

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco645370>

EDN: VGFKOV



# Показатели вариабельности сердечного ритма у мужчин-северян в зависимости от коэффициента атерогенности

И.В. Аверьянова

Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Вегетативный нервный контроль сердечно-сосудистой системы может быть изменён у лиц с дислипидемией и нарушениями липидного обмена.

**Цель.** Сравнительный анализ кратковременных записей кардиоинтервалограмм в выборке мужчин-северян с одновременной оценкой основных характеристик липидограмм в зависимости от величины коэффициента атерогенности.

**Материалы и методы.** В исследованиях приняли участие 118 мужчин 28–58 лет (средний возраст 42,5±0,5 года). Использовали фотометрические, иммунохемилюминесцентные методы исследования, а также стандартные методы оценки вариабельности сердечного ритма и физического развития.

**Результаты.** Полученные данные показали, что у 53% обследованных мужчин имелись атерогенные нарушения липидного обмена, тогда как для 47% были характерны оптимальные показатели липидограмм. Установлено, что из 22 анализируемых показателей физического развития, биохимического профиля, а также вариабельности сердечного ритма значимые различия отмечены по 17 показателям. Результаты позволяют сделать заключение об увеличении относительной активности парасимпатического звена вегетативной нервной регуляции в выборке мужчин с оптимальными показателями липидного обмена. Для группы лиц с высокими величинами коэффициента атерогенности характерно наличие вегетативного дисбаланса, проявляющегося относительно высокой симпатической активностью на фоне снижения влияния парасимпатической активности в вегетативном контроле системы кровообращения с одновременной ассоциацией с избыточной массой тела и возрастанием доли общего содержания жира в организме.

**Заключение.** Полученные результаты позволили установить, что лица с нарушением липидного профиля характеризуются относительным доминированием симпатической активности, что предполагает достаточно неблагоприятное прогностическое значение в качестве предиктора риска осложнения сердечно-сосудистых заболеваний. В целом результаты настоящего исследования направлены на расширение использования метода оценки вариабельности сердечного ритма, отражающего как вегетативные, так и физиологические аспекты, связанные в том числе с липидным профилем и соматометрическим статусом, что подчёркивает потенциал совокупности данных показателей для получения перспективных маркеров благополучия системы кровообращения.

**Ключевые слова:** мужчины; северо-восток России; липидный спектр; вариабельность сердечного ритма; дислипидемия; атерогенность.

## Как цитировать:

Аверьянова И.В. Показатели вариабельности сердечного ритма у мужчин-северян в зависимости от коэффициента атерогенности // Экология человека. 2024. Т. 31, № 9. С. 647–656. DOI: 10.17816/humeco645370 EDN: VGFKOV

Рукопись поступила: 10.01.2025

Рукопись одобрена: 13.02.2025

Опубликована online: 16.03.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco645370>

EDN: VGFKOV

# The relation between heart rate variability and the atherogenicity coefficient in northern men

Inessa V. Averyanova

Scientific Research Center "Arktika" Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The autonomic nervous control of the cardiovascular system can be altered in individuals with dyslipidemia and lipid metabolism disorders.

**AIM:** This study aimed to comparatively analyse short-term cardio interval recordings in a sample of Northern men and to simultaneously assess main values of the lipid pictures according to the atherogenicity coefficient.

**MATERIALS AND METHODS:** One hundred and eighteen men aged 28–58 (mean age was  $42.5 \pm 0.5$  yrs) participated in the survey which was performed with photometric, immunochemiluminescent research methods, as well as standard methods for assessing heart rate variability and physical development.

**RESULTS:** The data obtained in our study showed that 53% of the surveyed men exhibited atherogenic disorders in lipid metabolism, while 47% of subjective lipid pictures showed perfect values. We found significant differences in 17 of 22 indicators of physical development, biochemical profile, and heart rate variability. That suggested the increasing relative activity of the parasympathetic link of autonomic nervous regulation observed in subjects with perfect values of lipid metabolism while those with high values of the atherogenicity coefficient demonstrated autonomic imbalance which could be seen in relatively high sympathetic activity along with the reduced influence of parasympathetic activity in the autonomic control of the circulatory system with simultaneous association with overweight and accelerated proportion of the total body fat.

**CONCLUSION:** The impaired lipid profile proved to be closely related to the dominance of sympathetic activity that is assumed to be an unfavorable predictor of the risk for cardiovascular complications. In general, the results are intended to spread the use of the heart rate variability assessing method since it shows both autonomic and physiological aspects related, particularly, to the lipid profile and somatometric status, which undoubtedly emphasizes the potential of these indicators to obtain markers for the circulatory system proper functioning.

