

**ВЛИЯНИЕ ЛИЧНОСТНОЙ ТРЕВОЖНОСТИ  
НА ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАбельНОСТИ РИТМА СЕРДЦА  
У ПОДРОСТКОВ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ**

*Н.В. Ефимова\*, И.В. Мыльникова\**

\*Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований  
(Иркутская обл., г. Ангарск)

Реакции вегетативной нервной системы на функциональные нагрузки у лиц с различным уровнем личностной тревожности в современной науке изучены недостаточно. Обследовано 124 подростка в возрасте 11–17 лет с определением личностной тревожности (по шкале реактивной и личностной тревожности Спилбергера–Ханина) и параметров variability ритма сердца в стадии фона, при ортостатической пробе и пробе с ментальной нагрузкой (арифметический счет в уме). Выделены группы лиц с низкой, умеренной и высокой тревожностью, рассчитаны корреляционные зависимости уровня личностной тревожности и параметров variability ритма сердца. Для выявления степени влияния личностной тревожности на показатели variability ритма сердца определена относительная сила ассоциации с помощью показателя отношения шансов и 95 %-х доверительных интервалов в каждой группе. В стадии фона показатели личностной тревожности наиболее связаны с вариационным размахом длительности кардиоинтервалов ( $r_{sp} = -0,22; p = 0,012$ ) и компонентой variability ритма сердца в диапазоне очень низких частот ( $r_{sp} = -0,32; p = 0,041$ ). Характер и выраженность реакции вегетативной нервной системы на функциональные нагрузки у подростков различаются в зависимости от уровня тревожности. Наиболее выражено усиление симпатической активности при проведении пробы с ментальной нагрузкой. У лиц с высокой личностной тревожностью при ортопробе наблюдается увеличение общей variability ритма сердца, вагусной и симпатической активности; при ментальной нагрузке – рост сверхнизкочастотной компоненты variability ритма сердца. У лиц с низким уровнем тревожности при функциональных нагрузках увеличивается симпатическая активность: при ортостатической пробе – в т. ч. за счет сверхнизкочастотной компоненты variability ритма сердца, а при ментальной – только за счет низкочастотной компоненты.

**Ключевые слова:** подростки, личностная тревожность, variability ритма сердца, ортостатическая проба, ментальная нагрузка.

---

**Ответственный за переписку:** Ефимова Наталья Васильевна, адрес: 665827, Иркутская обл., г. Ангарск, микрорайон 12а, д. 3; e-mail: medecolab@inbox.ru

**Для цитирования:** Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Влияние личностной тревожности на показатели variability ритма сердца у подростков при функциональных нагрузках // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 4. С. 21–30. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.21

Интенсификация учебно-образовательного процесса и функциональные особенности подросткового периода определяют возникновение информационного стресса у подростков. Когнитивная деятельность сопровождается напряжением регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы (ССС) [1]. Результаты различных исследований свидетельствуют о том, что изменения кардиоритма в процессе когнитивной деятельности зависят от исходного состояния вегетативной нервной системы (ВНС) [2–4]. Одним из широко используемых методов оценки функционального состояния ВНС служит изучение вариабельности ритма сердца (ВРС). Показано, что показатели ВРС отражают риск прогрессирования ряда заболеваний, риск смертности, в т. ч. от заболеваний ССС [5, 6], а также связаны с тиреоидным статусом [7], утомляемостью [8], производственным напряжением [9], психологическим состоянием [10–12].

Среди методик исследования функционального состояния ВНС у детей и подростков наиболее информативны тесты с ортостатическими и интеллектуальными нагрузками [2]. При этом достаточно исследованы реакции ВНС на гравитационные и когнитивные нагрузки в зависимости от соматотипа, пола, спортивной специализации [3]. Однако результаты изучения взаимосвязи уровней личностной тревожности (ЛТ) и вегетативных реакций при информационных нагрузках в научной литературе представлены недостаточно. Обращает внимание, что в большинстве исследований именно высокому уровню ЛТ придается основное значение как фактору риска развития психосоматической патологии [13, 14]. Между тем лицам с низким уровнем ЛТ не уделяется достаточно внимания, хотя очень низкий уровень ЛТ может свидетельствовать о депрессивном состоянии человека, низком уровне его жизненной мотивации и активном вытеснении личностью состояния тревоги. Показано, что академическая успеваемость у старших школьников как с высоким, так и

с низким уровнями ЛТ значительно ниже, чем у школьников со средним уровнем тревожности [15]. В связи с вышеизложенным целью исследования – оценить реакцию ВНС на различные функциональные нагрузки у подростков с высоким и низким уровнями ЛТ.

**Материалы и методы.** Исследования полностью соответствуют требованиям Хельсинской декларации и одобрены этическим комитетом Восточно-Сибирского института медико-экологических исследований. Все родители участников дали письменное информированное согласие на обследование.

