

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.17

DOI: 10.26456/vtbio444

АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ЛЮДЕЙ ПРЕДПЕНСИОННОГО ВОЗРАСТА НА ГРАВИТАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Е.Д. Веселовская, Г.А. Севрюкова

Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград

Работа посвящена определению особенностей формирования реактивной обеспеченности организма людей предпенсионного возраста на фоне ортостатической пробы. Исследование сердечной деятельности при гравитационном перераспределении системного кровотока проводилось у людей предпенсионного возраста (первая условная группа – женщины от 50 лет до 55 лет и мужчины от 55 до 60 лет; вторая условная группа – женщины от 56 до 60 лет и мужчины от 61 до 65 лет). Регистрация параметров variability сердечного ритма осуществлялась с помощью прибора «ВНС-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново). Выявлены возрастные изменения в регуляции сердечного ритма у женщин и мужчин предпенсионного возраста. Авторами определены возможные критерии донозологических нарушений регуляции сердечного ритма у людей предпенсионного возраста, которые необходимо учитывать при разработке программ сохранения здоровья трудоспособного населения старше 50 лет.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, люди предпенсионного возраста, ортостатическая проба.*

Введение. Проблема сохранения популяционного здоровья и обеспечения региональной безопасности трудоспособного населения предпенсионного возраста остается одним из приоритетных направлений здравоохранения России (Черных и др., 2020, Стрижаков и др., 2018). Приобретенные в процессе онтогенеза функциональные изменения являются составляющими аллостатической нагрузки, влияющей на деятельность жизнеобеспечивающих систем организма, в особенности на сердечно-сосудистую систему (Bakhtiyari et al., 2022, Obomsawin et al., 2022, Ellis et al., 2014). Наиболее эффективным способом выявления донозологических нарушений можно считать проведение ортостатической пробы, которая, вызывая гравитационное перераспределение системного кровотока, обуславливает компенсационную деятельность сердца и сосудов большого круга

кровообращения (Joseph et al., 2017; Juraschek et al., 2022). В связи с чем, целью исследования явилось определение особенностей формирования реактивной обеспеченности организма людей предпенсионного возраста на фоне ортостатической пробы.

Методика. В исследовании на добровольной основе и с соблюдением принципов информированного согласия приняли участие люди предпенсионного возраста: женщины от 50 лет до 55 лет ($n = 76$), мужчины от 55 до 60 лет ($n = 65$) – первая условная группа; женщины от 56 до 60 лет ($n = 64$), мужчины от 61 до 65 лет ($n = 68$) – вторая условная группа. При этом данное распределение совпадает с возрастной периодизацией (Залевская, 2020). При этом женщины находились в менопаузе или в постменопаузальном периоде. К критериям невключения в группы наблюдения относилось наличие прогрессирующих респираторных, нервно-мышечных или неврологических расстройств.

Регистрация пятиминутной записи электрокардиограммы (ЭКГ) в состоянии покоя и на фоне ортостатической пробы осуществлялась с помощью «ВНС-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново) с учетом рекомендаций «The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology» и подходов к анализу вариабельности сердечного ритма (BCP) Р.М. Баевского с соавт. (Lévy et al., 2003, Баевский и др., 2016). Для оценки статистических характеристик BCP использовали: SDNN, мс – стандартное отклонение всех интервалов NN (норма 40-80 мс); pNN50, % – процент NN50 от общего количества последовательных пар интервалов, различающихся более чем на 50 мс за весь период записи. Высокочастотные колебания (HF мс²; HF п.у.), низкочастотные колебания (LF мс²; LF п.у.) и очень низкочастотные колебания (VLF мс²; VLF п.у.) показывали вклад периодических компонентов, на основе которых рассчитывалась сумма мощностей (TP, мс²). Показатели BCP оценивались в абсолютных (мс²) и перерасчетных (нормированных (п.у.) величинах. Для оценки влияния различных уровней регуляции рассчитывались индекс централизации (IC = (HF + LF) / VLF; норма 2-8 у.е.) и индекс вагосимпатического взаимодействия LF / HF (норма 0,5-2 у.е.).

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программного пакета IBM SPSS, v. 26.0. В большинстве случаев распределение признаков не подчинялось закону нормального распределения, в связи с чем для сравнения двух связанных выборок применялся непараметрический критерий Вилкоксона (медиана (*Me*), первый – третий квартили (Q_{25} ; Q_{75}), для сравнения К-связанных выборок – ранговый дисперсионный анализ Фридмана. В качестве статистически значимого уровня принимались

значения $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. По данным нашего исследования в состоянии оперативного покоя у женщин первой и второй условных групп не наблюдалось значимых различий в абсолютных значениях спектральных характеристик вариабельности сердечного ритма (см. табл.).

