

УДК 612.172.2

Эффекты добавочного дыхательного сопротивления у подростков с повышенным тонусом симпатической нервной системы

Еркудов В.О., Пуговкин А.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2

Изучены закономерности изменения вегетативного компонента регуляции деятельности сердца при включении дозированного дыхания с добавочным сопротивлением (ДДС) у подростков с исходным преобладанием тонуса симпатической нервной системы (ПТСНС).

Методы. В исследовании приняли участие 17 человек, из них 8 юношей и 9 девушек, в возрасте от 14 до 17 лет. Всем добровольцам проводили регистрацию кардиоинтервалограммы с анализом вариабельности сердечного ритма (ВСР) до и во время дыхания с ДДС. Проводили анализ ВСР с выявлением вегетативного тонуса у детей с исходно ПТСНС.

Результаты. Выявлено значимое снижение тонуса симпатической и возрастание тонуса парасимпатической нервной системы у детей с ПТСНС. Результаты работы позволяют прогнозировать изменения вегетативной регуляции деятельности сердца у детей в условиях закрытого помещения с длительно находящимися там людьми.

Ключевые слова: подростки; вариабельность сердечного ритма; добавочное дыхательное сопротивление; тонус вегетативной нервной системы.

Для цитирования: Еркудов В.О., Пуговкин А.П. Эффекты добавочного дыхательного сопротивления у подростков с повышенным тонусом симпатической нервной системы. *Патогенез*. 2019; 17(1): 82-84.

DOI: 10.25557/2310-0435.2019.01.82-84

Для корреспонденции: Еркудов Валерий Олегович, e-mail: verkudov@gmail.com

Финансирование. Исследование не имеет спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 11.10.2018

Effects of additional respiratory resistance in adolescents with increased sympathetic tone

Erkudov V.O., Pugovkin A.P.

St. Petersburg State Pediatric Medical University, Litovskaya Str. 2, St. Petersburg 194100, Russian Federation

Changes in neurogenic regulation of the heart function were studied after the onset of dosed lung ventilation with artificially increased total airway resistance in 8 male and 9 female adolescents aged 14-17 with originally high tone of the sympathetic system. Analysis of cardiointervalography and heart rate variability showed a significant decrease in sympathetic tone and an increase in parasympathetic tone due to the respiration with additional resistance, which can be regarded as a model for prediction of changes in neurogenic regulation of the heart function in children after a lengthy stay in a stuffy, enclosed area.

Key words: adolescents; heart rate variability; additional respiratory resistance; autonomic tone.

For citation: Erkudov V.O., Pugovkin A.P. [Effects of additional respiratory resistance in adolescents with increased sympathetic tone]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2019; 17(1): 82-84 (in Russian)

DOI: 10.25557/2310-0435.2019.01.82-84

For correspondence: Erkudov Valeriy Olegovich, e-mail: verkudov@gmail.com

Funding. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: 11.10.2018

Введение

Дыхание с добавочным сопротивлением (ДДС) можно рассматривать в качестве функциональной пробы, имитирующей условия, возникающие в закрытом помещении при длительном нахождении в нем людей, как это происходит, например, в школьном помещении [1, 2]. Реактивность гемодинамики в ответ на предъявление данной пробы изучена на примере младших школьников, но при этом ДДС не дозировалось [1, 2].

Целью работы являлось изучение изменений нейрогенного компонента регуляции деятельности сердца

при включении дозированного ДДС у подростков с исходным преобладанием тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (ПТСНС).

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено в рамках договора о сотрудничестве между Санкт-Петербургским педиатрическим медицинским университетом и средней общеобразовательной школой №225 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, и одобрено Этическим комитетом при Санкт-Петербургском государственном

педиатрическом медицинском университете (протокол № 3 от 02.10.2017 года). В исследовании приняли участие 17 человек, 8 юношей и 9 девушек в возрасте от 14 до 17 лет – из числа учеников данной школы. Всем испытуемым в положении сидя проводили регистрацию фотоплетизмограммы на I пальце правой руки с применением программно-аппаратного комплекса BioMouse («Биомышь исследовательская КПФ-01b», производства ЗАО «Нейролаб», Россия, Москва), с целью последующего анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). Регистрацию проводили сначала в фоновом режиме, в течение 5 минут. Затем испытуемому предлагали в течение 5 минут дышать через резистивную маску Elevation Training Mask 2.0 (запатентованное устройство [3], имитирующее дыхательное сопротивление, эквивалентное дыхательной недостаточности на высоте 1800 м).