На *первом этапе* проведено добровольное комплексное медицинское обследование, включающее опрос и медицинский осмотр с анализом ВРС, 124 школьников (средний возраст 13,5 лет, стандартное отклонение  $SD = 2,1$ ; 53,2 % лиц женского пола) из 4 школ южных районов Иркутской области в апреле-мае 2013–2014 годов. У подростков на момент обследования отсутствовали острые, декомпенсированные хронические заболевания, в т. ч. признаки сердечно-сосудистых, эндокринных заболеваний. Подростки не имели дополнительных физических нагрузок в течение 6 мес. С помощью опросника «Шкала реактивной и личностной тревожности Спилбергера–Ханина» определяли уровень ЛТ, отражающий предрасположенность подростков к искаженному восприятию ситуаций с формированием ответной реакции в виде повышения или снижения реактивной тревожности [16].

Функциональное состояние ВНС оценивали по данным кардиоритмограмм, записанных с использованием автоматизированной программы «ВНС-Микро» («Нейрософт», г. Иваново). Исследования осуществляли в утренние часы после 5-минутной адаптации участников к условиям обследования. Вначале регистрировали фоновые показатели в положении лежа на спине, при спокойном дыхании (в состоянии покоя) в течение 5 мин. Затем проводили активную ортостатическую пробу (АОП), при которой обследуемому предлагалось спокой-

но встать, расставить ноги на ширину плеч и стоять расслабленно в течение 5 мин. Далее следовал период восстановления функционального состояния ССС и ВНС, при котором обследуемый в течение 5 мин находился в горизонтальном положении. Затем проводили пробу с ментальной нагрузкой (ПМН) в виде арифметического счета в уме [17]: обследуемому следовало в течение 5 мин считать от 17, прибавляя по 17.

Исследовали показатели спектрального анализа ВРС, мс<sup>2</sup>: TP (total power) – общую мощность спектра; HF (high frequency) – мощность спектра в диапазоне высоких частот; LF (low frequency) – мощность спектра в диапазоне низких частот; VLF (very low frequency) – мощность спектра в диапазоне очень низких частот, а также показатели кардиоинтервалограммы (по методу Р.М. Баевского и соавторов [18]): ЧСС (уд./мин) – частоту сердечных сокращений; АМо (%) – амплитуду моды; МхDMп (с) – вариационный размах; ИН – индекс напряжения регуляторных систем. При анализе учитывали рекомендации комитета экспертов Европейского общества кардиологов и Североамериканского общества кардиостимуляции и электрофизиологии [19]. Кардиоритмограммы обрабатывали с использованием модифицированного ковариационного анализа.

*Второй этап* исследования включал обработку полученных индивидуальных данных. Изученные характеристики здоровья школьников группировали в соответствии с уровнем ЛТ: низкий (ЛТ < 30 баллов), умеренный (30 ≤ ЛТ < 45), высокий (ЛТ ≥ 45 баллов).

Результаты обрабатывали с помощью программы «Statistica 10.0». В связи с тем, что подавляющее большинство параметров сердечного ритма не имели нормального распределения, в представленной работе они описаны медианой и квантилями – *Me* ( $Q_1$ ;  $Q_3$ ). Статистическую значимость различий оценивали по критерию Спирмена ( $p < 0,05$ ). Различия средних значений определяли с помощью критерия согласия Пирсона для маркеров ВРС с непре-

рывной вариацией и теста  $\chi^2$  с поправкой Йетса для категориальных переменных.

На *третьем этапе* изучали двумерные ассоциации между ЛТ и показателями ВРС с использованием рангового непараметрического коэффициента корреляции Спирмена ( $r_{sp}$ ). Для выяснения влияния ЛТ на параметры ВРС рассчитывали относительную силу ассоциации с помощью показателей отношения шансов (OR) и 95 %-х доверительных интервалов (confidence interval – CI) для каждой группы. При значениях нижней границы CI более 1 ( $p < 0,05$ ) влияние уровня ЛТ на соответствующую характеристику ВРС считали значимым.

**Результаты.** На *первом этапе* исследования выявлено, что ЛТ участников колебалась от 11 до 74 баллов со средним значением (21,3±3,8) баллов; 44 школьника продемонстрировали умеренный уровень ЛТ ((35,0±4,3) %), 47 – высокий ((37,9±4,3) %), 33 – низкий ((26,6±3,9) %). На *втором этапе* установлено, что показатели спектрального анализа ВРС в стадии фона и при функциональных нагрузках у подростков с высоким и низким уровнями ЛТ были выше, чем у лиц с умеренным уровнем (см. таблицу, с. 24). У подростков с высоким уровнем ЛТ увеличение общей ВРС при выполнении функциональных проб обусловлено: при АОП – приростом показателей VLF (+56,5 %) и LF (+44,3 %); при ПМН – значительным приростом показателя LF (+149,8 %). У подростков с низким уровнем ЛТ увеличение общей мощности ритма сердца в ответ на функциональные нагрузки определяется: при АОП – приростом показателей VLF (+45,9 %) и LF (+21,2 %); при ПМН – приростом показателя LF (+76,9 %) и снижением показателя VLF (–14,4 %). Обращает внимание, что уровень прироста показателя LF при высоком уровне ЛТ совпадает с увеличением данного показателя у подростков с умеренным уровнем. Таким образом, у подростков с высоким уровнем ЛТ реакция на ПМН симпатического отдела ВНС более выражена, чем у подростков с низким уровнем.

**ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА У ПОДРОСТКОВ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ЛИЧНОСТНОЙ ТРЕВОЖНОСТИ,  $Me$  ( $Q_1$ ;  $Q_3$ )**

Показатель	Проба	Уровень тревожности			Статистическая значимость различий
		умеренный (1)	низкий (2)	высокий (3)	
TP, мс <sup>2</sup>	Фон	3102 (1905; 4078)	4455 (3190; 5981)	3903 (2449; 5428)	$p_{1-2} = \mathbf{0,021286}$ $p_{1-3} = 0,406421$
	АОП	3636 (2077; 5523)	5127 (3235; 6769)	5203 (3022; 7299)	$p_{1-2} = \mathbf{0,032898}$ $p_{1-3} = \mathbf{0,018959}$
	ПМН	5349 (3102; 8656)	6921 (3837; 9457)	6287 (4509; 7655)	$p_{1-2} = \mathbf{0,010248}$ $p_{1-3} = 0,858721$
VLF, мс <sup>2</sup>	Фон	871 (735; 1628)	1386 (801; 2058)	1121 (817; 1677)	$p_{1-2} = \mathbf{0,049635}$ $p_{1-3} = 0,539608$
	АОП	1504 (882; 1969)	2023 (1311; 2473)	1754 (1206; 3604)	$p_{1-2} = \mathbf{0,046704}$ $p_{1-3} = 0,599096$
	ПМН	1104 (584; 1798)	1189 (738; 2435)	1101 (832; 1650)	$p_{1-2} = 0,767564$ $p_{1-3} = 0,300900$
LF, мс <sup>2</sup>	Фон	1174 (688; 1699)	1752 (1121; 2150)	1342 (749; 2142)	$p_{1-2} = \mathbf{0,044773}$ $p_{1-3} = 0,409286$
	АОП	1492 (929; 2503)	2123 (1370; 2996)	1937 (1290; 3654)	$p_{1-2} = 0,647866$ $p_{1-3} = 0,828150$
	ПМН	2933 (1694; 4419)	3101 (2285; 5201)	3353 (2253; 4239)	$p_{1-2} = 0,489414$ $p_{1-3} = 0,115240$
HF, мс <sup>2</sup>	Фон	761 (458; 1079)	1074 (720; 1900)	920 (409; 1666)	$p_{1-2} = \mathbf{0,012394}$ $p_{1-3} = \mathbf{0,038576}$
	АОП	405 (219; 698)	581 (320; 1231)	608 (371; 1301)	$p_{1-2} = 0,199954$ $p_{1-3} = 0,791160$
	ПМН	884 (601; 2199)	1285 (751; 1782)	1251 (839; 2008)	$p_{1-2} = 0,460530$ $p_{1-3} = 0,914669$
ИН, у. е.	Фон	90 (68; 139)	63 (42; 94)	88 (65; 121)	$p_{1-2} = \mathbf{0,050374}$ $p_{1-3} = 0,307947$
	АОП	117 (70; 153)	76 (45; 130)	83 (57; 154)	$p_{1-2} = 0,786687$ $p_{1-3} = 0,567130$
	ПМН	90 (56; 136)	69 (50; 118)	71 (56; 105)	$p_{1-2} = 0,866568$ $p_{1-3} = 0,308311$
ЧСС, уд./мин	Фон	77,5 (72; 89)	76 (68; 82)	76 (70; 86)	$p_{1-2} = 0,660318$ $p_{1-3} = 0,566828$
	АОП	105 (95; 112)	99 (89; 105)	97 (90; 105)	$p_{1-2} = \mathbf{0,048273}$ $p_{1-3} = 0,544704$
	ПМН	91 (83; 96)	88 (77; 95)	86 (80; 95)	$p_{1-2} = \mathbf{0,030610}$ $p_{1-3} = 0,120589$

Окончание таблицы

Показатель	Проба	Уровень тревожности			Статистическая значимость различий
		умеренный (1)	низкий (2)	высокий (3)	
АМо, %	Фон	42 (36; 49)	35 (29; 40)	39 (34; 47)	$p_{1-2} = \mathbf{0,032761}$ $p_{1-3} = 0,544273$
	АОП	47 (38; 59)	41 (35; 52)	40 (35; 54)	$p_{1-2} = 0,278416$ $p_{1-3} = 0,280355$
	ПМН	35 (26; 41)	30 (26; 40)	31 (27; 36)	$p_{1-2} = 0,840484$ $p_{1-3} = 0,428318$
МхDMn, у. е.	Фон	0,31 (0,22; 0,34)	0,36 (0,29; 0,41)	0,28 (0,24; 0,32)	$p_{1-2} = 0,503358$ $p_{1-3} = 0,966724$
	АОП	0,37 (0,31; 0,46)	0,43 (0,31; 0,61)	0,37 (0,31; 0,53)	$p_{1-2} = 0,650267$ $p_{1-3} = 0,200034$
	ПМН	0,29 (0,24; 0,36)	0,33 (0,26; 0,36)	0,31 (0,26; 0,35)	$p_{1-2} = 0,970825$ $p_{1-3} = 0,641966$