Таблица

Динамика показателей ВСП людей предпензионного возраста на фоне ортостатической нагрузки (Ме (Q₂₅ – Q₇₅))

Условная группа / показатели ВСП		Женщины		Мужчины	
		Первая условная группа	Вторая условная группа	Первая условная группа	Вторая условная группа
SDNN, мс	фон	40(35 – 50)	45 (40 – 50)	50 (35 – 60)	40 (30 – 60)
	ортостаз	60 (40 – 60)*	40 (30 – 60)	50 (50 – 80)*	50 (30 – 80)
pNN50, %	фон	0 (0 – 1,5)	0 (0 – 2,75)	1 (0 – 7,5)	2 (0 – 15)
	ортостаз	1 (0 – 4,5)	0 (0 – 3,75)	2 (0 – 10,5)	0 (0 – 20)
TP, мс ²	фон	354 (172 – 507,5)	353 (183,25 – 679)	491 (313 – 1147)	463 (238 – 2898)
	ортостаз	919 (320,25 – 1346,75)*	368 (204,25 – 903,5)	941 (460,5 – 4559,5)	262 (188 – 2749)
HF, мс ²	фон	120 (68,5 – 193)	166 (59,75 – 243,25)	274 (152,5 – 495,5)	175 (112 – 1681)
	ортостаз	141,5 (65,75 – 327,5)	75 (53 – 216,75)	417 (164 – 2428,5)	96 (29 – 1609)
LF, мс ²	фон	49 (31,5 – 86,5)	51 (13,5 – 77)	76 (19,5 – 184)	210 (19 – 786)
	ортостаз	88,5 (30,75 – 336,5)	44,5 (22 – 78)	205 (25 – 529,5)	80 (19 – 276)
VLF, мс ²	фон	151 (26 – 298,5)	127,5 (78,5 – 257,25)	120 (75,5 – 334,5)	153 (50 – 362)
	ортостаз	493,5(135,25 – 728,5)*	179,5 (81,75 – 617,5)	341 (70,5 – 802,5)	172 (144 – 362)
HF, п.у.	фон	40,87 (25,48 – 57,07)	36,61 (26,13 – 59,35)	51,05 (38,26 – 65,63)	35,48 (29,16 – 73,22)
	ортостаз	17,16 (14,4 – 26,06)*	23,71 (17,46 – 46,78)	44,31 (26,35 – 75,99)	36,64 (11,93 – 58,53)
LF, п.у.	фон	15,61 (13,33 – 32,83)#	9,96 (7,55 – 15,37)#	13,82 (6,44 – 18,48)	29,5 (15,86 – 37,79)
	ортостаз	16,42 (7,72 – 33,2)	11,21 (7,87 – 20,82)	10,88 (4,14 – 20,28)	16,62 (7,17 – 21,78)
VLF, п.у.	фон	34,39 (20,86 – 52,82)	48,57 (25,89 – 57,32)	28,06 (19,87 – 47,35)	23,49 (12,49 – 33,68)
	ортостаз	63,96 (46,48 – 76,95)*	59,09 (43,17 – 71,88)	32,79 (13,85 – 56,33)	34,06 (24,85 – 70,78)
LF / HF, у.е.	фон	0,57 (0,25 – 0,89)	0,25 (0,23 – 0,32)	0,26 (0,16 – 0,45)	0,58 (0,22 – 1,29)
	ортостаз	0,78 (0,38 – 1,79)	0,42 (0,22 – 0,95)	0,26 (0,06 – 0,57)	0,49 (0,28 – 0,83)
IC, у.е.	фон	1,44 (0,76 – 2,93)	1,74 (0,69 – 2,87)	0,96 (0,53 – 1,67)	1,88 (0,37 – 2,44)
	ортостаз	4,82 (2,72 – 5,98)*	3,23 (1,21 – 5,58)	1,26 (0,32 – 2,89)	1,74 (0,71 – 7,44)

Примечание: # – отмечены значимые различия показателей ВСП при межгрупповом сравнении $p \leq 0,05$; * – значимость различий показателей ВСП при внутригрупповом сравнении (фон – ортостаз) $p \leq 0,05$.

Однако, следует обратить внимание на то, что у женщин в возрасте 50–55 лет нормированное значение мощности медленных волн значимо больше на 5,65% ($p = 0,03$) по сравнению с таковым параметром у женщин 56–60 лет. При этом общая мощность спектра у женщин второй условной группы обусловлена большим вкладом очень медленных волн (VLF, п.у.-первая условная группа = 34,39%, VLF, п.у.-вторая условная группа = 48,57%).