**Keywords:** men; Northeast of Russia; lipid spectrum; heart rate variability; dyslipidemia; atherogenicity.

## To cite this article:

Averyanova IV. The relation between heart rate variability and the atherogenicity coefficient in northern men. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(9):647–656. DOI: 10.17816/humeco645370 EDN: VGFKOV

Submitted: 10.01.2025

Accepted: 13.02.2025

Published online: 16.03.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco645370>

EDN: VGFKOV

# 北方男性心率变异性指标取决于动脉粥样硬化系数

Inessa V. Averyanova

Scientific Research Center "Arktika" Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

## 摘要

**论证。**血脂异常和脂质代谢紊乱患者的心血管系统自主神经控制可能会发生改变。

**目的。**根据动脉粥样硬化系数的数值，比较分析样本中北方男性心血管间歇图的短期记录，同时评估血脂图的主要特征。

**材料和方法。**在研究中，118名28~58岁的男性（平均年龄为 $42.5 \pm 0.5$ 岁）参与了研究。使用了光度学、荧光免疫化学检测方法，还采用了标准的心率变异性性和身体发育评估方法。

**结果。**所获得的数据显示，53%的受检男性存在动脉粥样硬化的脂质代谢紊乱，而47%的受检男性具有最佳的脂类谱分析指标。已确认，在22项分析的身体发展指标、生物化学概况，以及心律变异性中，有17项指标显示出显著差异。根据这些结果可以得出结论，在具有最佳脂质代谢指标的男性样本中，自律神经调节的副交感神经环节的相对活动有所增加。动脉粥样硬化系数高的人群的特点是自律神经失衡，表现为交感神经活动相对较高，而副交感神经活动对循环系统自律神经控制的影响却在下降，同时，还伴有体重过重和体内总脂肪比例增加。

**结论。**研究结果表明，血脂异常人群的交感神经活动相对占优势，这表明交感神经活动作为心血管疾病并发症风险的预测因子，具有相当不利的预后意义。总体而言，本研究的结果旨在扩大心率变异性评估方法的使用范围，该方法同时反映了与血脂状况和体格测量状况等相关的自律神经和生理方面，为了获得循环系统良好的远景指示标，强调这些指标的整体潜力。

**关键词：**男性；俄罗斯东北部；血脂谱；心率变异性；血脂异常；动脉粥样硬化。

## 引用本文：

Averyanova IV. 北方男性心率变异性指标取决于动脉粥样硬化系数. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(9):647–656.  
DOI: 10.17816/humeco645370 EDN: VGFKOV

收到: 10.01.2025

接受: 13.02.2025

发布日期: 16.03.2025

## ОБОСНОВАНИЕ

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) — это показатель, используемый для оценки модуляции вегетативной нервной системы (ВНС) на сердечном синусовом узле [1], что позволяет регистрировать изменение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатических либо парасимпатических влияний на сердечно-сосудистую систему, а также прогнозировать и оценивать степень её адаптационных возможностей и организма в целом [2]. В условиях относительного покоя экономичность функций организма связана с возрастанием парасимпатической регуляции, при этом высокие значения ВСР указывают на оптимальное функционирование вегетативного контроля сердца, а также на высокую способность к саморегуляции, адаптивности [3] и в целом являются признаками эффективных вегетативных механизмов [2]. Показано, что ВСР как демонстрация функций автономной нервной системы отражает здоровье человека и его благополучие [4]. Напротив, относительно низкие значения ВСР указывают на неадекватное функционирование саморегуляции и более высокий риск сердечно-сосудистых заболеваний [5].

Известно, что активность ВНС и факторы риска тесно взаимосвязаны между собой, поскольку дисбаланс ВНС способствует созданию предпатологической среды для гипертонии, нарушения биохимического профиля, а также изменения эндотелиального гомеостаза в пользу протромботического и провоспалительного состояния, что в итоге приводит к увеличению риска сердечно-сосудистых заболеваний [6, 7].

Липидный профиль — это стандартный диагностический тест на дислипидемию, который проводится натощак [8]. Дислипидемия относится к нарушениям метаболизма липопротеидов, включая триглицериды, общий холестерин (ОХС), холестерин липопротеидов низкой и высокой плотности [9], и является основным фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний [10]. Необходимо отметить, что за последние два десятилетия заболеваемость и распространённость дислипидемии постепенно увеличивается [10, 11].

При этом об ассоциации нарушений липидного профиля и показателей ВСР имеется ограниченное количество данных. Предыдущие исследования показали, что гипертония, ожирение, диабет и нарушение метаболизма глюкозы, а также дислипидемия связаны со снижением ВСР [12, 13]. Также показано, что у лиц среднего и пожилого возраста факторы метаболического синдрома ассоциированы с более низкой ВСР [14]. Указывается и на то, что симпатическое преобладание в функции автономной нервной системы способствует повышению артериального давления, снижению чувствительности к инсулину и увеличению уровня триглицеридов в сыворотке [15].

**Цель исследования.** Исходя из вышесказанного, мы предположили, что вегетативный нервный контроль сердечно-сосудистой системы может быть изменён у лиц

с дислипидемией и нарушениями липидного обмена. Чтобы подтвердить или опровергнуть данное предположение, мы проанализировали кратковременные записи кардиоинтервалограмм ВСР в популяционной выборке мужчин-северян с одновременной оценкой основных характеристик липидограмм. Текущее исследование предполагает, что изучение состояния ВНС, основанное на свойствах ВСР, поможет получить данные о связи с физиологическими аспектами, такими как биохимические показатели липидного обмена.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 118 мужчин 28–58 лет (средний возраст —  $42,5 \pm 0,5$  года), относящихся к европеоидам, являющихся уроженцами Магаданской области в 1–3-м поколении, постоянно проживающих на территории области и обследуемых в рамках программы научного мониторинга психофизиологического состояния лиц трудоспособного возраста в условиях северо-востока России «Арктика. Человек. Адаптация» на базе НИЦ «Арктика» ДВО РАН (Магадан). Исследования были проведены в осенне-зимний период 2024 г.