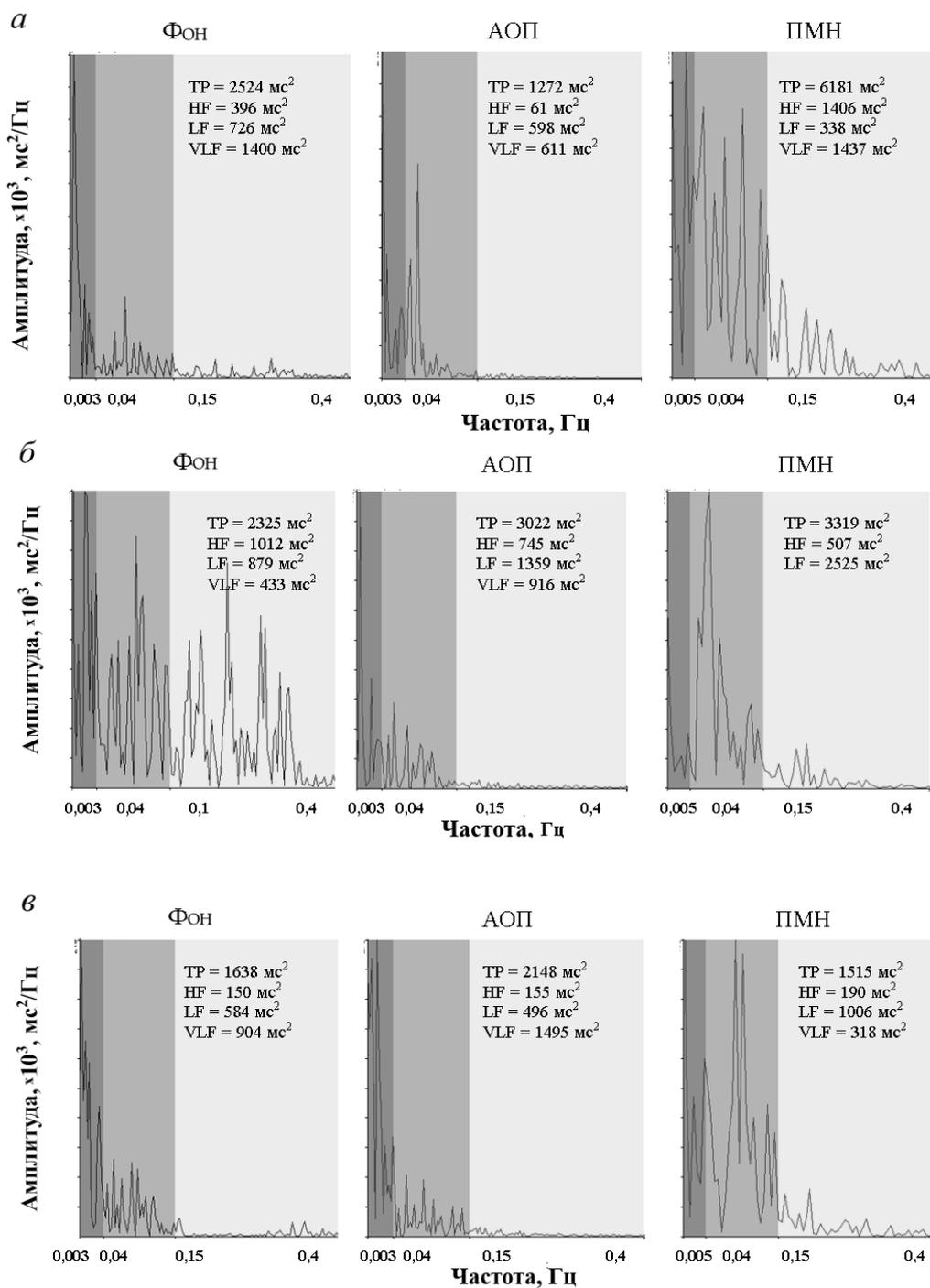
Примечание. Полужирным шрифтом отмечены статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ).

На рисунке (см. с. 26) показаны примеры типичных результатов спектрального анализа ВРС участников в каждой категории ЛТ.

