



Вариационный размах кардиоинтервалов при фиксированном темпе дыхания у юношей и девушек Арктической зоны Российской Федерации (на примере Архангельской области)

Лилия Владимировна Поскотинова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>

Анна Вячеславовна Уханова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9083-9931>

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова
Уральского отделения Российской академии наук
(Архангельск, Россия)

Аннотация. Проба с фиксированным темпом дыхания с частотой 6 дыхательных циклов в минуту (ФТД) представляет собой тест для выявления снижения резервов vagusной регуляции кардиореспираторной системы, однако вопрос нормирования вариационного размаха кардиоинтервалов при данном тесте у молодых жителей Арктической зоны Российской Федерации остается открытым. Цель исследования – определить перцентильные диапазоны вариационного размаха кардиоинтервалов (MxRMn), временных и спектральных показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) у 16–18-летних жителей севера Архангельской области при пробе с ФТД. **Материалы и методы.** Обследованы 253 здоровых юношей и девушек в возрасте 16–18 лет, проживающих на арктических (и приравненных к ним) территориях Архангельской области, с регистрацией параметров ВСР в фоне (5 мин) и при ФТД (5 мин) с помощью прибора «Варикард» (ООО ИВНМТ «Рамена», Россия). Определялись перцентили (p10, p25, p75, p90) MxRMn, показатели артериального давления и ВСР с учетом пола. **Результаты.** При пробе с ФТД у юношей медиана и диапазон p10–p90 показателя MxRMn были значимо выше (1,75 [1,49; 2,06] мс), чем у девушек (1,69 [1,45; 1,98] мс, $p < 0,05$). Эти данные зарегистрированы на фоне более высоких приростов показателей ВСР, отражающих vagusную регуляцию, и более низкого прироста показателя низкочастотной ВСР у юношей в сравнении с девушками ($p < 0,05$). Падение MxRMn при тесте с ФТД ниже 1,49 мс у юношей и ниже 1,45 мс у девушек 16–18 лет отражает риск нарушений вегетативной регуляции кардиореспираторной системы. Предложены нормативные интервалы значений MxRMn для лиц 16–18 лет.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, фиксированный темп дыхания, молодые жители Архангельской области, Арктическая зона Российской Федерации, норма вариационного размаха кардиоинтервалов

© Поскотинова Л.В., Уханова А.В., 2025

Ответственный за переписку: Лилия Владимировна Поскотинова, адрес: 163029, г. Архангельск, просп. Никольский, д. 20; e-mail: liliya200572@mail.ru

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук № 125022002730-2.

Для цитирования: Поскотинова, Л. В. Вариационный размах кардиоинтервалов при фиксированном темпе дыхания у юношей и девушек Арктической зоны Российской Федерации (на примере Архангельской области) / Л. В. Поскотинова, А. В. Уханова // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 442-452. – DOI 10.37482/2687-1491-Z265.

Original article

Cardiac Interval Variation During Slow-Paced Breathing in Young Residents of the Arctic Zone of the Russian Federation (Arkhangelsk Region)

Liliya V. Poskotinova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>
Anna V. Ukhanova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9083-9931>

*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(Arkhangelsk, Russia)

Abstract. Slow-paced breathing (SPB) test at 6 respiratory cycles per minute is used to identify reduced vagal regulation of the cardiorespiratory system. However, no standard variation range of cardiac intervals during this test in young residents of the Arctic aged 16–18 years has been established. The **purpose** of this study was to determine the percentile ranges of the variation of cardiac intervals (MxRMn) as well as of time-domain and spectral heart rate variability (HRV) parameters during SPB in 16- to 18-year-olds living in the northern part of the Arkhangelsk Region. **Materials and methods.** The study involved 253 healthy male and female subjects aged 16–18 years living in the Arctic areas (and those equated thereto) of the Arkhangelsk Region. Their HRV parameters were recorded at baseline (5 minutes) and during SPB (5 minutes) using Varikard equipment (Ramena, Russia). MxRMn percentiles (p10, p25, p75, p90), blood pressure and HRV parameters were determined and controlled for sex. **Results.** During SPB in male subjects, MxRMn median and p10–p90 range were significantly higher (1.75 [1.49; 2.06] ms) compared to those in female subjects (1.69 [1.45; 1.98] ms, $p < 0.05$). These values were accompanied by a greater increase in HRV parameters reflecting vagal regulation and by a smaller increase in the low-frequency HRV component in males compared to females ($p < 0.05$). A decrease in the MxRMn parameter during SPB below 1.49 ms in young men and below 1.45 ms in young women aged 16–18 years reflects a risk of dysfunction in the autonomic regulation of the cardiorespiratory system. Normative intervals of MxRMn values for individuals aged 16–18 years were proposed.