У мужчин определяли основные показатели физического развития: длину тела с точностью до 0,5 см с помощью настенного ростомера, массу тела — с точностью до 0,1 кг с использованием медицинских весов. Из полученных антропометрических характеристик рассчитывали индекс массы тела (ИМТ,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ). С использованием биоимпедансного анализатора «Диамант-Аист» (Россия) определяли общее содержание жира (% от массы тела) в организме.

У испытуемых проводили забор венозной крови натощак из локтевой вены в утренние часы (с 8 до 10 ч) вакуумной системой в лаборатории ООО «Юнилаб-Хабаровск». Содержание ОХС (ммоль/л), триглицеридов (ммоль/л), холестерина липопротеидов высокой плотности (ЛПВП, ммоль/л) и холестерина липопротеидов низкой плотности (ЛПНП, ммоль/л) определяли колориметрическим фотометрическим методом с использованием AU 680 (Beckman Coulter, США). По полученным показателям оценивали атерогенность липидного профиля на основе расчёта коэффициента атерогенности (КА) по следующей формуле:  $\text{КА} = (\text{ОХС} - \text{ЛПВП}) / \text{ЛПВП}$  [16]. Нарушение липидного профиля определяли в соответствии с критериями Российских рекомендаций VII пересмотра 2020 г. [17], а также с учётом руководящих принципов доклада экспертов NCEP [18].

Вариабельность кардиоритма регистрировали при помощи комплекса «Варикард» и программного обеспечения VARICARD-KARDi. Анализ ВСР проводили по общепринятой методике в соответствии с методическими рекомендациями группы Российских экспертов [19]. У испытуемых в состоянии покоя (сидя) регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин); разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов,

или вариационный размах ( $MxDMn$ , мс); стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов ( $SDNN$ , мс); число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов ( $pNN50$ , мс); квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов ( $RMSSD$ , мс); моду ( $Mo$ , мс); амплитуду моды ( $AMo$ , мс); стресс-индекс (индекс напряжения регуляторных систем;  $SI$ , усл. ед.); суммарную мощность спектра временных значений R–R интервалов сердечного ритма ( $TP$ ,  $мс^2$ ); мощность спектра высокочастотного компонента ВСП в диапазоне 0,4–0,15 Гц (дыхательные волны;  $HF$ ,  $мс^2$ ); мощность спектра низкочастотного компонента ВСП в диапазоне 0,15–0,04 Гц (сосудистые волны;  $LF$ ,  $мс^2$ ); мощность спектра очень низкочастотного компонента ВСП в диапазоне 0,04–0,015 Гц ( $VLF$ ,  $мс^2$ ). Также анализировали индекс централизации ( $IC$ , усл. ед.).

До включения в исследование от всех участников было получено письменное информированное согласие. Исследуемые, принимавшие лекарства, которые могут изменять ЧСС, употреблявшие никотин, алкоголь или любые другие запрещённые вещества, имеющие в анамнезе диабет, гипертонию, заболевания щитовидной железы, любые сердечные расстройства, а также заболевания, потенциально связанные с вегетативными расстройствами, были исключены из исследования.

Результаты подвергли статистической обработке с применением пакета прикладных программ Statistica 7.0. Расчёт размера выборки проводили на основе статистической мощности. Проверку на нормальность распределения измеренных переменных осуществляли на основе теста Шапиро–Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представили в виде медианы ( $Me$ ) и интерквартильного размаха в виде  $Q25$  и  $Q75$  перцентилей, а параметрических — как среднее значение и его ошибку ( $M \pm m$ ). При сравнении несвязанных выборок статистическую значимость различий определяли с помощью  $t$ -критерия Стьюдента для независимых выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна–Уитни для выборок с распределением, отличающимся от нормального. Критический уровень значимости ( $p$ ) в работе принимался равным 0,05; 0,01; 0,001 [20].

### Этическая экспертиза

Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013 г.). До включения в исследование от всех участников было получено письменное информированное согласие. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУН НИЦ «Арктика» ДВО РАН (заключение № 002/021 от 26.11.2021).