На третьем этапе при изучении двумерных ассоциаций между ЛТ и показателями ВРС с использованием рангового непараметрического коэффициента корреляции Спирмена ( $r_{sp}$ ) установлено следующее. Коэффициенты корреляции ( $r_{sp}$ ) указывают на существенные связи между изучаемыми показателями функции ВНС и ЛТ в фоновой стадии. Значения уровня ЛТ отрицательно связаны с величиной МхDMn, отражающей суммарный эффект регуляции ритма ВНС ( $r_{sp} = -0,22$ ;  $p = 0,012$ ), а также с гуморальной и метаболической компонентой ВРС – VLF ( $r_{sp} = -0,32$ ,  $p = 0,041$ ). Расчет коэффициентов корреляции показателей ВРС с уровнем ЛТ среди школьников женского и мужского пола показал, что существует значимая отрицательная корреляция уровня ЛТ и МхDMn у лиц как мужского, так и женского пола ( $r_{sp} = -0,23$  и  $r_{sp} = -0,21$  соответственно;

$p = 0,050$ ). Также подтверждено наличие значимой отрицательно умеренной связи уровня ЛТ и LF у лиц женского пола ( $r_{sp} = -0,22$ ;  $p = 0,023$ ).

Выявлена ассоциированность частоты изменений ВРС с уровнем ЛТ. Так, критерий  $\chi^2$  с поправкой Йетса подтверждает, что для ВРС в группе с высоким уровнем ЛТ по сравнению с группой с умеренным уровнем ЛТ в фоновом состоянии выше доля лиц с преобладанием вагусных, дыхательных влияний на ритм сердца ( $OR_{HF} = 1,38$ , CI [1,0-1,93];  $\chi^2 = 3,8$ ;  $p = 0,034$ ); при проведении АОП – выше доля лиц с преобладанием общей мощности спектра, медленно-волновой части спектра ВРС, в т. ч. гуморально-метаболической его компоненты ( $OR_{TP} = 1,54$ , CI [1,0-2,39];  $\chi^2 = 3,99$ ;  $p = 0,021$ );  $OR_{LF+VLF} = 1,5$ , CI [1,0-2,36];  $\chi^2 = 3,98$ ;  $p = 0,021$ ); при ПМН – выше доля лиц с преобладанием только медленно-волновой части спектра ВРС ( $OR_{LF+VLF} = 1,63$ , CI [1,1-2,39];  $\chi^2 = 5,72$ ;  $p = 0,001$ ). Кроме того, эмоциональная и физическая нагрузки при высоком и низком уровнях ЛТ приводят к



Спектральный анализ типичной кардиоритмограммы у подростков с высоким (а), умеренным (б) и низким (в) уровнями личностной тревожности

увеличению частоты изменения ЧСС: при АОП (в группе с высоким уровнем ЛТ OR = 1,87, CI [1,21-2,99];  $\chi^2 = 7,96$ ;  $p = 0,001$ ) и при ПМН (в группе с высоким уровнем ЛТ OR = 1,87, CI [1,2-2,76];  $\chi^2 = 7,92$ ;  $p < 0,001$ ; с низким уровнем ЛТ – OR = 1,88, CI [1,23-2,88];  $\chi^2 = 7,48$ ;  $p < 0,001$ ). Других ассоциаций ЛТ с изучаемыми параметрами ВРС в различных тестах не было найдено.

**Обсуждение.** Полученные нами и другими исследователями [12, 14] результаты свидетельствуют, что ВРС – интегративный индикатор состояния нервной и других систем организма. Закономерно, что у подростков с высоким уровнем ЛТ показатели ВРС в результате проведения функциональных проб изменяются в большей степени, чем это наблюдается в группе с низким уровнем ЛТ. Выявленные нами факты зависимости показателей ВРС и ЛТ сопоставимы с результатами, представленными, например, в работе Т.Д. Джебраиловой и Р.Г. Сулеймановой [10]. Изменение активности блуждающего нерва тесно взаимосвязано с нарушением регуляции ВРС, в т. ч. опосредовано изменениями эмоциональной сферы [13, 20]. В работах А.Н. Kemp et al., М.Н. Jarczok et al. отмечено, что колебания ВРС связаны с изменением функционального состояния как симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС, а также с психологическими особенностями индивидуума. Наши данные свидетельствуют о том, что ментальная функциональная нагрузка более значима по сравнению с ортостатическим тестом для вегетативной регуляции ритма сердца у подростков с высоким и низким уровнями ЛТ. Интересно отметить, что вовлеченность центральных механизмов регуляции сердечного ритма у подростков изучаемых групп различна: при умеренном уровне ЛТ повышается влияние VLF, а при низком – влияние VLF снижается за

счет увеличения вклада других частотных компонентов спектра ВРС. Тем не менее, несмотря на относительно низкие фоновые показатели симпатической активности, у подростков с низким уровнем ЛТ при АОП и ПМН уровень тревожности значимо ассоциирован (как и у лиц с высоким уровнем ЛТ) с изменением ЧСС, увеличение которой отражает активизацию адренергических механизмов. По-видимому, взаимодействие уровня ЛТ и статистических показателей ВРС у подростков с низким уровнем ЛТ имеет более сложный характер, требующий в дальнейшем статистического анализа нелинейной динамики ВРС.