В первой условной группе у женщин на фоне ортостатической пробы значимо увеличивается общая мощность спектра (с 354 мс^2 до 919 мс^2 ; $p = 0,02$) за счет увеличения спектра очень низких волн как по абсолютным (на $342,5 \text{ мс}^2$; $p = 0,02$), так и по нормированным величинам (на 29,6%; $p = 0,02$) при уменьшении вклада быстрого компонента спектра (на 23,71%; $p = 0,005$). В этой группе также отмечается усиление влияния центрального контура регуляции ($IC_{\text{фон}} = 1,44 \text{ у.е.}$, $IC_{\text{ортостаз}} = 4,82 \text{ у.е.}$; $p = 0,01$) с одновременным расширением диапазона variability частоты сердечных сокращений ($SDNN_{\text{фон}} = 40 \text{ мс}$, $SDNN_{\text{ортостаз}} = 60 \text{ мс}$; $p = 0,01$), свидетельствующим о разнонаправленных адаптационных реакциях. У женщин в возрасте 56–60 лет подобных изменений не наблюдалось.

У мужчин не обнаружено возрастных межгрупповых различий, что указывает на схожую «картину» напряжения регуляторных систем, не зависящую от возрастного критерия. При этом у первой возрастной группы на фоне ортостатической пробы значимо расширялся диапазон variability частоты сердечных сокращений ($SDNN_{\text{фон}} = 50 \text{ мс}$, $SDNN_{\text{ортостаз}} = 69 \text{ мс}$; $p = 0,04$).

Заключение. Наблюдаемое у женщин предпензионного возраста (56–60 лет) перераспределение мощностей ВСР может свидетельствовать о смещении баланса регуляции деятельности сердца в сторону надсегментарного и метаболического звеньев. Это согласуется с данными других авторов и объясняется тем, что с возрастом происходит смещение регуляции гомеостаза на более низкие уровни, вследствие изменения как адренергических, так и холинергических рецепторов (Schutzer et al., 2003; Deryugina et al., 2023).

Выявленная регуляция сердечного ритма у женщин в возрасте 50–55 лет на фоне гравитационного воздействия отражает формирование приспособительных реакций, являющихся следствием влияния аллостатической нагрузки на организм в целом и свидетельствующих о снижении резервных возможностей женского организма (Deryugina et al., 2023). Длительное сохранение влияния аллостатической нагрузки на организм людей предпензионного возраста может приводить к срыву адаптации в повседневной жизни и ухудшать выполнение ими

профессиональной деятельности.

Следует отметить, что функциональные изменения в ВСР на фоне ортостаза во второй условной группе женщин не наблюдалось, вследствие имеющегося у них чрезмерного напряжения регуляторных систем, регистрируемого уже в состоянии оперативного покоя. Многими авторами подчеркивается надежность метода ВСР при исследовании резервных возможностей у людей старшей возрастной группы, что также подтверждается и в нашем исследовании (Reland et al., 2005; Nicolini et al., 2012).

У мужчин не обнаружено возрастных межгрупповых различий, что указывает на схожую «картину» напряжения регуляторных систем, не зависящую от возрастного критерия. В первой условной группе обнаруженное расширение диапазона сердечного ритма свидетельствует об увеличении вариабельности в ответ на гравитационное воздействие. Снижение способности сердца изменять частоту сердечного ритма по некоторым данным может являться показателем старческой астении (Parvaneh et al., 2015).

Адаптационные реакции на гравитационное воздействие как у мужчин (26%), так и у женщин (38%) в первой условной группе свидетельствуют о наличии резервных возможностей организма. Однако, выявленные разнонаправленные реакции адаптации в среднем в 52% случаев являются следствием влияния кумуляции аллостатической нагрузки. Схожесть реакций у мужчин второй возрастной группы с таковыми реакциями у женщин второй возрастной группы на ортостатическую пробу подтверждает гипотетическое предположение о наличии напряжения регуляторных систем в старшей возрастной группе не зависимо от половой принадлежности. Полученные результаты могут служить критериями оценки донозологических изменений под влиянием аллостатической нагрузки для разработки коррекционных программ по сохранению здоровья населения предпенсионного возраста.

Список литературы

- Баевский Р.М., Фунтова И.И., Берсенева А.П.* 2016. Методы и приборы космической кардиологии на борту Международной космической станции: монография. Техносфера. 368 с.
- Залевская М.А.* 2020. Возрастная периодизация в Российской Федерации в современных условиях // *Международный научно-исследовательский журнал*. № 12-3(102). С. 17–20. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.102.12.073>
- Стрижаков Л.А., Бабанов С.А., Будаш Д.С., Байкова А.Г.* 2018. Улучшение качества периодических медицинских осмотров работающего населения и экспертиза профессиональной пригодности // *Наука и инновации в медицине*. № 2(10).