Corresponding author: Liliya Poskotinova, address: prosp. Nikol'skiy 20, Arkhangelsk, 163029, Russia; e-mail: liliya200572@mail.ru

Keywords: heart rate variability, slow-paced breathing, young population of the Arkhangelsk Region, Arctic zone of the Russian Federation, normal variation range of cardiac intervals

Funding. The research was carried out within the framework of the state assignment of N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences No. 125022002730-2.

For citation: Poskotinova L.V., Ukhanova A.V. Cardiac Interval Variation During Slow-Paced Breathing in Young Residents of the Arctic Zone of the Russian Federation (Arkhangelsk Region). *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 442–452. DOI: 10.37482/2687-1491-Z265

Проживание в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) сопровождается напряжением регуляторных систем организма человека, прежде всего вегетативной регуляции кардиореспираторной системы [1]. Адаптивные типы реагирования данной системы на дискомфортную среду обитания у северян формируются как онтогенетически, так и путем накопления адаптивного резерва через предыдущие поколения жителей этой же местности [2].

По общемировым критериям возраст до 19 лет расценивается как подростковый, хотя процесс формирования регуляторных систем молодого человека может продолжаться до 20 лет [3]. В связи с омоложением сердечно-сосудистой патологии среди населения большинства стран мира [4], важно именно в возрасте активного взросления оценивать функциональный резерв вегетативной регуляции сердечного ритма, прежде всего реактивность вагусной регуляции сердечного ритма, которая оценивается при функциональных нагрузках.

Проба с фиксированным темпом дыхания с частотой 6 дыхательных циклов в минуту (ФТД) представляет собой информативный тест, при котором увеличение соотношения максимального и минимального кардиоинтервалов отражает достаточность включения барорефлекторных механизмов и активацию вагусных влияний на сердечный ритм [5, 6]. Данный темп определяет переход на более глубокое дыхание и максимальное вовлечение вагусной рецепции, особенно из области диафрагмы, что используется при немедикаментозной коррекции стресс-обусловленных нарушений.

Норматив показателя соотношения максимального и минимального кардиоинтервалов ($MxRMn$), который рассчитывается по короткой записи кардиоинтервалограммы (до 5 мин), известен значением выше 1,3 мс [7], однако традиционно оно используется для взрослых, причем независимо от пола. Вопрос о нормировании $MxRMn$ у здоровых молодых людей с незавершенными процессами возрастного формирования кардиореспираторной системы и вегетативного тонуса, особенно родившихся и постоянно проживающих в дискомфортных условиях Арктики, остается открытым.

Цель настоящей работы – определение статистических диапазонов колебаний $MxRMn$, а также других показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) и артериального давления при выполнении теста с ФТД у здоровых 16–18-летних людей обоего пола, проживающих на арктических территориях Архангельской области.

Материалы и методы. В эксперименте участвовали 253 человека (104 юноши и 149 девушек) в возрасте от 16 до 18 лет. Все они являлись учащимися 10–11-х классов общеобразовательных школ и студентами I–II курсов учреждений среднего специального и высшего образования. Критерии включения в выборку: возраст от 16 до 18 лет; рождение участника и его родителей на территории Архангельской области и проживание в АЗРФ (г. Архангельск, г. Северодвинск, г. Мезень); принадлежность к 1–2-й группам диспансерного наблюдения в медицинском учреждении (здоровые на момент исследования); добровольное информированное согласие. Крите-

рии исключения: наличие на момент исследования острых инфекционных заболеваний или хронической патологии, требующей постоянного диспансерного наблюдения у специалистов; индекс массы тела (ИМТ, кг/м²) меньше или больше значений, входящих в диапазоны $+/- 2SD$ референтных значений ИМТ возрастных норм, разработанных Всемирной организацией здравоохранения¹, тахикардия покоя выше 110 уд./мин², артериальное давление выше 140/90 мм рт. ст. Соответствие критериям включения оценивалось путем сбора анамнеза и с использованием данных медицинских карт студентов и учащихся школ, а также антропометрических данных. Все исследования выполнены в период с 2023 по 2025 год.

Обследование проводилось в условиях кабинета при комнатной температуре, в положении сидя и состоянии комфорта, в первой половине дня. У участников эксперимента с помощью прибора «Варикард» (ООО ИВНМТ «Рамена», Россия) и электродных датчиков электрокардиографии I стандартного отведения регистрировались параметры ВСР в фоне (5 мин) и при ФТД (5 мин) под визуальным контролем монитора участником исследования с оповещением о начале вдоха и визуальным контролем исследователя экскурсии грудной клетки участника исследования.

Оценивались следующие параметры ВСР: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин); индекс напряжения (ИН, у. е.); доля соседних кардиоинтервалов NN в записи, отличающихся более чем на 50 мс (pNN50, %); среднеквадратичная разностная характеристика всего объема кардиоинтервалов (RMSSD, мс); отношение максимального кардиоинтервала к минимальному (MxRMn); общая спектральная мощность ВСР в диапазонах 0,4–0,15 Гц

(HF, %), 0,15–0,04 Гц (LF, %) и 0,04–0,015 Гц (VLF, %); приросты показателей ВСР (%), рассчитанные по формуле $X_{\text{ФТД}}/100/X_{\text{фон}}$, где $X_{\text{ФТД}}$, $X_{\text{фон}}$ – значение показателя при ФТД и фоновое значение соответственно. До и после регистрации ВСР измерялись систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД, мм рт. ст.) с помощью автоматического тонометра Omron M2 Basic (Omron, Китай).