У лиц с высоким уровнем ЛТ при ортостазе происходит увеличение общей ВРС и как дыхательной, вагусной, так и симпатической активности. При ПМН у них происходит активация симпатического отдела ВНС, преимущественно за счет гуморального и метаболического влияния на ритм сердца.

Выводы:

1. При функциональных нагрузках (АОП и ПМН) у подростков с высоким и низким уровнями ЛТ наиболее выражены реакции ВНС, преимущественно за счет усиления симпатической активности.

2. У лиц с высоким уровнем ЛТ при ортостазе фактор тревожности ассоциирован с увеличением общей ВРС, показателей вагусной и симпатической активности; при ментальной нагрузке – с ростом сверхнизкочастотной компоненты ВРС, отражающей гуморальные и метаболические влияния на ритм сердца.

3. У лиц с низким уровнем ЛТ при функциональных нагрузках происходит увеличение симпатической активности: при ортостазе – в т. ч. за счет сверхнизкочастотной компоненты ВРС, а при ментальной нагрузке – только за счет низкочастотной компоненты ВРС.

### Список литературы

1. Лукина С.Ф., Чуб И.С., Ложкина Е.М. Использование ритмографического метода в психофизиологических исследованиях // Совр. тенденции развития науки и технологий. 2015. № 3-2. С. 19–22.
2. Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Кесель С.А., Мышьяков В.В. Обоснование модели тестовых информационных нагрузок для изучения функционального состояния детей // Нов. исследования. 2013. № 3(36). С. 50–61.
3. Лукина С.Ф., Чуб И.С., Нефёдова К.О. Сердечный ритм в процессе когнитивной деятельности у детей 8–10 лет с разными соматотипами // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2015. № 1. С. 24–30.
4. Еремينا Н.М. Психоэмоциональный нагрузочный тест «7±2»: возможности выявления патологических реакций гемодинамики у практически здоровых молодых людей // Воен. медицина. 2012. № 3(24). С. 25–29.
5. Jarczok M.N., Li J., Mauss D., Fischer J.E., Thayer J.F. Heart Rate Variability Is Associated with Glycemic Status After Controlling for Components of the Metabolic Syndrome // Int. J. Cardiol. 2013. Vol. 167, № 3. P. 855–861.
6. Thayer J.F., Yamamoto S.S., Brosschot J.F. The Relationship of Autonomic Imbalance, Heart Rate Variability and Cardiovascular Disease Risk Factors // Int. J. Cardiol. 2010. Vol. 141, № 2. P. 122–131.
7. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Роль фонового тиреоидного статуса в изменении ЭЭГ подростков при биоуправлении параметрами сердечного ритма // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2011. Т. 97, № 11. С. 1262–1269.
8. Fagundes C.P., Murray D.M., Hwang B.S., Gouin J.P., Thayer J.F., Sollers J.J. 3rd, Shapiro C.L., Malarkey W.B., Kiecolt-Glaser J.K. Sympathetic and Parasympathetic Activity in Cancer-Related Fatigue: More Evidence for a Physiological Substrate in Cancer Survivors // Psychoneuroendocrinology. 2011. Vol. 36, № 8. P. 1137–1147.
9. Loerbroks A., Schilling O., Haxsen V., Jarczok M.N., Thayer J.F., Fischer J.E. The Fruits of Ones Labor: Effort-Reward Imbalance but Not Job Strain Is Related to Heart Rate Variability Across the Day in 35–44-Year-Old Workers // J. Psychosom. Res. 2010. Vol. 69, № 2. P. 151–159.
10. Джебраилова Т.Д., Сулейманова Р.Г. Динамика характеристик сердечного ритма у студентов с разной личностной тревожностью во время компьютерного тестирования // Бюл. эксперим. биологии и медицины. 2012. Т. 153, № 5. С. 577–581.
11. Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., Денутат И.С. Взаимосвязь качественных параметров интеллектуальных и зрительно-моторных тестов у тревожных детей // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 1. С. 46–54.
12. Ревина Н.Е. Варибельность сердечного ритма как вегетативный показатель конфликт-индуцированного поведения человека при эмоциональных нагрузках // Физиология человека. 2006. № 2. С. 67–71.
13. Kemp A.H., Quintana D.S., Gray M.A., Felmingham K.L., Brown K., Gatt J.M. Impact of Depression and Antidepressant Treatment on Heart Rate Variability: A Review and Meta-Analysis // Biol. Psychiatry. 2010. Vol. 67, № 11. P. 1067–1074.
14. Thayer J.F., Ahs F., Fredrikson M., Sollers J.J. 3rd, Wager T.D. A Meta-Analysis of Heart Rate Variability and Neuroimaging Studies: Implications for Heart Rate Variability as a Marker of Stress and Health // Neurosci. Biobehav. Rev. 2012. Vol. 36, № 2. P. 747–756.
15. Мыльникова И.В., Барсем М.П., Колчина О.А. Влияние тревожности на успеваемость учащихся с различным типом обучающих программ // Профилактикт. и клин. медицина. 2014. № 2(51). С. 82–85.
16. Hanin U.L., Spielberger C.D. The Development and Validation of the Russian form of the State-Trait-Anxiety Inventory // Cross-Cultural Anxiety / ed. by C.D. Spielberger, R. Diaz-Guerrero. Vol. 2. Hemisphere Publishing Corporation, 1981.
17. Сидоренко Г.И., Борисова Г.С., Агеенкова Е.К. Психофизиологические аспекты кардиологических исследований. Минск, 1982. 142 с.
18. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалецкий П.Я., Кукушкин, Ю.А., Миронова Т.Ф., Прилуцкий Д.А., Семенов А.В., Федоров В.Ф., Флейшман А.Н., Медведев М.М. Анализ варибельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) // Вестн. аритмологии. 2002. № 24. С. 65–87.
19. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use // Eur. Heart J. 1996. Vol. 17, № 3. P. 354–381.
20. Jarczok M.N., Jarczok M., Mauss D., Koenig J., Li J., Herr R.M., Thayer J.F. Autonomic Nervous System Activity and Workplace Stressors – A Systematic Review // Neurosci. Biobehav. Rev. 2013. Vol. 37, № 8. P. 1810–1823.

## References

1. Lukina S.F., Chub I.S., Lozhkina E.M. Ispol'zovanie ritmograficheskogo metoda v psikhofiziologicheskikh issledovaniyakh [The Use of the Rhythmographic Method in Psychophysiological Studies]. *Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*, 2015, no. 3-2, pp. 19–22.
2. Krivolapchuk I.A., Chernova M.B., Kesel' S.A., Mysh'yakov V.V. Obosnovanie modeli testovykh informatsionnykh nagruzok dlya izucheniya funktsional'nogo sostoyaniya detey [Model of Test Information Load as a Method to Study Functional State in Children]. *Novye issledovaniya*, 2013, no. 3, pp. 50–61.
3. Lukina S.F., Chub I.S., Nefedova K.O. Serdechnyy ritm v protsesse kognitivnoy deyatel'nosti u detey 8–10 let s raznymi somatotipami [Heart Rate During Cognitive Activity of 8–10-Year-Old Children with Different Somatotypes]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2015, no. 1, pp. 24–30.
4. Eremina N.M. Psikhooemotsional'nyy nagruzochnyy test "7±2": vozmozhnosti vyyavleniya patologicheskikh reaktivnykh gemodinamiki u prakticheski zdorovykh molodykh lyudey [The Psychoemotional Loading Test "7±2": The Possibilities of Revealing of Pathological Haemodynamic Reactions in Practically Healthy Young People]. *Voennaya meditsina*, 2012, no. 3, pp. 25–29.
5. Jarczok M.N., Li J., Mauss D., Fischer J.E., Thayer J.F. Heart Rate Variability Is Associated with Glycemic Status After Controlling for Components of the Metabolic Syndrome. *Int. J. Cardiol.*, 2013, vol. 167, no. 3, pp. 855–861.
6. Thayer J.F., Yamamoto S.S., Brosschot J.F. The Relationship of Autonomic Imbalance, Heart Rate Variability and Cardiovascular Disease Risk Factors. *Int. J. Cardiol.*, 2010, vol. 141, no. 2, pp. 122–131.
7. Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova E.V. Rol' fonovogo tireoidnogo statusa v izmenenii EEG podrostkov pri bioupravlenii parametrami serdechnogo ritma [Thyroid Effect on Brain Activity in Adolescents During Heart Rhythm Biofeedback Session]. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2011, vol. 97, no. 11, pp. 1262–1269.
8. Fagundes C.P., Murray D.M., Hwang B.S., Gouin J.P., Thayer J.F., Sollers J.J. 3rd, Shapiro C.L., Malarkey W.B., Kiecolt-Glaser J.K. Sympathetic and Parasympathetic Activity in Cancer-Related Fatigue: More Evidence for a Physiological Substrate in Cancer Survivors. *Psychoneuroendocrinology*, 2011, vol. 36, no. 8, pp. 1137–1147.
9. Loerbroks A., Schilling O., Haxsen V., Jarczok M.N., Thayer J.F., Fischer J.E. The Fruits of Ones Labor: Effort-Reward Imbalance but Not Job Strain Is Related to Heart Rate Variability Across the Day in 35–44-Year-Old Workers. *J. Psychosom. Res.*, 2010, vol. 69, no. 2, pp. 151–159.
10. Dzhebrailova T.D., Suleymanova R.G. Dynamics of Heart Rate Parameters in Students with Various Personal Anxiety Levels During Computerized Testing. *Bull. Exp. Biol. Med.*, 2012, vol. 153, no. 5, pp. 627–630.
11. Nekhoroshkova A.N., Gribanov A.V., Deputat I.S. Vzaimosvyaz' kachestvennykh parametrov intellektual'nykh i zritel'no-motornykh testov u trevoznykh detey [Correlation of Quality Parameters of Intelligence and Visual-Motor Tests in Anxious Children]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2013, no. 1, pp. 46–54.
12. Revina N.E. Heart Rate Variability as an Autonomic Index of Conflict-Induced Behavior of Individuals Under Emotional Stress. *Hum. Physiol.*, 2006, vol. 32, no. 2, pp. 182–186.
13. Kemp A.H., Quintana D.S., Gray M.A., Felmingham K.L., Brown K., Gatt J.M. Impact of Depression and Antidepressant Treatment on Heart Rate Variability: A Review and Meta-Analysis. *Biol. Psychiatry*, 2010, vol. 67, no. 11, pp. 1067–1074.
14. Thayer J.F., Ahs F., Fredrikson M., Sollers J.J. 3rd, Wager T.D. A Meta-Analysis of Heart Rate Variability and Neuroimaging Studies: Implications for Heart Rate Variability as a Marker of Stress and Health. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2012, vol. 36, no. 2, pp. 747–756.
15. Myl'nikova I.V., Barsem M.P., Kolchina O.A. Vliyanie trevozhnosti na uspevaemost' uchashchikhsya s razlichnym tipom obuchayushchikh programm [Influence of Anxiety on Student Performance with Different Types of Training Programs]. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2014, no. 2, pp. 82–85.
16. Hanin U.L., Spielberger C.D. The Development and Validation of the Russian form of the State-Trait-Anxiety Inventory. Spielberger C.D., Diaz-Guerrero R. (eds.). *Cross-Cultural Anxiety*. Vol. 2. Hemisphere Publishing Corporation, 1981.
17. Sidorenko G.I., Borisova G.S., Ageenkova E.K. *Psikhofiziologicheskie aspekty kardiologicheskikh issledovaniy* [Psychophysiological Aspects of Cardiological Studies]. Minsk, 1982. 142 p.
18. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V., Gavrilushkin A.P., Dovgalevskiy P.Ya., Kukushkin Yu.A., Mironova T.F., Prilutskiy D.A., Semenov A.V., Fedorov V.F., Fleyshman A.N., Medvedev M.M. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (chast' 1) [Analysis of Heart Rate Variability When Using Various Electrocardiographic Systems (Part 1)]. *Vestnik aritmologii*, 2002, no. 24, pp. 65–87.

19. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Eur. Heart J.*, 1996, vol. 17, no. 3, pp. 354–381.

20. Jarczok M.N., Jarczok M., Mauss D., Koenig J., Li J., Herr R.M., Thayer J.F. Autonomic Nervous System Activity and Workplace Stressors – A Systematic Review. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2013, vol. 37, no. 8, pp. 1810–1823.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.21

*Natalia V. Efimova\**, *Inna V. Myl'nikova\**

\*East-Siberian Institution of Medical and Ecological Research (Angarsk, Russian Federation)

### INFLUENCE OF PERSONAL ANXIETY ON HEART RATE VARIABILITY IN ADOLESCENTS DURING FUNCTIONAL LOADS

Responses of the autonomic nervous system to functional loads in people with different levels of personal anxiety have not been studied sufficiently. Our research involved 124 adolescents aged between 11 and 17 years. We determined their personal anxiety (using Spielberger–Khanin State-Trait Anxiety Inventory) and heart rate variability at baseline, during orthostatic test and mental load (mental arithmetic). The subjects were divided into groups with low, moderate and high anxiety; correlation dependences between the level of personal anxiety and parameters of heart rate variability were calculated. To determine the degree of influence of personal anxiety on heart rate variability, we calculated the relative strength of association using the odds ratio and 95 % confidence intervals in each group. At baseline, personal anxiety is primarily associated with the duration range of R-R intervals ( $r_{sp} = -0.22$ ;  $p = 0.012$ ) and heart rate variability component in the very low frequency range ( $r_{sp} = -0.32$ ;  $p = 0.041$ ). The nature and severity of the autonomic nervous system response to functional loads in adolescents vary depending on the level of anxiety. The most pronounced is the increase in sympathetic activity during the mental load. Subjects with high personal anxiety showed increased total heart rate variability as well as vagal and sympathetic activity during the orthostatic test and greater ultra-low frequency component of heart rate variability during the mental load. Subjects with low level of anxiety demonstrated increased sympathetic activity during functional loads: at the orthostatic test, due to the ultra-low frequency component of heart rate variability and at the mental test, only due to the low-frequency component.

**Keywords:** *adolescents, personal anxiety, heart rate variability, orthostatic test, mental load.*

Поступила 23.03.2017  
Received 23 March 2017

---

**Corresponding author:** Natalia Efimova, address: 12a mikrorayon 3, Angarsk, 665827, Irkutskaya obl., Russian Federation; e-mail: medecolab@inbox.ru

**For citation:** Efimova N.V., Myl'nikova I.V. Influence of Personal Anxiety on Heart Rate Variability in Adolescents During Functional Loads. *Journal of Medical and Biological Research*, 2017, vol. 5, no. 4, pp. 21–30. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.21