- Черных Н.А., Тарасова А.Н., Сырчин А.Е.* 2020. Предпенсионеры на рынке труда: проблемы занятости и меры поддержки // Экономика региона. №4. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-12>
- Bakhtiyari M., Kazemian E., Kabir K.* et al. 2022. Contribution of obesity and cardiometabolic risk factors in developing cardiovascular disease: A population-based cohort study // Scientific Reports. 2022. Т. 12. №. 1. С. 1544. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05536-w>
- Deryugina A.V.* et al. 2023. Analysis of the Organism Adaptive Reserves of Different Age Groups // OM&P. V. 10. № 2. P. 14–23. <https://doi.org/10.24412/2500-2295-2023-2-14-23>
- Ellis B.J., Del Giudice M.* 2014. Beyond allostatic load: Rethinking the role of stress in regulating human development // Development and psychopathology. Т. 26. №. 1. P. 1–20. <https://doi.org/10.1017/S0954579413000849>
- Joseph A., Wanono R., Flamant M., Vidal-Petiot E.* 2017. Orthostatic hypotension: a review // Nephrologie & thérapeutique. Т. 13. С. S55–S67. <https://doi.org/10.1016/j.nephro.2017.01.003>
- Juraschek S.P.* et al. 2022. Comparison of supine and seated orthostatic hypotension assessments and their association with falls and orthostatic symptoms // Journal of the American Geriatrics Society. Т. 70. №. 8. С. 2310–2319. <https://doi.org/10.1111/jgs.17804>
- Lévy S.* et al. 2003. International consensus on nomenclature and classification of atrial fibrillation: a collaborative project of the Working Group on Arrhythmias and the Working Group on Cardiac Pacing of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Europace. 2003. Т. 5. №. 2. P. 119-122. <https://doi.org/10.1053/eupc.2002.0300>
- Nicolini P.* et al. 2012. The prognostic value of heart rate variability in the elderly, changing the perspective: from sympathovagal balance to chaos theory // Pacing and clinical electrophysiology. Т. 35. №. 5. С. 621–637. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2012.03335.x>
- Obomsawin A., D'Amico D., Fiocco A.J.* 2022. The association between Mediterranean diet adherence and allostatic load in older adults // Psychoneuroendocrinology. Т. 143. С. 105840.
- Parvaneh S. et al.* 2015. Regulation of cardiac autonomic nervous system control across frailty statuses: a systematic review // Gerontology. 2015. Т. 62. №. 1. С. 3–15. <https://doi.org/10.1159/000431285>
- Reland S.* et al. 2005. Reliability of heart rate variability in healthy older women at rest and during orthostatic testing // Aging Clinical and Experimental Research. Т. 17. С. 316-321. <https://doi.org/10.1007/BF03324616>
- Schutzer W. E., Mader S. L.* 2003. Age-related changes in vascular adrenergic signaling: clinical and mechanistic implications // Ageing research reviews. Т. 2. №. 2. P. 169–190. [https://doi.org/10.1016/S1568-1637\(02\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S1568-1637(02)00063-6)

ADAPTIVE RESPONSES OF PRE-RETIREMENT-AGE INDIVIDUALS TO GRAVITATIONAL EXPOSURE

E.D. Veselovskaya, G.A. Sevriukova

Volgograd State Medical University, Volgograd

This study is devoted to identifying the specific features of the body's adaptive responsiveness in pre-retirement-age individuals during an orthostatic test. Cardiac function under conditions of gravity-induced redistribution of systemic blood flow was examined in pre-retirement-age participants (the first comparison group included women aged 50 to 55 years and men aged 55 to 60 years; the second comparison group included women aged 56 to 60 years and men aged 61 to 65 years). Heart rate variability parameters were recorded using the VNS-Spectr system (Neurosoft, Ivanovo). Age-related changes in heart rate regulation were identified in both women and men of pre-retirement age. The authors also determined potential criteria for preclinical disturbances in heart rate regulation in pre-retirement-age individuals, which should be taken into account when developing health preservation programs for the working population over 50 years of age.

Keywords: *heart rate variability, pre-retirement-age individuals, orthostatic test*

Об авторах:

ВЕСЕЛОВСКАЯ Екатерина Дмитриевна – аспирант кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», г. Волгоград, пл. Павших борцов, д. 1, 400066, e-mail: veselovskaya15@mail.ru.

СЕВРЮКОВА Галина Александровна – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», г. Волгоград, пл. Павших борцов, д. 1, 400066, e-mail: sevryukova2012@yandex.ru.

Веселовская Е.Д. Адаптационные реакции людей предпенсионного возраста на гравитационное воздействие / Е.Д. Веселовская, Г.А. Севрюкова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2026. № 1(81). С. 7-13.

Дата поступления рукописи в редакцию: 22.04.25

Дата подписания рукописи в печать: 05.03.26