Статистическая обработка данных проводилась в программе Statistica 12.0 (StatSoft, США), с определением средних арифметических величин (*Mean*), стандартного отклонения (*SD*), медианы (*Me*), перцентилей, отражающих значения 10, 25, 75 и 90 % выборки (p10, p25, p75 и p90 соответственно). Поскольку распределение данных не подчинялось закону нормального распределения (по критерию Шапиро–Уилка), использованы непараметрические методы оценки уровней значимости различий независимых (критерий Манна–Уитни) и зависимых (критерий Уилкоксона) выборок ($p < 0,05$), а также критерий значимости Спирмена ($p < 0,05$). Применялся критерий χ^2 для оценки статистической значимости различий процентных долей и приростов значений при ФТД по отношению к фоновым значениям ($p < 0,05$).

Данное исследование было одобрено локальным этическим комитетом Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук (протокол № 10 от 21.11.2022). Все проводимые процедуры соответствовали требованиям Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 года).

Результаты. Значения роста и массы тела были закономерно выше у юношей по сравнению с девушками, что отражает очередной по-

¹BMI-for-Age (5–19 Years) // World Health Organization: [офиц. сайт]. URL: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age> (дата обращения: 15.07.2025).

²Макаров Л.М., Комолятова В.Н., Киселева И.И., Федина И.И., Беспорточный Д.А., Дмитриева А.В., Зокиров Н.З. Нормативные параметры ЭКГ у детей: метод. рекомендации М.: Медпрактика-М, 2018. 20 с.

стовой скачок в развитии скелетно-мышечной системы у лиц мужского пола в возрасте 16–18 лет (*табл. 1*).

Согласно данным *табл. 2*, фоновые значения САД были выше, а ДАД – ниже у юношей, чем у девушек, что отражает более выраженное

чимое смещение доминирующей частоты волн кардиоритмограммы с высокочастотного в низкочастотный спектр ВСР ($p < 0,01$). При ФТД у девушек артериальное давление уменьшалось, но в большей степени систолическое, в отличие от юношей, у которых на-

Таблица 1

Показатели антропометрии юношей и девушек Архангельской области в возрасте 16–18 лет, Me [p25; p75]
Anthropometric parameters of young men and women of the Arkhangelsk Region aged 16–18 years, Me [p25; p75]

Показатель	Юноши ($n = 104$)	Девушки ($n = 149$)	p (критерий Манна–Уитни)
Возраст, годы	17,0 [16,0; 18,0]	17,0 [16,0; 18,0]	0,061
Рост, см	180,0 [175,0; 184,0]	165,0 [160,0; 170,0]	<0,001
Масса тела, кг	70,0 [62,0; 76,0]	55,0 [50,0; 60,0]	<0,001
ИМТ, кг/м ²	21,6 [19,7; 23,3]	20,3 [18,7; 21,9]	<0,001

пульсовое давление у лиц мужского пола. Несмотря на то, что более высокая фоновая ЧСС наблюдалась у девушек, параметры ВСР не отразили у них значимого преобладания симпатических влияний на ритм сердца по сравнению с юношами. Доли лиц с фоновой ЧСС = 81–109 уд./мин, отражающей умеренную тахикардию покоя [8], у девушек (7,4 %) и юношей (3,8 %) были статистически одинаковыми ($p > 0,05$). Межквартильный размах ИН отражал преобладание в выборке юношей и девушек лиц с нормотонией (p75 не выше 150 у. е.). Показатель HF был ниже у юношей, однако это, возможно, связано с большой долей лиц с низкой частотой дыхания (менее 9 дыхательных циклов в минуту), что отражает не снижение вагусных влияний на ритм сердца, а математическое смещение доминирующего пика дыхательных волн в низкочастотный диапазон при медленном дыхании [7].

При ФТД происходило закономерное увеличение MxRMn у лиц обоего пола, но статистически более выраженное у юношей ($p < 0,05$). При этом у них более значимо повышались показатели вагусной активности, такие как MxRMn и RMSSD ($p < 0,05$). В тоже время у девушек происходило более зна-

чимое снижение САД и подъем ДАД в пределах физиологических значений.