**Таблица 1.** Основные характеристики липидного профиля и соматометрического статуса мужчин-северян в зависимости от величины коэффициента атерогенности

**Table 1.** Characteristics of the lipid profile and somatometric status in Northern men, depending on the magnitude of the atherogenicity coefficient

Показатели Indicators	Коэффициент атерогенности Coefficient of atherogenicity		Уровень значимости различий The level of significance of the differences
	меньше 3 усл. ед. less than 3 conl. units.	больше 3 усл. ед. more than 3 conl. units.	
Количество, $n$   Quantity ( $n$ )	55 (47%)	63 (53%)	—
Средний возраст, лет   Average age (years)	42,3±0,7	42,7±0,8	$p=0,82$
Масса тела, кг   Body weight (kg)	79,9±1,1	87,0±1,2	$p < 0,001$
Общее содержание жира, % Total fat content (%)	18,1±0,7	20,8±0,6	$p < 0,05$
Длина тела, см Body length (cm)	178,9±0,6	177,5±0,6	$p=0,19$
Индекс массы тела, $кг/м^2$ Body mass index ( $кг/м^2$ )	25,0±0,3	27,6±0,3	$p < 0,001$
Общий холестерин, ммоль/л Total cholesterol (mmol/l)	4,76±0,10	5,93±0,09	$p < 0,001$
Липопротеиды низкой плотности, ммоль/л Low-density lipoproteins (mmol/l)	2,89±0,06	4,10±0,07	$p < 0,001$
Липопротеиды высокой плотности, ммоль/л High-density lipoproteins (mmol/l)	1,47±0,03	1,19±0,02	$p < 0,001$
Триглицериды, ммоль/л   Triglycerides (mmol/l)	0,92±0,04	1,57±0,06	$p < 0,001$
Коэффициент атерогенности, усл. ед. Coefficient of atherogenicity (conl. units)	2,27±0,04	4,04±0,07	$p < 0,001$

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Обследуемые мужчины были разделены на 2 группы в зависимости от величины КА: 1-я группа — лица с КА, не превышающим нормативный диапазон 3 усл. ед. ( $n=55$ , 47%); 2-я группа — лица с КА более 3 усл. ед. ( $n=63$ , 53%), с нарушением липидного профиля (дислипидемией).

В табл. 1 представлены основные показатели липидного обмена, а также соматометрические характеристики обследуемых в зависимости от значения КА. Полученные данные свидетельствуют о том, что из девяти проанализированных показателей биохимического профиля, а также соматометрического статуса значимые различия наблюдались по восьми характеристикам. Так, обследуемые мужчины с КА менее 3 усл. ед. (группа с оптимальным липидным обменом) характеризовались статистически значимо более низкими величинами массы тела, ИМТ, а также общего содержания жира в организме. Показано,

что числовая величина ИМТ в группе мужчин с оптимальным липидным профилем соответствовала нормативным значениям массы тела, тогда как у обследуемых с нарушением липидного профиля была избыточная масса тела. Также для данной группы были характерны более низкие показатели ОХС, ЛПНП, триглицеридов, КА на фоне значимо высокой концентрации ЛПВП.

Показатели ВСР у мужчин с низкими и высокими величинами КА приведены в табл. 2. Из представленных данных видно, что обследуемые двух групп не имели значимых различий по показателям ЧСС, Мо, АМо, VLF. При этом значимо более низкие величины MxDMn, RMSSD, SDNN, pNN50, а также TP, HF и LF были характерны для мужчин с КА, превышающим нормативный диапазон (группе лиц с нарушением липидного профиля), что свидетельствует о снижении активности парасимпатического звена в регуляции сердечного ритма, по сравнению с лицами с оптимальными показателями липидограмм. Необходимо

**Таблица 2.** Показатели вариабельности сердечного ритма у мужчин-северян в зависимости от величины коэффициента атерогенности

**Table 2.** Indicators of heart rate variability in Northern men, depending on the value of the coefficient of atherogenicity

Показатели Indicators	Коэффициент атерогенности   Coefficient of atherogenicity		Уровень значимости различий The level of significance of the differences
	меньше 3 усл. ед. less than 3 conl. units	больше 3 усл. ед. more than 3 conl. units	
Частота сердечных сокращений, уд./мин Heart rate (beats/min)	68,1 (62,1; 73,4)	68,7 (61,9; 76,2)	$p=0,75$
MxDMn, мс (ms)	237,0 (199,5; 320,0)	194,0 (134,3; 294,5)	$p < 0,05$
RMSSD, мс (ms)	35,4 (28,3; 51,0)	30,5 (23,4; 43,0)	$p < 0,05$
pNN50, %	10,2 (3,7; 23,4)	3,8 (1,9; 15,6)	$p < 0,05$
SDNN, мс (ms)	46,5 (37,5; 60,0)	38,1 (27,0; 51,7)	$p < 0,05$
Mo, мс (ms)	885,0 (822,0; 972,5)	870,0 (789,8; 977,5)	$p=0,74$
АМо50, мс (ms)	45,7 (35,3; 56,6)	55,0 (41,6; 72,1)	$p=0,08$
SI, усл. ед. (conl. units)	117,2 (56,7; 165,5)	155,5 (76,9; 352,1)	$p < 0,05$
TP, мс <sup>2</sup> (mc <sup>2</sup> )	1819,0 (1116,7; 3050,0)	1238,8 (717,5; 2474,8)	$p < 0,05$
HF, мс <sup>2</sup> (mc <sup>2</sup> )	457,0 (270,5; 1012,9)	246,0 (148,2; 500,2)	$p < 0,05$
LF, мс <sup>2</sup> (mc <sup>2</sup> )	843,4 (440,8; 1353,4)	547,8 (301,7; 1232,3)	$p < 0,05$
VLF, мс <sup>2</sup> (mc <sup>2</sup> )	371,1 (199,5; 674,0)	366,2 (151,9; 776,1)	$p=0,45$
IC, усл. ед. (conl. units)	2,7 (1,3; 3,6)	3,6 (2,4; 5,3)	$p < 0,05$

