

УДК 616.839:616.831-073.97-053.6

doi: 10.17238/issn2308-3174.2016.2.59

ЯРЫГИНА Надежда Алексеевна, аспирант лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН, врач отделения функциональной диагностики Северного медицинского клинического центра имени Н.А. Семашко федерального медико-биологического агентства (г. Архангельск). Автор 5 научных публикаций

ПОСКОТИНОВА Лилия Владимировна, доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН (г. Архангельск). Автор 240 научных публикаций, в т. ч. 4 монографий

СОСНИНА Елена Андреевна, заведующая отделением функциональной диагностики Северного медицинского клинического центра имени Н.А. Семашко федерального медико-биологического агентства (г. Архангельск). Автор 6 научных публикаций

ЖЕРНАКОВА Галина Сергеевна, заведующая детской поликлиникой Северного медицинского клинического центра имени Н.А. Семашко федерального медико-биологического агентства (г. Архангельск). Автор 4 научных публикаций

ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИОКАРДА ДО И ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ У ЛИЦ 14–17 ЛЕТ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ (предварительное сообщение)¹

В работе приведены данные обследования 117 лиц в возрасте 14–17 лет. Были сформированы 2 группы: I группа – 89 чел. с синдромом вегетативной дистонии, II группа – контрольная, в которую вошли 28 практически здоровых подростков (юношей и девушек). Доли лиц мужского и женского пола, уровни физического развития в группах были статистически одинаковыми. Критериями исключения явились черепно-мозговые травмы в анамнезе, нарушения неврологического статуса, органические поражения сердца и сосудов, эндокринные нарушения, задержка полового и психического развития. Обследование включало в себя проведение фоновой электрокардиограммы (ЭКГ), электроэнцефалограммы (ЭЭГ) с применением программы трехмерной локализации источников ЭЭГ-активности «BrainLoc», велоэргометрии, ЭКГ после нагрузочной пробы. Были выявлены 3 типа организации ЭЭГ у лиц I группы с синдромом вегетативной дистонии: ЭЭГ – вариант возрастной нормы, десинхронный тип и ЭЭГ с пароксизмальными феноменами. У лиц I группы с организованным типом ЭЭГ после велоэргометрии отмечалось статистически значимое увеличение частоты сердечных сокращений относительно исходного уровня. У лиц I группы с десинхронным типом ЭЭГ после велоэргометрии выявлено статистически значимое увеличение частоты сердечных сокращений, уменьшение длительности комплекса QRS, укорочение интервала QT в сравнении с фоновыми значениями. У лиц I группы с пароксизмальными изменениями ЭЭГ после велоэргометрии выявлено статистически

¹Работа частично поддержана грантом Президиума УрО РАН № 15-15-4-9, 2015–2017.

значимое укорочение интервала PQ, при этом у каждого четвертого из группы – за пределами физиологической нормы (менее 120 мс). Детальная оценка электроэнцефалографических паттернов позволяет сделать вывод о нейрогенном характере сердечно-сосудистых дисфункций у детей и подростков без эпилепсии. Результаты обследования могут быть основой разработки рекомендаций для подбора оптимальных режимов физической нагрузки для лиц данной возрастной группы с синдромом вегетативной дистонии.

Ключевые слова: синдром вегетативной дистонии, электрокардиография, электроэнцефалография, велоэргометрия, физическая нагрузка подростков.

Здоровье детей и подростков в значительной степени определяется возможностью адаптации организма к физическим нагрузкам. Сердечно-сосудистая система при этом играет ключевую роль. Метод регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) позволяет количественно оценить влияние физической нагрузки на электрические показатели проводящей системы сердца [1]. Вегетативная дистония является одним из самых распространенных синдромов среди подростков за последние десятилетия [2].

Данная категория пациентов является наглядной клинической моделью, отражающей нарушения как висцеральных функций, так и центральных механизмов, принимающих участие в их регуляции. Цереброкардиальный синдром, реализуемый посредством различных неврологических и гуморальных факторов, основан на взаимодействии центральной нервной системы и системы кровообращения [3]. При синдроме вегетативной дистонии (СВД), который проявляется полиморфной вегетативной гиперактивацией, такое взаимодействие приобретает особое значение [4]. Нестабильность процессов поляризации–реполяризации представляет собой опасный феномен в отношении развития нарушений ритма сердца и проводимости, развития синдрома внезапной смерти [3].

Установлено, что реактивность сердечно-сосудистой системы напрямую зависит от особенностей биоэлектрических модуляций коры и подкорковых образований головного мозга. В частности, нейрональная активность областей инсулярной коры, передней поясной извилины связана с центральными механизмами автономной нервной системы, определяющей роль сердечной

деятельности [5]. Поэтому нарушения биоэлектротрогенеза головного мозга могут вносить весомый вклад в формирование нарушений функций проводящей системы сердца и обуславливать развитие цереброваскулярной патологии [5–7].

Типы организации ЭЭГ свидетельствуют о различной степени соотношения процессов возбуждения и торможения мозговых структур [8]. Наличие в паттерне ЭЭГ пароксизмальных форм медленно-волновой активности мозга отражает дисфункцию структур гипоталамуса [9], где сосредоточены центры сосудистой регуляции. Различные типы биоэлектрической организации головного мозга с преобладанием того или иного амплитудно-частотного паттерна ЭЭГ могут также отражать различную степень активности локального мозгового кровообращения [10], что может определять разные уровни функциональной активности вегетативных центров сосудистой регуляции и риск сосудистых катастроф.

Таким образом, особенности организации ЭЭГ могут дать информацию о нейрогенном характере сердечно-сосудистых дисфункций, однако фоновые электрокардиографические изменения при этом будут минимальными. Поэтому необходимо применение дополнительных функциональных методов для диагностики скрытых форм повышенной сосудистой реактивности [11]. Наиболее значимые результаты в плане оценки реполяризации миокарда могут быть получены при выраженном изменении частоты сердечных сокращений (ЧСС), что возможно при проведении пробы с физической нагрузкой [12].

Целью настоящего исследования стало определение особенностей биоэлектрической активности миокарда до и после физической

нагрузки у подростков, юношей и девушек с СВД и с разными типами организации ЭЭГ.

Материалы и методы. Обследовано 117 чел. 14–17 лет (54 мальчика и юноши, 63 девочки и девушки), проходившие обследование в отделении функциональной диагностики ФГБУЗ «СМКЦ им. Н.А. Семашко ФМБА России». Были обозначены 2 группы. I группа – 89 чел. (38 мальчиков и юношей, 51 девочка и девушка) с верифицированными диагнозами в рамках СВД – коды F45.3, F 45.30 по МКБ-10² – и II группа, состоящая из 28 практически здоровых лиц (14 – мужского пола и 14 – женского пола).

Критериями включения явились жалобы кардиального характера (кардиалгии, сердцебиение, субъективно ощутимые нарушения ритма работы сердца), сочетание кардиальных жалоб с лабильной артериальной гипертензией (артериальное давление более 138/87 мм рт. ст. у мальчиков и юношей, более 135/86 мм рт. ст. у девочек и девушек) или гипотензией (артериальное давление менее 90/60 мм рт. ст.) [13]; цефалгии, головокружения, наличие в анамнезе или на момент обращения к врачу нейрокардиогенных синкопальных состояний без верифицированных признаков эпилептической активности с жалобами смешанного характера в межприступный период (код R55 по МКБ-10). Критериями исключения явились черепно-мозговые травмы в анамнезе, пароксизмальные состояния эпилептического генеза, органические поражения сердца и сосудов, эндокринные нарушения, задержка возрастного морфофункционального, полового и психического развития, острые инфекционные заболевания на момент исследования. Также критериями исключения явились гемодинамически значимые электрокардиографические феномены: брадиаритмия ниже 45 уд./мин, пароксизмальная тахикардия выше 100 уд./мин, артериовентрикулярная блокада II и выше степеней, полные блокады ножек пучка Гиса, желудочковая экстрасистолия высокого класса градации, укорочение или удли-

нение интервала QT более возрастных нормативов [14].

ЭКГ регистрировали при помощи электрокардиографа «Cardimax FX-7102» фирмы «Fucuda Denshi» (Япония) в горизонтальном положении на спине с записью 12 отведений по 5 ЭКГ-комплексов в каждом [15].

ЭЭГ регистрировали в положении сидя с помощью электроэнцефалографа фирмы «Нейрон-спектр-4/ВМП» («Нейрософт», г. Иваново) и фиксацией 16 электродов по стандартной схеме «10-20», монополярно, с референтным ушным электродом в полосе частот 1–35 Гц. Фоновая запись ЭЭГ регистрировалась в течение 1,5 мин с последующим проведением функциональных проб: реакция активации на открытие-закрытие глаз; фотостимуляция с частотой 4–24 Гц; гипервентиляция в течение 5 мин. В безартефактных записях ЭЭГ оценивали показатели дельта (1–3 Гц), тета (4–7 Гц), альфа (8–13 Гц) и бета-1 (14–22 Гц) видов активности.

В затылочных (O1, O2) и лобных (F3, F4) областях определяли доминирующую частоту в каждом частотном диапазоне, среднюю и максимальную амплитуду и процент времени записи, во время которого фиксировалась активность соответствующего частотного диапазона по отношению ко всему времени записи (индекс, %). Также определяли локальную, межполушарную амплитудную асимметрию (в %), степень выраженности реакции активации, элементы пароксизмальной активности («пик-волна», «острая-медленная волна», билатерально-синхронные разряды дельта-, тета-активности амплитудой, превышающей основную активность более чем на 25 %) и реакции следования ритмам при фотостимуляции [16]. Очаговые изменения выявляли при помощи программы трехмерной локализации источников ЭЭГ-активности «BrainLoc».

За основу выделения типов организации ЭЭГ по фоновым показателям взята классификация Е.А. Жирмунской и В.С. Лосева [8]. Подгруппу с ЭЭГ, соответствующей возрасту (1-й тип),

²Медицинская информационно-справочная сеть. Международная классификация болезней 10-го пересмотра. URL: <http://www.ros-med.info/mkb> (дата обращения: 01.12.2015).

