебаний кардицикла при артериальной гипертензии у детей подросткового возраста. Фундаментальные исследования. Медицинские науки. 2014;7:295-8.
15. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, et al. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. Sports Medicine. 2013;43(9):773-81.
16. 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. (In Russ.) Краева Н. В., Макарова В. И., Макаров А. И. Интегральная составляющая variability сердечного ритма при артериальной гипертензии у детей подросткового возраста. Современные проблемы науки и образования. 2014;2:333.