**Примечание.** MxDMn — разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов (вариационный размах); RMSSD — квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; pNN50 — число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов; SDNN — стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов; Мо — мода; АМо — амплитуда моды; SI — стресс-индекс (индекс напряжения регуляторных систем); TP — суммарная мощность спектра временных значений R-R интервалов сердечного ритма; HF — мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,4–0,15 Гц (дыхательные волны); LF — мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,15–0,04 Гц (сосудистые волны); VLF — мощность спектра очень низкочастотного компонента вариабельности ритма сердца в диапазоне 0,04–0,015 Гц; IC — индекс централизации.

**Note.** MxDMn is the difference between the maximum and minimum values of the cardiointervals (variation range); RMSSD is the square root of the sum of the differences of a consecutive series of cardiointervals; pNN50 is the number of pairs of cardiointervals with a difference of more than 50 ms in % to the total number of cardiointervals; SDNN is the standard deviation of the complete array of cardiointervals; Mo is the mode; АМо is the amplitude of the mode; SI is the stress index (stress index of regulatory systems); TP is the total power of the spectrum of time values of R-R heart rate intervals; HF is the spectral power of the high-frequency component of heart rate variability in the range of 0.4–0.15 Hz (respiratory waves); LF is the spectral power of the low-frequency component of heart rate variability in the range of 0.15–0.04 Hz (vascular waves); VLF is the spectral power of the very low-frequency component of heart rate variability in the range of 0.04–0.015 Hz; IC is the centralization index.

указать на значимо более высокие величины SI, а также IC в группе мужчин с КА более 3 усл. ед., что является отражением преобладания симпатического звена в обеспечении вегетативного тонуса.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Из 22 анализируемых показателей физического развития, биохимического профиля, а также ВСП значимые различия отмечены для 17. Полученные в нашем исследовании данные демонстрируют, что у достаточного числа обследованных выявлены атерогенные нарушения липидного обмена (53%), которые ассоциированы с избыточной массой тела и повышением общего содержания жира в организме. При анализе данных ВСП получены статистически значимые различия как по временным, так и по частотным показателям между обследуемыми двух групп. Так, представленные данные позволили установить, что статистически значимо более высокие величины MxDMn, которые отражают степень вариативности значений кардиоинтервалов, обусловленную физиологической дыхательной аритмией на фоне активации парасимпатического звена ВНС, наблюдались в группе мужчин с оптимальным липидным спектром. Также для этой группы были характерны значимо более высокие показатели RMSSD, отражающие дисперсию ЧСС от сердцебиения к сердцебиению и являющиеся основной мерой временной области, используемой для оценки вагусно-опосредованных изменений, отражённых в ВСП [21].

Следует указать, что наши результаты временных характеристик кардиоритма в полной мере согласуются с данными, полученными в других исследованиях в сопоставимой возрастной группе, в которых среднее значение RMSSD составило  $35,5 \pm 15,0$  мс [22] и  $35,0 \pm 11,0$  мс соответственно [23].

Более высокие показатели rNN50, которые также в настоящее время используются в качестве маркера ВСП во временной области, используемой для оценки парасимпатической активности, были зафиксированы в группе мужчин с оптимальным липидным обменом. На возрастание роли вагусного влияния в вегетативном контроле сердечно-сосудистой системы также указывают статистически значимо более высокие показатели SDNN в группе мужчин с КА менее 3 усл. ед.

При сравнительном анализе спектральных характеристик ВСП у лиц с различными вариантами КА было установлено, что TP на значимую величину выше в группе с КА ниже 3 усл. ед., при этом величина TP у лиц данной группы была обусловлена вкладом более высоких показателей HF- и LF-составляющих ритма. В настоящее время считается установленным, что HF-составляющая общего спектра связана с дыхательными волнами, обусловленными вагусной активностью [24], преобладание данных волн в структуре спектра ВСП согласуется с представлениями об адапционно-трофическом защитном

действии блуждающего нерва на сердце [3]. Недавние результаты указывают на то, что и низкочастотный диапазон общего спектра в основном отражает блуждающую, а также барорефлексную активность, а не сердечную симпатическую иннервацию, как считалось ранее [1]. Всё это позволяет говорить об увеличении относительной активности парасимпатического звена вегетативной нервной регуляции в выборке мужчин с оптимальными показателями липидного обмена. Тогда как для группы лиц с высокими величинами КА характерно наличие вегетативного дисбаланса, проявляющегося относительно высокой симпатической активностью на фоне снижения влияния парасимпатической активности в вегетативном контроле системы кровообращения.

Известно, что ВНС модулирует несколько ключевых метаболических процессов, включая метаболизм липидов, как посредством прямого нейронного, так и гормонального воздействия. [25]. Гиперхолестеринемия, в частности повышенный уровень ЛПНП, как основной фактор риска развития атеросклеротических сердечно-сосудистых заболеваний связана с изменением симпатической регуляции [26]. Показано, что влияние симпатической нервной системы на метаболизм липидов опосредуется прямой симпатической иннервацией печени и жировых тканей, тогда как влияние парасимпатической нервной системы на метаболизм липидов опосредуется прямой парасимпатической иннервацией из печени. Экспериментальные данные также указывают на то, что нейропептиды Y гипоталамуса также играют стимулирующую роль в созревании и секреции печёночных липопротеинов очень низкой плотности, богатых триглицеридами, которые зависят от симпатической передачи сигналов в печень. Перекрёстные клинические данные подтверждают связь между показателями симпатической активности ВНС и дислипидемией [27]. При этом указывается на то, что симпатическая активация является первичным этиопатогенетическим фактором, а дислипидемия — вторичным проявлением гиперсимпатикотонии [25]. Имеются сведения, что при нарушении метаболического здоровья ведущую роль в патогенезе его компонентов может играть стойкая активация симпатического отдела ВНС [28]. Показано, что факторы метаболического синдрома связаны с аномальной регуляцией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси: повышенной секрецией кортизола, низкой секрецией половых стероидов и гормона роста и активацией симпатической нервной системы [29].

При этом дисфункции в вегетативных регуляторных системах, а именно повышенная активность симпатической нервной системы, вовлечены в патогенез и сердечно-сосудистых осложнений метаболического синдрома [27].

Также обсуждается и другая точка зрения о взаимосвязи вегетативного тонуса и липидного обмена, при которой гиперсимпатикотония рассматривается в виде адаптивного ответа на метаболические нарушения [30].

Имеются данные и о том, что активация симпатической

нервной системы и дислипидемия — это сопряжённые характеристики с избыточной массой тела с достаточной степенью взаимосвязи [26]. Показано, что увеличение симпатической активности фиксируется не только при ожирении, но и при избыточной массе тела, что свидетельствует о перегрузке адренорецепторов, связанной с увеличением массы тела и жировых отложений. У лиц с избыточной массой тела и ожирением симпатическая активация также тесно связана с метаболическими переменными, такими как ОХС в плазме, холестерин ЛПНП и триглицериды [31]. Предоставлены убедительные доказательства того, что состояние ожирения характеризуется симпатической активацией [32], которая уже присутствует в состоянии избыточной массы тела [33]. Сообщается, что симпатовагальный дисбаланс является потенциальным фактором сопутствующих заболеваний, связанных с ожирением, таких как диабет, резистентность к инсулину, гипертония, дислипидемия и дисфункции сердечно-сосудистой системы [34]. Гиперактивность симпатической нервной системы, вероятно, негативно влияет на метаболизм глюкозы, липидный профиль, артериальное давление [26].

Согласно результатам настоящего исследования, анализ показателей по группам, дифференцированным по величине КА, отражает более высокую активность симпатического звена ВНС у лиц с нарушением липидного профиля (КА более 3 усл. ед.), что предполагает достаточно неблагоприятное прогностическое значение в качестве предиктора риска осложнения сердечно-сосудистых заболеваний у обследуемых с нарушением липидного спектра.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что по мере увеличения величины КА, значения которого превышают нормативный диапазон для данного показателя, в регуляции сердечного ритма значительно снижается степень влияния парасимпатического звена, что проявляется уменьшением MxDMn, RMSSD, pNN50, SDNN, TP, HF, LF на фоне возрастания симпатической активности, о чём свидетельствует значимое возрастание SI и IC. Показано, что при нарушении липидного спектра наблюдалось снижение вегетативных функций, которое было связано с уменьшением активности парасимпатического звена ВНС, смещающим симпатовагальный баланс в относительное состояние симпатической активности на регуляцию сердечно-сосудистой системы. Таким образом, исследования продемонстрировали, что показатели ВСП могут представлять вегетативную активность сердца, соответствующую оптимальному уровню или нарушению липидного профиля.

Полученные нами данные указывают на то, что развитие вегетативной дисфункции ассоциировано с нарушением липидного профиля, а также с избыточной массой тела на фоне возрастания общего содержания

жира в организме. Необходимо отметить, что данное исследование направлено на расширение использования метода оценки ВСП, отражающего как вегетативные, так и физиологические аспекты, связанные в том числе с липидным профилем и нарушением показателей физического развития.

Полученные данные в полной мере обеспечивают основу для дальнейших исследований, направленных на изучение состояния ВНС, основанное на свойствах ВСП, для определения связи с физиологическими аспектами, а также подчеркивают потенциал показателей ВСП, наряду с анализом липидограмм и соматометрических характеристик, для получения перспективных маркеров благополучия системы кровообращения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** И.В. Аверьянова — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование. Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (автор внёс существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочёл и одобрил финальную версию перед публикацией).

**Этическая экспертиза.** Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013 г.). До включения в исследование от всех участников было получено письменное информированное согласие. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУН НИЦ «Арктика» ДВО РАН (заключение № 002/021 от 26.11.2021).

**Источник финансирования.** Работа выполнена за счёт бюджетного финансирования НИЦ «Арктика» ДВО РАН в рамках темы «Изучение межсистемных и внутрисистемных механизмов реакций в формировании функциональных адаптивных резервов организма человека «северного типа» на разных этапах онтогенеза лиц, проживающих в дискомфортных и экстремальных условиях с определением интегральных информативных индексов здоровья» (рег. номер АААА-А21-121010690002-2).

**Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

**Оригинальность.** При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

**Доступ к данным.** Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

**Генеративный искусственный интеллект.** При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

**Рассмотрение и рецензирование.** Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** I.V. Averyanova — concept and design, collection and processing of material, writing, editing. Author confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (author have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

**Ethics approval.** The study was conducted in accordance with the principles of the Helsinki Declaration (2013). Prior to inclusion in the

study, written informed consent was obtained from all participants. The research protocol was approved by the local ethics committee of the Federal State Budgetary Scientific Research Center "Arctic" Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (conclusion No. 002/021 dated 11/26/2021).

**Funding source.** The work has been fulfilled with Arktika Scientific Research Center, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, under the financial support of the Russian Federation budget within the framework of the project "Study of intersystem and intrasystem mechanisms involved in developing functional and adaptive reserves of the northern type man at different stages of ontogenesis under discomfort and extreme conditions of residence with the determination of health integral informative indices" (registration number, AAAA-A21-121010690002-2).

**Disclosure of interests.** The authors have no relationships, activities or interests for the last three years related with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

**Statement of originality.** In creating this work, the authors did not use previously published information (text, illustrations, data).

**Data availability statement.** The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, and no new data was collected or created.

**Generative AI.** Generative AI technologies were not used for this article creation.

**Provenance and peer-review.** This paper was submitted to the journal on an unsolicited basis and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers, a member of the editorial board, and the scientific editor of the publication participated in the review.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Health*. 2017;5:258. doi: 10.3389/fpubh.2017.00258
- Ziemssen T, Siepmann T. The investigation of the cardiovascular and sudomotor autonomic nervous systema review. *Front Neurol*. 2019;10:53. doi: 10.3389/fneur.2019.00053
- Reyes del Paso GA, Langewitz W, Mulder LJM, et al. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies. *Psychophysiology*. 2013;50(5):477–487. doi: 10.1111/psyp.12027
- Hassya IA, Sahroni A, Rahayu AW, Laksono ED. The analysis of heart rate variability properties and body mass index in representing health quality information. *Procedia Computer Science*. 2022;197(12):135–142. doi: 10.1016/j.procs.2021.12.127
- Theorell T, Liljeholm-Johansson Y, Björk H, Ericson M. Saliva testosterone and heart rate variability in the professional symphony orchestra after «Public faintings» of an orchestra member. *Psychoneuroendocrinology*. 2007;32(6):660–668. doi: 10.1016/j.psyneuen.2007.04.006
- Bäck M, Yurdagul A Jr, Tabas I, et al. Inflammation and its resolution in atherosclerosis: Mediators and therapeutic opportunities. *Nat Rev Cardiol*. 2019;16(7):389–406. doi: 10.1038/s41569-019-0169-2
- Carandina A, Lazzeri G, Villa D, et al. Targeting the autonomic nervous system for risk stratification, outcome prediction and neuromodulation in ischemic stroke. *Int J Mol Sci*. 2021;22(5):2357. doi: 10.3390/ijms22052357
- Halawani AFM, Alahmari ZS, Asiri DA, et al. Diagnosis and management of dyslipidemia. *Arch Pharma Pract*. 2019;10(4):67.
- Zhu X, Fan Y, Sheng J, et al. Association between blood heavy metal concentrations and dyslipidemia in the elderly. *Biol Trace Elem Res*. 2021;199(4):1280–1290. doi: 10.1007/s12011-020-02270-0
- Xi Y, Niu L, Cao N, et al. Prevalence of dyslipidemia and associated risk factors among adults aged ≥35 years in northern China: a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2020;20(1):1068. doi: 10.1186/s12889-020-09172-9
- Carroll M, Kit B, Lacher D, et al. Trends in lipids and lipoproteins in US adults, 1988–2010. *JAMA*. 2012;308(15):1545–1554. doi: 10.1001/jama.2012.13260
- Singh JP, Larson MG, O'Donnell CJ, et al. Association of hyperglycemia with reduced heartrate variability (The Framingham Heart Study). *Am J Cardiol*. 2000;86(3):309–312. doi: 10.1016/s0002-9149(00)00920-6
- Britton A, Shipley M, Malik M, et al. Changes in heart rate and heart rate variability overtime in middle-aged men and women in the general population (from the Whitehall II Cohort Study). *Am J Cardiol*. 2007;100(3):524–527. doi: 10.1016/j.amjcard.2007.03.056
- Stein R, Ferrari F, Scolarì F. Genetics, dyslipidemia, and cardiovascular disease: new insights. *Curr Cardiol Rep*. 2019; 21(8):68. doi: 10.1007/s11886-019-1161-5
- Brook RD, Julius S. Autonomic imbalance, hypertension, and car-diovascular risk. *Am J Hypertens*. 2000;(6 Pt 2):112S–122S. doi: 10.1016/s0895-7061(00)00228-4
- Klimov AN, Nikulcheva NG. *Lipid and lipoprotein metabolism and its violation: a guide for doctors*. St. Petersburg: Peter Com; 1999. 504 p. (In Russ.)
- Kuharchuk VV, Ezhov MV, Sergienko IV, et al. Diagnostics and correction of lipid metabolism disorders in order to prevent and treat atherosclerosis. Russian recommendations VII revision. *Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias*. 2020;(1):7–40. doi: 10.34687/2219-8202.JAD.2020.01.0002 EDN: ZFAWEI
- National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*. 2002;106(25):3143–3421. doi: 10.1161/circ.106.25.3143
- Baevsky RM, Ivanov GG, Chireikin LV, et al. Analysis of heart rate variability when using various electrocardiographic systems (methodological recommendations). *Journal of Arrhythmology*. 2001;(24):65–83. (In Russ.)
- Borovikov VP. *Statistica. The art of analyzing data on a computer: for professionals*. St. Petersburg: Piter; 2003. 688 p. (In Russ.)
- Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Front Psychol*. 2014;5:1040. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01040
- Bonnemeier H, Richardt G, Potratz J, et al. Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects: differing effects of aging and gender on heart rate variability. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2003;14(8):791–799. doi: 10.1046/j.1540-8167.2003.03078.x
- Zhang J. Effect of age and sex on heart rate variability in healthy subjects. *J Manipulative Physiol Ther*. 2007;30(5):374–379. doi: 10.1016/j.jmpt.2007.04.001
- Grossman P, Taylor EW. Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. *Biol Psychol*. 2007;74(2):263–285. doi: 10.1016/j.biopsycho.2005.11.014
- Straznický NE, Lambert EA, Lambert GW, Esler MD. Autonomic nervous system: metabolic function. In: *Reference module in neuroscience and biobehavioral psychology*. Elsevier; 2017. P. 122–135. doi: 10.1016/b978-0-12-809324-5.01819-8
- Eikelis N, Lambert EA, Phillips S, et al. Muscle sympathetic nerve activity is associated with elements of the plasma lipidomic profile in young Asian adults. *J Clin Endocrinol Metab*. 2017;102(6):2059–2068. doi: 10.1210/jc.2016-3738
- Straznický NE, Nestel PJ, Esler D. Autonomic nervous system: metabolic function. In: *Encyclopedia of Neuroscience*. Elsevier; 2009. P. 951–959. doi: 10.1016/b978-008045046-9.00638-0
- Oganov RG, Mammadov MN, Koltunov IE. Metabolic syndrome: the path from scientific concept to clinical diagnosis. *Vrach*. 2007;(3):3–7. (In Russ.) EDN: KXXVQV

29. Björntorp P, Rosmond R. The metabolic syndrome — a neuroendocrine disorder? *Br J Nutr.* 2000;83(Suppl 1):S49–S57. doi: 10.1017/s0007114500000957
30. Grassi G, Vailati S, Bertinieri G, et al. Heart rate as marker of sympathetic activity. *J Hypertens.* 1998;16(11):1635–1639. doi: 10.1097/00004872-199816110-00010
31. Grassi G, Biffi A, Seravalle G, et al. Sympathetic neural overdrive in the obese and overweight. *Hypertension.* 2019;74(2):349–358. doi: 10.1161/hypertensionaha.119.12885
32. Young JB, Macdonald IA. Sympathoadrenal activity in human obesity: heterogeneity of findings since 1980. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1992;16(12):959–967.
33. Narkiewicz K, Somers VK. Sympathetic nerve activity in obstructive sleep apnoea. *Acta Physiol Scand.* 2003;177(3):385–390. doi: 10.1046/j.1365-201X.2003.01091.x
34. Indumathy J, Pal GK, Pal P, et al. Association of sympathovagal imbalance with obesity indices, and abnormal metabolic biomarkers and cardiovascular parameters. *Obes Res Clin Pract.* 2015;9(1):55–66. doi: 10.1016/j.orcp.2014.01.007

## ОБ АВТОРАХ

\* **Аверьянова Инесса Владиславовна**, д-р биол. наук, профессор ДВО РАН; адрес: Россия, 685000, Магадан, пр-кт Карла Маркса, д. 24; ORCID: 0000-0002-4511-6782; eLibrary SPIN: 9402-0363; e-mail: inessa1382@mail.ru

## AUTHORS' INFO

\* **Inessa V. Averyanova**, Dr. Sci. (Biology), Professor FEB RAS; address: 24 Karl Marx ave, Magadan, Russia, 685000; ORCID: 0000-0002-4511-6782; eLibrary SPIN: 9402-0363; e-mail: inessa1382@mail.ru

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author