составили подростки, юноши и девушки с организованной, модулированной альфа-активностью, с максимальной амплитудой от 40 до 110 мкВ, с частотой от 8 до 13 Гц, с четкими зональными ее различиями и выраженной реакцией активации, альфа-индексом более 50 % и индексом тета-активности не более 30 %.

В подгруппу с диффузными изменениями биоэлектрической активности (2-й тип) вошли лица, у которых преобладала дезорганизованная или дизритмичная альфа-активность со сниженной амплитудой (менее 40 мкВ), сглаженным ее зональным распределением и сниженной реакцией активации, альфа-индексом менее 50 %, индексом тета- и дельта-активности более 30 %. В подгруппу с пароксизмальными феноменами ЭЭГ (3-й тип) вошли подростки, юноши и девушки, у которых на фоне доминирующего ритма альфа-активности с правильным зональным распределением и нормальными частотно-амплитудными характеристиками регистрировались элементы пароксизмальной активности как в фоновой записи, так и при проведении проб с гипервентиляцией и фотостимуляцией, а также разряды медленных волн в различных отделах полушарий головного мозга. Значения среднего возраста во всех группах были статистически идентичными.

Нагрузочную пробу в виде велоэргометрии (ВЭМ) в положении сидя проводили на велоэргометре фирмы «Schiller» с программным обеспечением (Швейцария) по протоколу ступенчатого, непрерывно-возрастающего теста с непрерывным мониторингом 12 общепринятых отведений. Мощность 1-й, 2-й и 3-й ступеней составляла 1, 2, и 3 Вт/кг соответственно. Пробу прекращали либо при достижении частоты сердечных сокращений (ЧСС) 170 уд./мин, либо при появлении клинических или электрокардиографических показаний к ее завершению. Артериальное давление (АД) измеряли осциллометрическим методом до нагрузки, в конце каждой ступени нагрузки, в восстановительном периоде и при возвращении ЧСС к исходному уровню покоя – систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление [1, 15].

Этапы исследования включали в себя фоновую запись ЭКГ, запись ЭЭГ, нагрузочную пробу (НП) на велоэргометре и запись ЭКГ после физической нагрузки в конце восстановительного периода (в среднем на 6-й минуте данного периода). Статистическую обработку данных проводили в среде программы «Statistica 5.0» с использованием средних значений в выборке в виде медианы (Me) и межквартильного размаха от 25- до 75-процентного уровня (25; 75) с использованием непараметрических критериев Вилкоксона для зависимых выборок при уровне значимости $p < 0,05$ и Крускала-Уоллиса для независимых выборок (4 подгруппы сравнения) при уровне значимости $p < 0,013$.

Результаты и обсуждение. У подростков, юношей и девушек с СВД ($n = 89$) выявлены следующие типы организации ЭЭГ: вариант нормы у 27 чел., или 30 % (15 мальчиков и юношей, 13 девочек и девушек), тип с диффузными изменениями – у 30 чел., или 34 % (12 мальчиков и юношей, 17 девочек и девушек), самая большая группа – тип с пароксизмальными феноменами, который был выявлен у 32 чел., или 36 % (11 мальчиков и юношей, 21 девочка и девушка). Анализ распределения типов ЭЭГ выявил большую долю лиц женского пола с пароксизмальными изменениями ЭЭГ. Вероятно, это связано с высокой степенью активации диэнцефальных структур в период полового созревания, в т. ч. структур, ответственных за становление гормональной системы женского организма [9]. Показатели фоновых значений ЭКГ и АД на высоте нагрузки и после НП в конце восстановительного периода представлены в *таблице*. До нагрузочной пробы не было выявлено достоверной разницы значений ЭКГ и АД между группами ($p > 0,05$).

Во всех четырех группах на высоте НП отмечалось достижение субмаксимальной ЧСС, статистически значимое увеличение ЧСС относительно фоновых значений, что является показателем информативности нагрузочной пробы [15].

Работы, направленные на изучение влияния физической нагрузки на динамику временных значений ЭКГ, показали, что в норме при физической нагрузке происходит укорочение

**ИСХОДНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ АД И ЭКГ НА ВЫСОТЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ПОСЛЕ ВЭМ
В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ У ЛИЦ 14–17 ЛЕТ, МЕ (25; 75)**

Показатель	Группа				p-уровень
	II		I		
	1-й тип ЭЭГ (n = 28)	1-й тип ЭЭГ (n = 27)	2-й тип ЭЭГ (n = 30)	3-й тип ЭЭГ (n = 32)	
ЧСС (1), уд./мин	68,6 (61,0; 75,0)	68,0 (61,0; 72,0)	72,5 (65,0; 79,0)	72,5 (66,0; 77,5)	p > 0,05
САД (1), мм рт. ст.	110,0 (108,8; 120,0)	115,0 (110,0; 120,0)	110,0 (100,0; 119,3)	110,0 (100,0; 120,0)	p > 0,05
ДАД (1), мм рт. ст.	70,0 (65,0; 80,0)	70,0 (70,0; 80,0)	70,0 (66,3; 79,5)	70,0 (68,8; 72,8)	p > 0,05
PQ (1), с	0,136 (0,125; 0,156)	0,134 (0,126; 0,148)	0,140 (0,122; 0,153)	0,130 (0,121; 0,145)	p > 0,05
QRS (1), с	0,098 (0,092; 0,107)	0,096 (0,091; 0,105)	0,092 (0,088; 0,097)	0,093 (0,089; 0,097)	p > 0,05
QT (1), с	0,374 (0,356; 0,392)	0,365 (0,356; 0,381)	0,368 (0,346; 0,385)	0,367 (0,351; 0,378)	p > 0,05
QTc (1), с	0,395 (0,380; 0,405)	0,396 (0,379; 0,405)	0,402 (0,393; 0,418)	0,400 (0,385; 0,415)	p > 0,05
ЧСС (2), уд./мин	159,0*** (152,8; 162,3)	164,0*** (160,3; 169,0)	163,0*** (159,0; 167,5)	160,0*** (153,0; 160,0)	$p_{II(I)-I(I)} < 0,05$
САД (2), мм рт. ст.	162,0*** (148,3; 175,5)	164,0*** (153,0; 192,0)	148,0*** (137,0; 160,0)	155,0*** (131,5; 173,5)	$p_{2-3} = 0,028$
ДАД (2), мм рт. ст.	82,0*** (79,8; 90,3)	83,5*** (80,3; 87,8)	80,0* (72,5; 85,0)	80,0** (73,5; 86,0)	p > 0,05
ЧСС (3), уд./мин	69,0 (65,5; 72,5)	73,0* (68,0; 76,0)	77,0* (70,0; 86,0)	78,5 (68,0; 81,0)	p > 0,05
САД (3), мм рт. ст.	110,0 (105,8; 120,3)	110,0 (105,0; 120,0)	107,0 (100,0; 115,0)	110,0 (101,0; 112,0)	p > 0,05
ДАД (3), мм рт. ст.	70,0 (62,3; 80,3)	76,5 (70,0; 80,0)	70,0* (61,0; 71,5)	70,0 (64,5; 79,8)	$p_{2-3} < 0,001$
PQ (3), с	0,134 (0,123; 0,150)	0,129 (0,119; 0,142)	0,136 (0,122; 0,148)	0,129** (0,116; 0,141)	p > 0,05
QRS (3), с	0,096* (0,090; 0,104)	0,095 (0,091; 0,101)	0,091** (0,087; 0,098)	0,093 (0,087; 0,099)	p > 0,05
QT (3), с	0,374 (0,351; 0,385)	0,352 (0,343; 0,376)	0,357** (0,340; 0,373)	0,358 (0,348; 0,377)	p > 0,05
QTc (3), с	0,398 (0,386; 0,410)	0,396 (0,385; 0,415)	0,403 (0,388; 0,416)	0,401 (0,385; 0,421)	p > 0,05

Примечания. 1. ЧСС (1), САД (1), ДАД (1), PQ (1), QRS (1), QT (1), QTc (1) – исходные значения; ЧСС (2) – субмаксимальные значения на высоте физической нагрузки; САД (2), ДАД (2) – максимальные значения при достижении субмаксимальной ЧСС во время ВЭМ; ЧСС (3), САД (3), ДАД (3), PQ (3), QRS (3), QT (3), QTc (3) – значения в конце восстановительного периода после ВЭМ. 2. Уровни статистической значимости различий между значениями в фоне, на высоте физической нагрузки и после ВЭМ: * – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001; $p_{II(I)-I(I)}$ – уровень статистической значимости между значениями у лиц I и II группы с 1-м типом ЭЭГ; p_{2-3} – уровень статистической значимости между значениями у лиц из I группы со 2-м и 3-м типом ЭЭГ.

комплекса QRS, интервала QT. Этот эффект на 2/3 определяется приростом ЧСС и на 1/3 – другими факторами, в числе которых наиболее значимыми являются прямые вегетативные влияния и уровень катехоламинов, циркулирующих в плазме крови [17]. После ВЭМ у лиц I группы с организованным типом ЭЭГ ($n = 27$) отмечалось статистически значимое увеличение ЧСС ($p = 0,02$) относительно исходного уровня, что является физиологически компенсаторным механизмом как результат взаимодействия симпатической нервной системы, гуморальной и интракардиальной регуляции, направленной на поддержание сердечного выброса [18].

У лиц I группы с десинхронным типом ЭЭГ ($n = 30$) после ВЭМ выявлено статистически значимое увеличение ЧСС ($p = 0,02$), уменьшение длительности комплекса QRS ($p < 0,001$), укорочение интервала QT ($p = 0,003$) в сравнении с фоновыми значениями. Как описано в литературе, значимое укорочение комплекса QRS ЭКГ после НП может быть свидетельством ускоренной деполяризации, что может вызвать электрическую нестабильность миокарда и, как следствие, нарушение ритма сердца [18–20]. Наличие десинхронного типа ЭЭГ свидетельствует о высокой активности восходящих активирующих влияний ретикулярных структур на кору головного мозга. Данный тип ЭЭГ обычно рассматривается как вариант нормы в клинических условиях, однако часто встречается у лиц с психоэмоциональным напряжением и состоянием невроза. Представленные данные показывают: несмотря на то, что частотно-зависимое укорочение QT и QRS было у данных лиц в пределах возрастной нормы, можно предположить, что длительно сохраняющееся укорочение комплекса QRS после физической нагрузки у лиц с выраженными явлениями десинхронизации основного ритма ЭЭГ может отражать сниженные функциональные резервы миокарда.

У лиц I группы с пароксизмальными изменениями ЭЭГ ($n = 32$) после ВЭМ выявлено статистически значимое укорочение интервала PQ ($p < 0,001$) относительно исходного уровня,

при этом у 8 подростков (у каждого четвертого из группы) – за пределами физиологической нормы (менее 120 мс). При укорочении PQ менее 120 мс опорожнению предсердий противостоит начинающееся сокращение желудочков, что в итоге приводит к уменьшению ударного объема крови в них и перерастяжению стенок предсердий избыточным объемом крови, следствием чего являются активация эктопических очагов водителя ритма и нарушение ритма сердца [21]. У подростков, юношей и девушек с СВД с пароксизмальными изменениями ЭЭГ и с укороченным PQ интервалом после ВЭМ локализация очагов пароксизмальной активности, по данным «BrainLoc», чаще регистрируется в медио-базальных отделах особенной правой гемисферы. Данные изменения выявлены у 5 из 8 чел.

Следует отметить, что у лиц I группы с организованным типом ЭЭГ, как и у лиц I группы с пароксизмальными изменениями ЭЭГ, после НП отмечается укорочение интервала PQ также до 0,129 с. При этом у лиц с организованным типом ЭЭГ укорочение PQ интервала не было статистически значимым относительно фоновых значений ($p > 0,05$) и в конце восстановительного периода НП его значения не выходили за пределы физиологической нормы в отличие от I группы с пароксизмальными изменениями ЭЭГ.

Таким образом, укорочение PQ интервала у лиц I группы с организованным типом ЭЭГ не может быть расценено как предвестник нарушения ритма сердца и гемодинамики. У лиц I группы с пароксизмальными нарушениями прослеживается тенденция к увеличению ЧСС после НП относительно фоновых значений. Однако отсутствие статистически значимого увеличения ЧСС, а также частотно-зависимого укорочения QRS и QT у лиц этой группы может быть обусловлено развитием вегетативной дисрегуляции, связанной с перенапряжением адаптационного аппарата в результате симпатикотонической реакции в ответ на дистрессовое воздействие, что находит подтверждение и в литературных источниках [22].

В литературе описываются примеры нейрональной активности структур мозга, опреде-

ляющих вегетативное обеспечение сердечной деятельности, таких как островковая доля, передняя поясная извилина коры, миндалина [23]. Есть сведения, что высокоамплитудная медленно-волновая активность отражает дисфункцию гипоталамических структур [9]. Поэтому можно полагать, что у лиц I группы с пароксизмальными изменениями ЭЭГ дисфункция работы нейронов в центрах симпатической или парасимпатической регуляции может обуславливать более выраженный дисбаланс при активации того или иного отдела вегетативной нервной системы.

У лиц группы контроля с организованным типом ЭЭГ (II группа, n = 28) после ВЭМ происходит статистически значимое укорочение желудочкового комплекса QRS ($p = 0,013$) относительно исходного уровня в пределах возрастной нормы, но в меньшей степени, чем у лиц I группы с десинхронными изменениями в структуре ЭЭГ ($p = 0,002$). Следовательно, выявленное частотно-зависимое укорочение комплекса QRS у лиц группы контроля можно расценить как вариант физиологической реакции сердца на физическую нагрузку.

Во всех четырех группах на высоте НП отмечалось статистически значимое увеличение показателей артериального давления (САД и ДАД) и ЧСС относительно фоновых значений, что является результатом стимуляции симпатической нервной системы. Вместе с тем отмечаются достоверное превышение субмаксимальной ЧСС у лиц I группы с организованным типом ЭЭГ и тенденция к превышению субмаксимальной ЧСС у лиц остальных групп с СВД относительно II (контрольной) группы, что свидетельствует о гиперсимпатикотонической реакции автономной нервной системы у подростков с СВД на нагрузочную

пробу. При достижении субмаксимальной ЧСС у лиц I группы с десинхронным типом реактивности тонуса крупных сосудов была минимальной, что выражалось в наименьшем приросте САД, значимо меньшем, чем у лиц I группы с организованным типом ЭЭГ. Соответственно, в конце восстановительного периода у подростков данной подгруппы были минимальными значения ДАД.

Заключение. В условиях физической нагрузки дети и подростки с СВД с признаками десинхронизации основного ритма ЭЭГ, и в большей степени – с признаками пароксизмальной активности ЭЭГ, имеют более высокий риск развития конфликта во внутрисердечной гемодинамике, запускающей процессы нарушения ритма сердца, в сравнении с лицами с организованным типом биоэлектрической активности головного мозга. ЭКГ-признаками риска развития такого конфликта являются стойкое повышение ЧСС и укорочение комплекса QRS в группе с десинхронными изменениями ЭЭГ, особенно – укорочение PQ интервала в группе с пароксизмальными феноменами ЭЭГ после прекращения нагрузки. Определение особенностей ЭЭГ у подростков с данным диагнозом необходимо не только для дифференциальной диагностики синкопальных состояний и эпилепсии, но и для прогноза устойчивости проводящей системы сердца в условиях физической нагрузки. Результаты исследования показали, что детям и подросткам с СВД с диффузными и особенно с пароксизмальными изменениями биоэлектрической активности головного мозга требуются более щадящие режимы физических нагрузок и ограничение интенсивных упражнений при занятии спортом во избежание провокации наиболее опасных, угрожающих жизни нарушений ритма сердца.

Список литературы

1. Тавровская Т.В. Велоэргометрия. Практическое пособие для врачей. СПб., 2007. 134 с.
2. Заваденко Н.Н., Нестеровский Ю.Е. Клинические проявления и лечение синдрома вегетативной дисфункции у детей и подростков // Педиатрия. Журн. им. Г.Н. Сперанского. 2012. Т. 91, № 2. С. 92–101.

3. Гуляев С.А., Архипенко И.В. Цереброкардиальный синдром у пациентов с пароксизмальными нарушениями биоэлектрической активности головного мозга // Рус. журн. дет. неврологии. 2011. Т. 6, № 3. С. 9–13.
4. Акарачкова Е.С., Вершинина С.В. Синдром вегетативной дистонии у современных детей и подростков // Педиатрия. Журн. им. Г.Н. Сперанского. 2011. Т. 90, № 6. С. 129–136.
5. Nagai M., Hoshida S., Kario K. The Insular Cortex and Cardiovascular System: A New Insight into the Brain-Heart Axis // J. Am. Soc. Hypertens. 2010. Vol. 4, № 4. P. 174–182.
6. van der Wall E.E., van Gilst W.H. Neuroradiology: Close Interaction Between Heart Andbrain // Neth. Heart J. 2013. Vol. 21, № 2. P. 51–52.
7. Zipes D.P. Heart-Brain Interactions in Cardiac Arrhythmias: Role of the Autonomic Nervous System // Cleve. Clin. J. Med. 2008. Vol. 75. P. 94–96.
8. Жирмунская Е.А., Лосев В.С. Системы описания и классификация электроэнцефалограммы человека. М., 1984. 81 с.
9. Латаш Л.П. Гипоталамус, приспособительная активность и электроэнцефалограмма. М., 1968. 294 с.
10. Куксова Н.С., Хамидова Л.Т., Трофимова Е.Ю. Оценка функционального состояния головного мозга при нетравматическом субарахноидальном кровоизлиянии. Часть I. Сосудистый спазм, ишемия мозга и электрическая активность // Нейрохирургия. 2011. № 3. С. 34–42.
11. Гириш Я.В., Мещеряков В.В., Сомова Т.М., Велиева О.А. Роль и место велоэргометрии и тредмил-теста в оценке функционального состояния пациентов-подростков с артериальной гипертензией и различной массой тела // Медицина и образование в Сибири. 2014. № 5. URL: http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=1554 (дата обращения: 01.12.2015).
12. Калинин Л.А., Макаров Л.М., Чупрова С.Н., Школьникова М.А., Лаан М.И. Диагностические возможности тестов с физической нагрузкой при синдроме удлиненного интервала QT // Вестн. аритмологии. 2001. № 23. С. 28–31.
13. Чернова И.М., Лукьянов М.М., Сердюк С.Е., Бойцов С.А. Особенности факторов риска, механизмов развития, клинического течения и поражения органов-мишеней у больных артериальной гипертензией молодого возраста // Систем. гипертензии. 2012. Т. 9, № 3. С. 60–65.
14. Макаров Л.Н. Электрокардиография в педиатрии. М., 2006. 544 с.
15. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. М., 2003. 295 с.
16. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: рук. для врачей. М., 2004. 488 с.
17. Davey P., Bateman J. Heart Rate and Catecholamine Contribution to QT Interval Shortening on Exercise // Clin. Cardiol. 1999. Vol. 22, № 8. P. 513–518.
18. Бурда И.Ю., Лысенко Н.В. Значение продолжительности комплекса QRS ЭКГ в клиническом течении и исходах сердечно-сосудистых заболеваний // Вестн. Харьк. нац. ун-та им. В.Н. Каразина. Сер.: Медицина. 2009. № 17(855). С. 73–81.
19. Лукасова И.И. Синдром укороченного интервала QT (клиника, диагностика, лечение) // Анналы аритмологии. 2005. Т. 2, № 4. С. 17–22.
20. Кулик В.Л., Яблучанский Н.И. Интервал QT в кардиологической клинике // Вестн. Харьк. нац. ун-та им. В.Н. Каразина. Сер.: Медицина. 2009. № 18. С. 73–96.
21. Воробьев Л.В. Укороченный P-Q, акценты ЭКГ диагностики // Соврем. наукоем. технологии. 2013. № 11. С. 152–156.
22. Кушниц С.М. О механизме нарушения вегетативной регуляции у детей, больных нейроциркуляторной астенией // Вестн. аритмологии. 2000. № 18. С. 40–41.
23. Kimmerly D.S., O'Leary D.D., Menon R.S., Gati J.S., Shoemaker J.K. Cortical Regions Associated with Autonomic Cardiovascular Regulation During Lower Body Negative Pressure in Humans // J. Physiol. 2005. Vol. 569. Pt. 1. P. 331–345.

References

1. Tavrovskaya T.V. *Veloergometriya. Prakticheskoe posobie dlya vrachey* [Bicycle Ergometry. A Practical Guide for Physicians]. St. Petersburg, 2007. 134 p.
2. Zavadenko N.N., Nesterovskiy Yu.E. Klinicheskie proyavleniya i lechenie sindroma vegetativnoy disfunktsii u detey i podrostkov [Clinical Manifestations and Treatment of Autonomic Dysfunction in Children and Adolescents]. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*, 2012, vol. 91, no. 2, pp. 92–101.
3. Gulyaev S.A., Arkhipenko I.V. Tserebrokardial'nyy sindrom u patsientov s paroksizmal'nymi narusheniyami bioelektricheskoy aktivnosti golovnoy mozga [Cerebro-Cardial Syndrome in Patients with Paroxysmal Disorders of Bioelectrical Activity of Brain]. *Russkiy zhurnal detskoj nevrologii*, 2011, vol. 6, no. 3, pp. 9–13.
4. Akarachkova E.S., Vershinina S.V. Sindrom vegetativnoy distonii u sovremennykh detey i podrostkov [Vegetovascular Dystonia in Children and Adolescents Today]. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*, 2011, vol. 90, no. 6, pp. 129–136.
5. Nagai M., Hoshida S., Kario K. The Insular Cortex and Cardiovascular System: A New Insight into the Brain-Heart Axis. *J. Am. Soc. Hypertens.*, 2010, vol. 4, no. 4, pp. 174–182.
6. van der Wall E.E., van Gilst W.H. Neuroradiology: Close Interaction Between Heart and Brain. *Neth. Heart J.*, 2013, vol. 21, no. 2, pp. 51–52.
7. Zipes D.P. Heart-Brain Interactions in Cardiac Arrhythmias: Role of the Autonomic Nervous System. *Cleve. Clin. J. Med.*, 2008, vol. 75, pp. 94–96.
8. Zhirmunskaya E.A., Losev V.S. *Sistemy opisaniya i klassifikatsiya elektroentsefalogrammy cheloveka* [Systems of Description and Classification of Human Electroencephalogram]. Moscow, 1984. 81 p.
9. Latash L.P. *Gipotalamus, prisposobitel'naya aktivnost' i elektroentsefalogramma* [Hypothalamus, Adaptive Activity and Electroencephalogram]. Moscow, 1968. 294 p.
10. Kuksova N.S., Khamidova L.T., Trofimova E.Yu. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya golovnoy mozga pri netravmaticheskom subarakhnoidal'nom krovoizliyanii. Chast' I. Sosudisty spazm, ishemiya mozga i elektricheskaya aktivnost' [Estimation of Brain Functional State During Non-Traumatic Subarachnoid Hemorrhage. Part 1. Angiospasm, Brain Ischemia and Electrical Activity]. *Neyrokhirurgiya*, 2011, no. 3, pp. 34–42.
11. Girsh Ya.V., Meshcheryakov V.V., Somova T.M., Velieva O.A. Rol' i mesto veloergometrii i tredmil-testa v otsenke funktsional'nogo sostoyaniya patsientov-podrostkov s arterial'noy gipertenziei i razlichnoy massoy tela [The Role and Place of Cycling and Treadmill Test in the Assessment of the Functional State of Adolescent Patients with Hypertension and Various Body Mass]. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri (setevoe nauchnoe izdanie)*, 2014, no. 5. Available at: http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=1554 (accessed 1 December 2015).
12. Kalinin L.A., Makarov L.M., Chuprova S.N., Shkol'nikova M.A., Laan M.I. Diagnosticheskie vozmozhnosti testov s fizicheskoy nagruzkoy pri sindrome udlinennogo intervala QT [Diagnostic Opportunities of Tests with Physical Activity in Long QT Syndrome]. *Vestnik aritmologii*, 2001, no. 23, pp. 28–31.
13. Chernova I.M., Luk'yanov M.M., Serdyuk S.E., Boytsov S.A. Osobennosti faktorov riska, mekhanizmov razvitiya, klinicheskogo techeniya i porazheniya organov-misheney u bol'nykh arterial'noy gipertenziei molodogo vozrasta [Characteristics of Risk Factors, Mechanisms of Development, Clinical Course and Target Organ Damage in Young Patients with Hypertension]. *Sistemnye gipertenzii*, 2012, vol. 9, no. 3, pp. 60–65.
14. Makarov L.N. *Elektrokardiografiya v pediatrii* [Electrocardiography in Pediatrics]. Moscow, 2006. 544 p.
15. Aronov D.M., Lupanov V.P. *Funktsional'nye proby v kardiologii* [Functional Tests in Cardiology]. Moscow, 2003. 295 p.
16. Zenkov L.R., Ronkin M.A. *Funktsional'naya diagnostika nervnykh bolezney* [Functional Diagnostics of Diseases of the Nervous System]. Moscow, 2004. 488 p.
17. Davey P., Bateman J. Heart Rate and Catecholamine Contribution to QT Interval Shortening on Exercise. *Clin. Cardiol.*, 1999, vol. 22, no. 8, pp. 513–518.
18. Burda I.Yu., Lysenko N.V. Znachenie prodolzhitel'nosti kompleksa QRS EKG v klinicheskom techenii i iskhodakh serdechno-sosudistyykh zabolevaniy [Importance of QRS Complex Duration in the Clinical Course and Outcomes of Cardiovascular Diseases]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo universiteta im. V.N. Karazina. Ser.: Meditsina*, 2009, no. 17(855), pp. 73–81.

19. Gukasova I.I. Sindrom ukorochnogo intervala QT (klinika, diagnostika, lechenie) [Short QT Syndrome (Clinical Picture, Diagnostics, and Treatment)]. *Annaly aritmologii*, 2005, vol. 2, no. 4, pp. 17–22.
20. Kulik V.L., Yabluchanskiy N.I. Interval QT v kardiologicheskoy klinike [QT Interval in Cardiology Clinics]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo universiteta im. V.N. Karazina. Ser.: Meditsina*, 2009, no.18, pp. 73–96.
21. Vorob'ev L.V. Ukorochenny P-Q, aktsenty EKG diagnostiki [Short PQ, Important Aspects of ECG Diagnostics]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2013, no. 11, pp. 152–156.
22. Kushnir S.M. O mekhanizme narusheniya vegetativnoy regulyatsii u detey, bol'nykh neyrotsirkulyatornoy asteniy [On the Mechanism of Autonomic Imbalance in Children with Neurocirculatory Asthenia]. *Vestnik aritmologii*, 2000, no. 18, pp. 40–41.
23. Kimmerly D.S., O'Leary D.D., Menon R.S., Gati J.S., Shoemaker J.K. Cortical Regions Associated with Autonomic Cardiovascular Regulation During Lower Body Negative Pressure in Humans. *J. Physiol.*, 2005, vol. 569, pt. 1, pp. 331–345.

doi: 10.17238/issn2308-3174.2016.2.59

Nadezhda A. Yarygina

The Institute of Environmental Physiology, Federal Research Centre of Comprehensive Study of the Arctic, Russian Academy of Sciences; Northern Medical Clinical Centre named after N.A. Semashko, Federal Medical and Biological Agency
115 prosp. Troitskiy, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;
e-mail: yardar@mail.ru

Liliya V. Poskotinova

The Institute of Environmental Physiology, Federal Research Centre of Comprehensive Study of the Arctic, Russian Academy of Sciences
249 prosp. Lomonosova, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;
e-mail: liliya200572@mail.ru

Elena A. Sosnina

Northern Medical Clinical Centre named after N.A. Semashko, Federal Medical and Biological Agency
115 prosp. Troitskiy, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;
e-mail: drsosnina@mail.ru

Galina S. Zhernakova

Northern Medical Clinical Centre named after N.A. Semashko, Federal Medical and Biological Agency
115 prosp. Troitskiy, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;
e-mail: gszhernacova@mail.ru

MYOCARDIAL ACTIVITY BEFORE AND AFTER EXERCISE STRESS IN ADOLESCENTS AGED 14–17 YEARS WITH VARIOUS TYPES OF ELECTROENCEPHALOGRAM ORGANIZATION (Preliminary Report)

We examined 117 children and adolescents aged 14–17 years. They were divided in two groups: group I ($n = 89$), consisting of subjects with autonomic dysfunction syndrome (ADS), codes F45.3 and F45.30 in ICD-10, and group II – control – comprised of healthy subjects ($n = 28$). The proportion of male and female subjects and their level of physical development in the groups were statistically identical. The exclusion criteria were as follows: traumatic brain injuries in the past medical history, paroxysmal epileptic disorders, organic lesions of the heart and blood vessels, endocrine disorders, retardation of morphofunctional, sexual and mental development. The examination included initial electrocardiogram

(ECG), electroencephalogram (EEG) using 3-D dipole localization software BrainLoc, bicycling, and ECG after the exercise test. Three types of EEG organization were revealed in group I: age norm (type 1), EEG with diffuse changes in brain activity (type 2), and EEG with paroxysmal phenomena (type 3). A statistically significant increase in the heart rate after bicycling compared to baseline values was found in group I subjects with normal type of EEG organization. Subjects from group I with diffuse changes in brain activity showed a statistically significant increase in the heart rate, shorter QRS complex and shorter QT interval after bicycling compared to baseline values. Subjects from group I with paroxysmal EEG phenomena demonstrated statistically significant shortening of PQ interval after the exercise test; in one in four of them it lasted less than 120 ms, which is below normal. A detailed assessment of EEG patterns allows us to conclude that cardiovascular dysfunction in children and adolescents without epilepsy is of neurogenic nature. The results of the study can help develop guidelines for choosing the best physical activity for this age group with autonomic dysfunction syndrome.

Keywords: *autonomic dysfunction syndrome, electrocardiography, electroencephalography, bicycling, physical activity of adolescents.*

Контактная информация:

Ярыгина Надежда Алексеевна

адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 115;

e-mail: yardar@mail.ru

Поскотинова Лилия Владимировна

адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249;

e-mail: liliya200572@mail.ru

Соснина Елена Андреевна

адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 115;

e-mail: drsossnina@mail.ru

Жернакова Галина Сергеевна

адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 115;

e-mail: gszhernacova@mail.ru