С помощью компьютерной системы сбора и анализа данных «Комплекс BioMouse», версия 3.1, сборка 4120 (редакция 2733), ЗАО «Нейролаб», рассчитывали основные показатели ВСР (таблица). На основании анализа параметров ВСР в условиях покоя и при дыхании через маску осуществляли оценку тонуса вегетативной нервной системы [4]. Заключение о ПТСНС делали при наличии у испытуемого одной из двух комбинаций: 1) величина индекса напряжения (ИН) больше 100 у.е. и мощность диапазона VLF спектра ВСР больше 240 мс²; 2) величина индекса напряжения (ИН) больше 100 у.е. и мощность диапазона VLF спектра ВСР меньше 240 мс² [4]. О преобладании тонуса парасимпатической системы (ПТПНС) свидетель-

ствовала одна из двух комбинаций: 1) либо величина ИН выше 25 у.е. и ниже 100 у.е. и мощность диапазона VLF больше 240 мс²; 2) либо величина ИН ниже 25 у.е. и мощность диапазона VLF больше 500 мс² [4].

Критерием исключения испытуемого из обследования являлось непопадание полученных величин ИН и/или VLF в указанные диапазоны. Реакцию вегетативной нервной системы, оцениваемой по совокупности параметров ВСР в ответ на дыхание в маске, анализировали у подростков, имеющих исходно высокий тонус только симпатической нервной системы, поскольку у подростков с исходно высоким тонусом парасимпатической системы изменений показателей ВСР после воздействия не имело места.

Оценку статистической значимости изменений показателей ВСР после дыхания в маске осуществляли с применением парного Т-критерия Вилкоксона, вычислялась разница псевдомедиан Ходжеса-Лемана до и после воздействия. Вычисления производились с применением встроенных функций Excel из прикладного пакета Microsoft Office 2010; программы статистической обработки данных Past version 2.17, Norway, Oslo, 2012. Все данные представлены в виде: средние значения; нижняя и верхняя граница доверительного интервала для средних значений или средней разницы псевдомедиан.

Результаты исследования и обсуждение

Выявлено долевое соотношение испытуемых с ПТСНС и с ПТПНС как 0,41 (0,18; 0,70) и 0,58 (0,30; 0,82) (доля, нижняя и верхняя граница 95% дове-

Таблица 1.

Изменение вегетативной регуляции сердечного ритма после включения ДДС у подростков с исходно с ПТСНС (средние значения; нижняя и верхняя граница доверительного интервала для средних значений или средней разницы псевдомедиан; значения $p < 0,05$ выделены жирным шрифтом).

Параметр ВСР	До включения ДДС	После включения ДДС	Средняя Δ	<i>p</i>
ЧСС, уд/мин	96,0 (82,8; 109,2)	87,5 (75,3; 9,6)	-7,2 (-17,7; -1,6)	0,031
RR, мс	636 (555; 717)	698 (611; 785)	60 (7; 111)	0,032
МхDMп, мс	237 (206; 269)	696 (386; 1024)	532 (90; 826)	0,030
SDNN, мс	37,1 (28,7; 45,6)	123,3 (34,7; 211,9)	76,4 (10,0; 187,0);	0,039
RMSSD, мс	593 (510; 677)	1100 (650; 1549)	502 (42; 936)	0,039
pNN50, %	3,81 (1,95; 5,68)	15,77 (4,53; 27,01)	10,9 (1,0; 21,5)	0,039
AMo, %	50,20 (39,72; 60,68)	32,95 (24,93; 40,99)	-12,07 (-27,40; -6,70)	0,023
ИН, у.е.	171,4; (101,3; 241,6)	52,0 (7,4; 96,5)	-125,8 (-256,8; -2,0)	0,031
HF, мс ²	749 (594; 905)	1529 (860; 2200)	784 (202; 1422)	0,032
HF, %	37,8 (32,8; 42,8)	33,6 (21,5; 45,8)	-4,0 (-19,2; 10,0)	0,690
LF, мс ²	718 (515; 922)	1517 (885; 2149)	782 (352; 1211)	0,023
LF, %	39,4 (35,4; 43,4)	34,3 (23,8; 44,8)	-5,4 (-13,8; 3,6)	0,225
VLF, мс ²	366 (223; 510)	130 (184; 242)	1041 (-143; 2335)	0,473
VLF, %	17,8 (14,5; 21,0)	20,9 (11,5; 30,4)	4,2 (-8,9; 16,5)	0,581
ULF, мс ²	99,4 (75,8; 123,1)	751,6 (-101,8; 16,15)	495,1 (-27,0; 1610,0)	0,163
ULF, %	5,1 (4,0; 6,2)	11,2 (1,8; 20,6)	3,9 (-1,9; 16,4)	0,302
TP, мс ²	1904 (1421; 2396)	5102 (2339; 7864)	3262 (84; 6401)	0,016