Приросты вагусных показателей (MxRMn, RMSSD) при пробе с ФТД (*рис. 1*, см. с. 448) были значимо выше у юношей за счет больших значений p90. Приросты MxRMn в диапазоне p10–p90 у юношей были от 100 до 132 %, а у девушек – от 95,0 до 129,7 % относительно фонового значения. Приросты RMSSD у юношей – от 90 до 249 %, а у девушек – от 78 до 212 % относительно фонового значения. Таким образом, среди девушек была большая доля лиц, у которых не увеличивались, а снижались вагусные показатели при ФТД (прирост менее 100 %). При этом именно у девушек значимо больше был прирост показателя LF, который отражает барорефлекторную реактивность (p90 = 302 %, т. е. наблюдалось повышение более чем в 2 раза по сравнению с фоновым значением, тогда как у юношей p90 = 249 %). В среднем (по медиане) приросты LF у юношей при ФТД были на 64 %, а у девушек – на 80 % выше фонового значения.

Результаты корреляционного анализа отражают значимость исходных, фоновых параметров и параметров при ФТД, определяющих прирост MxRMn при ФТД (*рис. 2*, см. с. 448). Показано, что у юношей прирост дан-

Таблица 2

**Показатели сердечно-сосудистой системы при ФТД юношей и девушек Архангельской области
в возрасте 16–18 лет, *Ме* [p25; p75]**

**Cardiovascular parameters during slow-paced breathing in young men and women of the Arkhangelsk Region
aged 16–18 years, *Ме* [p25; p75]**

Показатель	Фон	ФТД	<i>p</i> (критерий Уилкоксона)
<i>Юноши (n = 104)</i>			
САД, мм рт. ст.	123,0 [115,0; 129,0]***	116,0 [110,0; 123,5]***	<0,001
ДАД, мм рт. ст.	71,0 [66,0; 76,0]*	73,0 [67,5; 77,0]	0,011
ЧСС, уд./мин	76,8 [70,3; 84,1]**	81,3 [74,6; 87,8]	<0,001
MxRMn, мс	1,50 [1,39; 1,62]	1,75 [1,58; 1,94]*	<0,001
RMSSD, мс	38,5 [26,8; 54,6]	59,4 [43,7; 80,6]*	<0,001
pNN50, %	18,9 [6,1; 32,1]	28,1 [16,7; 41,0]	<0,001
ИН, у. е.	69,9 [43,8; 131,7]	43,1 [29,1; 75,3]	<0,001
HF, %	24,3 [17,6; 35,2]*	12,3 [8,6; 16,4]**	<0,001
LF, %	49,1 [39,3; 61,9]	84,0 [78,3; 87,0]**	<0,001
VLF, %	20,7 [13,4; 29,6]	3,6 [2,1; 6,3]	<0,001
<i>Девушки (n = 149)</i>			
САД, мм рт. ст.	113,0 [107,0; 121,5]	103,0 [97,0; 110,0]	<0,001
ДАД, мм рт. ст.	73,0 [68,0; 78,0]	70,5 [67,0; 75,0]	0,109
ЧСС, уд./мин	80,9 [73,8; 88,6]	83,6 [76,9; 88,5]	<0,001
MxRMn	1,50 [1,42; 1,61]	1,69 [1,57; 1,82]	<0,001
RMSSD, мс	38,5 [29,6; 57,3]	51,6 [38,2; 71,2]	<0,001
pNN50, %	18,1 [8,3; 38,0]	25,8 [14,0; 37,4]	<0,001
ИН, у. е.	79,5 [40,1; 131,0]	51,2 [32,7; 84,6]	<0,001
HF, %	29,1 [20,0; 38,3]	9,4 [6,4; 14,3]	<0,001
LF, %	46,8 [40,6; 54,6]	85,8 [79,9; 90,2]	<0,001
VLF, %	20,1 [14,0; 26,8]	3,8 [2,0; 6,2]	<0,001

Примечание. Установлены статистически значимые отличия от девушек (по критерию Манна–Уитни): * – при *p* < 0,05; ** – при *p* < 0,01; *** – при *p* < 0,001.

ного показателя положительно коррелировал с ростом, показателями вагусной регуляции при ФТД (RMSSD; pNN50; HF, %) и их приростами, а также отрицательно – с ИМТ, ИН и показателем сверхнизкочастотной части ВСР (VLF, %). У девушек большинство корреляционных взаимосвязей прироста MxRMn при ФТД повторяли таковые закономерности, но в отличие от юношей наблюдались

отрицательные связи только с массой тела и ИМТ, а также положительная связь с фоновыми ИН.

Таким образом, прирост MxRMn при ФТД у молодых людей, проживающих в Архангельской области, с преобладающей нормотонией как по данным ВСР, так и по уровню артериального давления, среди юношей мало зависит от исходных параметров артериального давле-

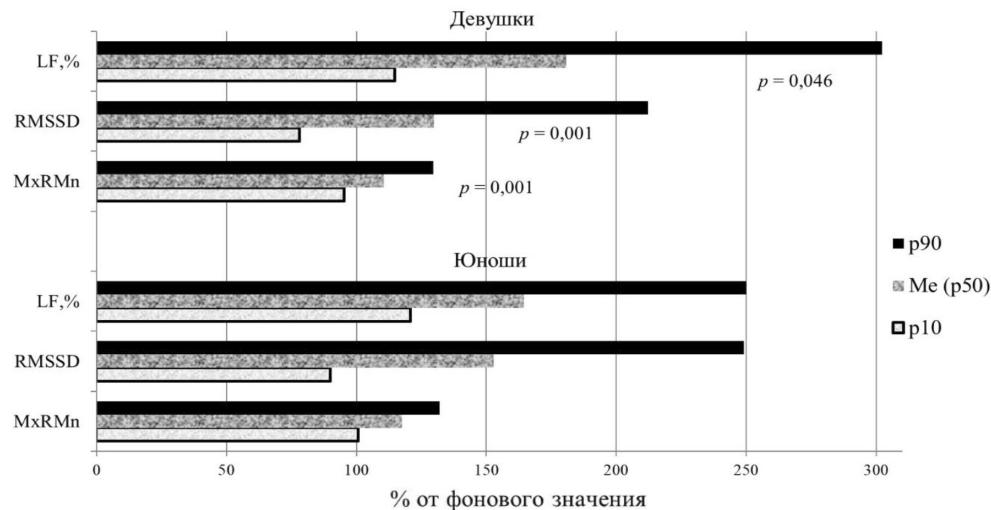


Рис. 1. Приrostы показателей ВСР при пробе с ФТД (фон принимался за 100 %) у девушек и юношей 16–18 лет, проживающих в Архангельской области: уровни статистической значимости между группами рассчитаны по критерию χ^2

Fig. 1. Increases in HRV parameters during slow-paced breathing (baseline is 100 %) in young men and women aged 16–18 years living in the Arkhangelsk Region: statistical significance of between-group differences was calculated using the χ^2 test

ния и вегетативного тонуса, но у девушек достаточная фоновая симпатическая активность необходима для оптимального включения барорефлекса и подъема вариационного размаха кардиоинтервалов при ФТД. Также у девушек 16–18 лет подъем MxRMn при ФТД в большей степени определяется только отсутствием избыточной массы тела, минимизируя метабо-

лические факторы кардиореспираторных нарушений. У юношей подъем MxRMn при ФТД также положительно связан с ростом показателем, влияющим на развитие внутренних органов и сосудов, объемов легких и сердца. Не выявлено юношей с MxRMn при ФТД ниже 1,3 мс как рекомендуемого предела для молодых взрослых лиц, а у девушек MxRMn менее 1,3 мс зарегистрировано

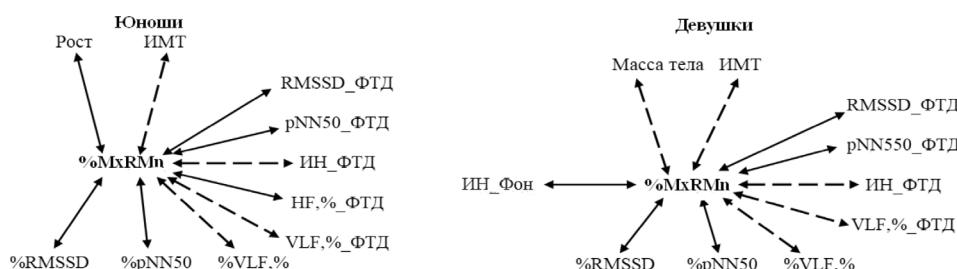


Рис. 2. Корреляционные взаимосвязи ($p < 0,05$) прироста MxRMn при пробе с ФТД по отношению к фоновому значению (%MxRMn) и показателей ВСР, антропометрических параметров у юношей и девушек 16–18 лет, проживающих в Архангельской области: сплошные стрелки – положительные корреляционные взаимосвязи; пунктирные стрелки – отрицательные корреляционные взаимосвязи

Fig. 2. Correlations ($p < 0.05$) between the increase in MxRMn during slow-paced breathing compared to baseline (%MxRMn) and HRV and anthropometric parameters in young men and women aged 16–18 years living in the Arkhangelsk Region: solid arrows – positive correlations; dashed arrows – negative correlations

у 3 чел., что расценивается как снижение резервов вагусной регуляции сердечного ритма [7]. При этому 8 юношей (7,7 %) и 24 девушек (16,1 %) произошло уменьшение MxRMn при ФТД (прирост менее 100 % относительно фона), что также свидетельствует о снижении резервов вагусной регуляции сердечного ритма.

На основании полученных данных предложены перцентильные диапазоны значений MxRMn при ФТД у молодых жителей Архангельской области (табл. 3).

Таблица 3

**Распределение значений MxRMn (мс)
при пробе с ФТД у жителей Архангельской области
в возрасте 16–18 лет**

**Distribution of MxRMn values (ms)
during a slow-paced breathing test in residents
of the Arkhangelsk Region aged 16–18 years**

Группа	Mean	SD	Me	p10	p90
Юноши	1,77	0,23	1,75	1,49	2,06
Девушки	1,70	0,22	1,69	1,45	1,98

Обсуждение. Показано, что при выполнении пробы с ФТД (6 дыхательных циклов в минуту), несмотря на схожие p10–p90 MxRMn, у 16–18-летних жителей Архангельской области наблюдались значимые половые различия изменений данного показателя, а главное – вегетативного фона, при котором происходили данные изменения.

По литературным данным, у здоровых мужчин 17–22 лет не происходит значимого изменения артериального давления на фоне увеличения ЧСС при такой же пробе с ФТД [8]. По-видимому, уже в возрасте 18–22 лет наблюдается некоторое снижение реактивности барорефлекса и колебаний газов крови, отражающих кислотно-основный баланс, что приводит к минимизации колебаний артериального давления при управляемом медленном глубоком дыхании.

Значения нижнего перцентиля (p10) диапазона распределения MxRMn при ФТД соответствовали рекомендуемой норме для здоровых

взрослых молодых людей – выше 1,3 мс [7]. Однако согласно литературным данным, в среднем значения MxRMn более высокие у лиц юношеского возраста (16–18 лет), чем у лиц старше 18 лет [7]. Это обуславливает необходимость формирования возрастных нормативов для данного теста.

Снижение вагусных резервов вегетативной регуляции сердечного ритма констатировано по другому критерию – падению MxRMn при пробе с ФТД в сравнении с фоном, преимущественно у девушек. Меньшие вагусные значения при ФТД в данной группе указывают также и на методическую проблему – выраженное затруднение при выполнении теста при столь низкой частоте дыхания. Во-первых, это может отражать особенности женского организма – экскурсия преимущественно верхних и средних отделов легких и относительный дефицит вовлечения нижних отделов, необходимого для адекватной стимуляции вагусных окончаний в области диафрагмы. Вследствие возрастного несовершенства дыхательных объемов и механизмов вентиляции нижних отделов легких, именно в данном возрасте у девушек может возникать дополнительное напряжение кардио-респираторной системы вместо достижения свободного медленного и глубокого дыхания. Во-вторых, у девушек эмоциональность может обусловить и более выраженную реактивность симпатоадреналовой системы. В литературе показано, что в 17 лет у молодых людей наблюдается наиболее сильная корреляция уровня норадреналина и ЧСС, а темперамент холерика у девушек 16 лет связан с повышением фоновой ЧСС до 85 уд./мин [9]. Таким образом, активация барорефлекса у девушек происходит с более высокой реактивностью, чем у юношей, что отражено в более выраженном сдвиге из высоких в медленные частоты ВСР при ФТД.

С учетом вклада как вагусных, так и симпатических влияний в LF очевидно, что у девушек вклад симпатоадреналового компонента в LF при выполнении пробы с ФТД будет выше, чем у юношей, данный факт также подтверж-

ден прямой корреляционной зависимостью прироста MxRMn с исходным ИН у девушек. В литературе показано, что при пробе с ФТД у здоровых взрослых лиц LF должен в норме повышаться на 70–80 % относительно фона, что отражает достаточную мощность вазомоторного центра [10]. В нашем исследовании у юношей медиана повышения LF относительно фона составила 64 %, а у девушек – 81 %, что в среднем соотносится с литературными данными, однако диапазоны такого повышения имели большие перцентильные размахи, а приросты были в 1,5–2 раза выше фоновых значений. В нашей предыдущей работе также показаны более высокие приросты показателя LF при ортопробе у молодых людей предыдущего поколения (2002–2003 годы), проживавших в том же регионе (Приморский район Архангельской области), в сравнении с жителями южных районов Архангельской области, особенно у девушек в возрасте 16–17 лет, что обусловлено высокой амплитудой динамических адаптивных изменений барорефлекторной активности в течение года [1]. Относительно более высокие приросты LF при ФТД у девушек могут также являться у некоторых участниц признаками гипервентиляции и гипокапнии, при которых для компенсации низкой частоты дыхания и возможной дыхательной гипоксии приходится дышать с резким вдохом, избыточной глубиной вдоха и выдоха и периодами апноэ. После такой пробы может наблюдаться головокружение, сопровождаемое выраженным снижением артериального давления.

В условиях АЗРФ наблюдается северная специфика дыхательной функции как у мужчин, так и у женщин. А.Б. Гудков с соавт. предположили, что необходимый уровень минутного объема дыхания у здоровых молодых женщин достигается не только за счет дыхательного объема, но и за счет частоты дыхания, что отражает меньшую экономичность в деятельности дыхательной системы по сравнению с мужчинами [1]. При этом более тесная взаимосвязь дыхательного объема и объема форсированного выдоха с частотой дыхания, чем у мужчин, отра-

жает более выраженную изменчивость проходимости дыхательных путей [1], а значит, и более значимую роль фактора частоты дыхания в обеспечении эффективности кардиореспираторной системы у жительниц Севера.

Вышеуказанные особенности дыхания молодых женщин дают основание для пересмотра рекомендуемой частоты дыхания для проведения пробы с ФТД у девушек 16–18 лет – не 6, а 7 или 8 дыхательных циклов в минуту. Этого достаточно для активизации барорефлекса без дополнительного напряжения симпатоадрено-ловой системы. Такой постепенный переход к глубокому и редкому дыханию был бы более физиологичным для многократных дыхательных тренировок с целью снижения эффекта гипервентиляции и гиперреактивности барорефлекса при психоэмоциональных нарушениях [12]. В целом широкий размах значений LF при пробе с ФТД хоть и дает ценную информацию о колебаниях барорефлекторной активности, но ставит под сомнение необходимость использования прироста LF как нормативного показателя при пробе с ФТД у здоровых лиц 16–18 лет. Информативность прироста LF при ФТД как отражения мощности вазомоторного центра может быть более высокой у лиц с клинически выраженным нарушением функций дыхания, сосудистой регуляции (с артериальной гипер- или гипотензией) и проводимости миокарда, что требует дальнейших сравнительных исследований. Существенное снижение процентного вклада VLF-волн в тесте с ФТД и отрицательные корреляционные связи данного показателя с приростом MxRMn отражают сохранность гемодинамического резерва сердца, т. к. нарастание показателя VLF при данном виде пробы может свидетельствовать о сердечной недостаточности [13].

Полученные результаты являются обоснованием для разработки возрастных вариантов нормирования значений MxRMn при пробе с ФТД в различных перцентильных диапазонах у молодых людей с учетом пола, что и предложено в настоящем исследовании. Снижение

показателя MxRMn при ФТД ниже 1,49 мс у юношей и 1,45 мс у девушек 16–18 лет наравне с лицами, у кого не произошло повышения вариационного размаха кардиоинтервалов, отражает риск нарушений вегетативной регуляции кардиореспираторной системы. Возможным ограничением применения полученных результатов может быть отсутствие анализа физической выносливости у молодых

лиц, который будет выполнен на более представительной выборке участников. В перспективе планируются сравнительные исследования вариационного размаха кардиоинтервалов и сердечно-сосудистых параметров у молодых людей в возрасте 16–18 лет с включением группы лиц с ограничениями физической активности и нарушениями кардиореспираторной системы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Список литературы

1. Гудков А.Б., Попова О.Н., Ефимова Н.В., Смолина В.С., Щербина Ю.Ф., Авдышиоев И.О. Сезонная функциональная организация деятельности системы внешнего дыхания у молодых лиц в Арктической зоне Российской Федерации // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 3. С. 367–372. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z157>
2. Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Оценка кардиогемодинамических показателей у детей Крайнего Севера и Сибири // Экология человека. 2017. № 2. С. 10–16. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-2-10-16>
3. Sawyer S.M., Azzopardi P.S., Wickremarathne D., Patton G.C. The Age of Adolescence // Lancet Child Adolesc. Health. 2018. Vol. 2, № 3. P. 223–228. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(18\)30022-1](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(18)30022-1)
4. Sun J., Qiao Y., Zhao M., Magnussen C.G., Xi B. Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases in Youths and Young Adults Aged 15–39 Years in 204 Countries/Territories, 1990–2019: A Systematic Analysis of Global Burden of Disease Study 2019 // BMC Med. 2023. Vol. 21. Art. № 222. <https://doi.org/10.1186/s12916-023-02925-4>
5. Leganes-Fonteneau M., Bates M.E., Muzumdar N., Pawlak A., Islam S., Vaschillo E., Buckman J.F. Cardiovascular Mechanisms of Interoceptive Awareness: Effects of Resonance Breathing // Int. J. Psychophysiol. 2021. Vol. 169. P. 71–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2021.09.003>
6. Кочеткова И.В., Черных Т.М. Влияние ингибитора I_f -каналов на показатели вариабельности ритма сердца у пациентов после аорто-коронарного шунтирования при пробе с фиксированным темпом дыхания // Рос. кардиол. журн. 2017. Т. 22, № 3. С. 91–96. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-91-96>
7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму). Иваново: Нейрософт, 2017. 516 с.
8. Калабин О.В., Кушкова Н.Е., Спицин А.П. Изменение показателей центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у спортсменов-пауэрлифтеров и здоровых добровольцев в условиях управляемого дыхания // Новые исследования. 2012. № 3(32). С. 62–73.
9. Китаева М.А., Русланова С.И. Показатели сердечно-сосудистой системы подростков 11–17 лет с разным типом темперамента // Успехи соврем. естествознания. 2014. № 5. С. 77–80.
10. Патент № 2510621 С1 Российская Федерация, МПК A61B 5/02 (2006.01). Способ комплексной оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях: № 2013103999/14: заявл. 30.01.2013: опубл. 10.04.2014 / Орлов О.И., Берсенев Е.Ю., Баевский Р.М., Прилуцкий Д.А., Берсенева А.П.
11. Поскотинова Л.В. Вегетативная регуляция ритма сердца и эндокринный статус молодежи в условиях Европейского Севера России. Екатеринбург: Урал. отд-ние РАН, 2010. 232 с.

12. Szulczewski M.T. Training of Paced Breathing at 0.1 Hz Improves CO₂ Homeostasis and Relaxation During a Paced Breathing Task // PLoS One. 2019. Vol. 14, № 6. Art. № e0218550. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218550>

13. Radaelli A., Mancia G., Balestri G., Bonfanti D., Castiglioni P. Respiratory Patterns and Baroreflex Function in Heart Failure // Sci. Rep. 2023. Vol. 13, № 1. Art. № 2220. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29271-y>

References

1. Gudkov A.B., Popova O.N., Efimova N.V., Smolina V.S., Shcherbina Yu.F., Avdyshoev I.O. Seasonal Functional Organization of the External Respiration System in Young People in the Arctic Zone of the Russian Federation. *J. Med. Biol. Res.*, 2023, vol. 11, no. 3, pp. 367–372. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z157>
2. Efimova N.V., Mylnikova I.V. Cardiohemodynamic Assessment of Indicators in Children of the Far North and Siberia. *Hum. Ecol.*, 2017, no. 2, pp. 10–16 (in Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-2-10-16>
3. Sawyer S.M., Azzopardi P.S., Wickremarathne D., Patton G.C. The Age of Adolescence. *Lancet Child Adolesc. Health*, 2018, vol. 2, no. 3, pp. 223–228. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(18\)30022-1](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(18)30022-1)
4. Sun J., Qiao Y., Zhao M., Magnussen C.G., Xi B. Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases in Youths and Young Adults Aged 15–39 Years in 204 Countries/Territories, 1990–2019: A Systematic Analysis of Global Burden of Disease Study 2019. *BMC Med.*, 2023, vol. 21. Art. no. 222. <https://doi.org/10.1186/s12916-023-02925-4>
5. Leganes-Fonteneau M., Bates M.E., Muzumdar N., Pawlak A., Islam S., Vaschillo E., Buckman J.F. Cardiovascular Mechanisms of Interoceptive Awareness: Effects of Resonance Breathing. *Int. J. Psychophysiol.*, 2021, vol. 169, pp. 71–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2021.09.003>
6. Kochetkova I.V., Chernykh T.M. The Influence of I-Channel Inhibition on Heart Rate Variability in Patients Post Coronary Bypass Surgery by the Test with Fixed Respiration Tempo. *Russ. J. Cardiol.*, 2017, vol. 22, no. 3, pp. 91–96 (in Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-91-96>
7. Mikhaylov V.M. *Variabel'nost' ritma serdtsa (novyy vzglyad na staruyu paradigmu)* [Heart Rate Variability (New Look at the Old Paradigm)]. Ivanovo, 2017. 516 p.
8. Kalabin O.V., Kushkova N.E., Spitsin A.P. Izmenenie pokazateley tsentral'noy gemodinamiki i variabel'nosti serdechnogo ritma u sportsmenov-pauerlifterov i zdorovykh dobrovol'tsev v usloviyakh upravlyayemogo dykhaniya [Changes in Central Haemodynamic Parameters and Heart Rate Variability in Powerlifters and Healthy Volunteers During Controlled Breathing]. *Novye issledovaniya*, 2012, no. 3, pp. 62–73.
9. Kitayeva M.A., Rusinova S.I. Pokazateli serdechno-sosudistoy sistemy podrostkov 11–17 let s raznym tipom temperamenta [Indicators of Cardiovascular System of Teenager of 11–17 Years]. *Uspekhi sovremennoego estestvoznaniya*, 2014, no. 5, pp. 77–80.
10. Orlov O.I., Bersenev E.Yu., Baevskij R.M., Prilutskij D.A., Berseneva A.P. *Method for Integrated Assessment of Functional State of Stress Stimulated Body*. Patent RU 2510621 C1, 2013 (in Russ.).
11. Poskotinova L.V. *Vegetativnaya reguljatsiya ritma serdtsa i endokrinnyy status molodezhi v usloviyakh Evropeyskogo Severa Rossii* [Autonomic Heart Rhythm Regulation and Endocrine Status of Young People in the European North of Russia]. Yekaterinburg, 2010. 232 p.
12. Szulczewski M.T. Training of Paced Breathing at 0.1 Hz Improves CO₂ Homeostasis and Relaxation During a Paced Breathing Task. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 6. Art. no. e0218550. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218550>
13. Radaelli A., Mancia G., Balestri G., Bonfanti D., Castiglioni P. Respiratory Patterns and Baroreflex Function in Heart Failure. *Sci. Rep.*, 2023, vol. 13, no. 1. Art. no. 2220. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29271-y>

Поступила в редакцию 23.07.2025 / Одобрена после рецензирования 03.09.2025 / Принята к публикации 08.09.2025.
Submitted 23 July 2025 / Approved after reviewing 3 September 2025 / Accepted for publication 8 September 2025.