рительного интервала для доли) — по отношению к общему числу обследованных детей. Анализ данных показал, что при дыхании с добавочным сопротивлением у детей с ПТСНС имеют место статистически значимое увеличение значений средней длительности межсистолических интервалов (RR), статистических показателей ВСП MxDMn, RMSSD, pNN50%, SDNN, общей мощности спектра ВСП (TP) и мощности диапазона низких частот (LF). При этом обнаружено снижение значений статистических показателей ВСП АМо и стресс-индекса (ИН), и частоты сердечных сокращений (ЧСС) (таблица).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об эффекте увеличения акцента парасимпатической регуляции и снижении симпатической составляющей вегетативного тонуса при дыхании с добавочным сопротивлением, что соответствует предположениям, сформулированным в литературе [1, 2]. Одним из возможных механизмов подобной реакции можно считать афферентные влияния с рецепторов растяжения легких на возбудимость центра блуждающего нерва, имеющее двухфазный характер [5]. Во время первой фазы сниженный из-за добавочного сопротивления дыхательный объем является причиной уменьшения тормозного влияния афферентной нагрузки на рецепторы растяжения легких, растормаживания инспираторных механизмов дыхательного центра, и, как следствие, увеличения продолжительности вдоха [5, 6]. Углубленное дыхание способствует усиленному раздражению рецепторов растяжения легких, которые связаны прямыми анатомическими связями с центром блуждающего нерва, усиленная афферентная нагрузка на который способствует возрастанию его тонуса, в том числе, и в отношении сердца [5].

Заключение

В работе предпринята попытка поиска закономерности реакции вегетативных регуляторных механизмов регуляции деятельности сердца при предъявлении ДД — пробы, имитирующей закрытое пространство с большим скоплением людей, у подростков с ПТСНС. Результаты исследования могут быть полезны в качестве прогностического механизма изменения вегетативного тонуса в данных условиях, к примеру, в отношении возможного возникнове-

ния синкопальных состояний вазовагального генеза в течение урока.

Список литературы

1. Панкова Н.Б., Карганов М.Ю. Результаты применения функциональной пробы с увеличением «мертвого» дыхательного пространства для оценки функциональной зрелости сердечно-сосудистой системы подростков. *Новые исследования*. 2009; 3 (20): 44-55.
2. Труханов А.И., Панкова Н.Б., Хлебникова Н.Н., Карганов М.Ю. Использование метода спироартериокардиографии в качестве функциональной пробы для оценки состояния кардиореспираторной системы взрослых и детей. *Физиология человека*. 2007; 33(5): 82-92.
3. Danford C.J. *High performance ventilatory training mask incorporating multiple and adjustable air admittance valves for replicating various encountered altitude resistances*. Patent USA US9067086B2; 2015
4. Шлык Н.И. *Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов*. Ижевск.: Издательство Удмуртского государственного университета, 2009. 254 с.
5. Александрова Н.П., Бреслав И.С. Дыхательные мышцы человека: три уровня управления. *Физиология человека*. 2009; 35(2): 103-111.
6. Сегизбаева М.О., Александрова Н.П. Влияние тренировки с использованием дыхательного тренажера Elevation Training Mask 2.0 на функциональный резерв респираторной мускулатуры. *Физиология человека*. 2018; 44(6): 59-66.

References

1. Pankova N.B., Karganov M.Yu. [The results of using functional test with increased «dead» breathing space for evaluation of functional maturity of cardiovascular system in adolescents]. *Novye issledovaniya. [New researches]*. 2009; 3 (20): 44-55. (in Russian)
2. Trukhanov A.I., Pankova N.B., Khlebnikova N.N., Karganov M.Yu. [The use of spiroarteriocardiorhythmography as a functional test for estimating the state of the cardiorespiratory system in adults and children]. *Fiziologija cheloveka. [Human Physiology]*. 2007; 33(5): 82-92. (in Russian)
3. Danford C.J. *High performance ventilatory training mask incorporating multiple and adjustable air admittance valves for replicating various encountered altitude resistances*. Patent USA US9067086B2; 2015
4. Shlyk N.I. [Heart rate and regulation type of children, teenagers and sportsmen]. Izhevsk.: Udmurt State University, 2009. 254 (in Russian)
5. Aleksandrova N.P., Breslav I.S. [Human respiratory muscles: Three levels of control]. *Fiziologija cheloveka. [Human Physiology]*. 2009; 35(2): 103-111. (in Russian)
6. Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P. [Effect of the Elevation Training Mask on the functional outcomes of the respiratory muscles]. *Fiziologija cheloveka. [Human Physiology]*. 2018; 44(6): 59-66. (in Russian)

Сведения об авторах:

Еркудов Валерий Олегович — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры нормальной физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Пуговкин Андрей Петрович — доктор биологических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры нормальной физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации