

Л.В. Поскотинова^{1,2}, Т.А. Зенченко^{3,4}, А.А. Медведева³, М.А. Овсянкина²

¹ ФГБУН Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН, Архангельск

² Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск

³ ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино

⁴ ФГБУН Институт космических исследований РАН, Москва

Соотношение показателей variability сердечного ритма и дисперсионного картирования электрокардиограммы у человека в условиях пробы с фиксированным темпом дыхания

44

Рассматривается характер соотношений показателей variability сердечного ритма и характеристик групп дисперсионного картирования сердца у женщин в ходе пробы с фиксированным темпом дыхания периодом 10 с. Установлено, что при выраженном дефиците вагусных резервов наблюдается нарушение процессов деполяризации предсердий, проявляющихся в увеличении показателя G1. Усиление уровня централизации управления ритмом сердца и гуморально-метаболических влияний как в фоне, так и при активизации дыхания может обусловить усиление вариаций микроамплитудных колебаний скоростных характеристик начального фронта деполяризации желудочков, что проявляется в увеличении показателя G9.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, дисперсионное картирование электрокардиограммы.

Введение

Метод дисперсионного картирования (ДК) электрокардиограммы (ЭКГ) позволяет оценить микроамплитудные колебания ЭКГ-сигнала как индикатора ионно-электролитных и метаболических изменений в ткани различных областей сердца [1]. Выделяют определенные группы дисперсионных характеристик колебаний ЭКГ (G1–G9) и суммарный индекс «Миокард», которые отражают процессы деполяризации предсердий и де- и реполяризации желудочков. Существует проблема физио-

логической интерпретации групп микроальтераций ЭКГ у здоровых и больных людей, которая заключается в высоких межиндивидуальных различиях реакций данных показателей [2, 3]. Уточнить смысл регистрируемых сигналов может параллельное использование методов, в рамках которых накоплен опыт в отношении показателей с более определенной морфофункциональной интерпретацией. Предполагается, что формирование характеристик G1–G9 отражает как внутренние, автономные электрохимические процессы в миокарде, так и центральные механизмы вегетативной регуляции

L.V. Poskotinova^{1,2}, T.A. Zenchenko^{3,4}, A.A. Medvedeva³, M.A. Ovsyankina²

¹ The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch, RAS, Archangelsk

² Northern (Arctic) Federal University after name M.V. Lomonosov, Archangelsk

³ Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, RAS, Pushchino, Moskovskaya oblast

⁴ Space Research Institute, RAS, Moscow

The relation of heart rate variability and a dispersive electrocardiogram mapping indicators in human during fixed rate breathing test

Association of heart rate variability and dispersive electrocardiogram mapping indicators in women during fixed rate breathing test by the period of 10 s are observed. Disturbance of depolarization processes in auricles that show an increase in dispersive group G1 is associated with expressed vagal reserves deficiency. Intensity of control centralization level by heart rhythm and humoral-metabolic influences both in a background and at active breathing can cause intensifying of high-speed microamplitude characteristics of initial front of ventricles depolarization that reflect an increase of dispersive group G9.

Key words: heart rate variability, dispersive electrocardiogram mapping.

ритма сердца. Исследования соотношений параметров вариабельности сердечного ритма (ВСР) и ДК ЭКГ показали, что у практически здоровых людей с выраженным преобладанием центральной регуляции обнаружена зависимость между степенью напряжения регуляторных систем и величиной дисперсионных отклонений от нормы по показателю «Миокард» [4, 5]. Применение функциональных нагрузок более четко обозначает направленность метаболических изменений миокарда [2]. Так, проба с фиксированным темпом дыхания позволяет определить резерв вагусных влияний на ритм сердца и барорефлекторной активности сосудов, а также различные варианты изменения баланса автономных и центральных механизмов вегетативной регуляции ритма сердца у человека [5–8]. В работах по соотношению показателей ВСР и ДК ЭКГ основное внимание сосредоточено на изменении индекса «Миокард» как интегрального показателя ионно-метаболической активности миокарда. Однако при этом сведения об изменениях конкретных групп дисперсионных характеристик G1–G9 и их связи с параметрами вегетативной регуляции ритма сердца, в том числе в условиях пробы с фиксированным темпом дыхания, ограничены. Система вегетативных влияний на ритм сердца при функциональных нагрузках в соотношении с показателями конкретных характеристик дисперсионного картирования сердца, особенно при минимальных изменениях интегрального показателя «Миокард», может послужить моделью для уточнения механизма влияния внешних факторов, изменяющих электрические свойства миокарда, например в условиях изменения гелиогеомагнитной активности [9].

Цель настоящего исследования — выявление роли уровней вегетативной регуляции ритма сердца в формировании групп вариаций микроамплитудных колебаний электрической активности миокарда у человека в условиях пробы с фиксированным темпом дыхания.

Материалы и методы

На добровольной основе выразили информированное согласие на участие в обследовании 19 женщин (средний возраст $49,3 \pm 1,6$ лет). Все участницы не предъявляли жалоб на момент обследования, не имели в анамнезе сосудистых катастроф (острый инфаркт миокарда, инсульт, нарушения ритма сердца), верифицированных метаболических нарушений и эндокринопатий (сахарный диабет, дисфункции щитовидной железы). 3 человека наблюдались у терапевта по поводу артериальной гипертензии I–II степени с артериальным давлением покоя не выше 145/100 мм рт.ст. на фоне фармакологической коррекции (β -адреноблокаторы, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента). Все обследованные лица представлены в тексте под номерами (с 1 по 19).

Статистические и спектральные показатели вариабельности сердечного ритма оценивали в положении сидя с использованием аппаратного комплекса «Варикард» (ООО «Рамена», Рязань) в три этапа: 5 мин фоновой записи; 5 мин в течение пробы с фиксированным темпом дыхания (ФТД) периодом 10 с [8, 10]; 5 мин последействия со спонтанным дыханием. Приведены данные частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), разности минимального и максимального размаха RR-интервалов (MxRMn, мс), стандартного отклонения RR-интервалов (SDNN, мс), процента количества пар RR-интервалов, различающихся более 50 мс (pNN50, %), индекса напряжения регуляторных систем (ИН, усл. ед.), суммарной

мощности спектра ВСР (total power — TP, мс²), мощности диапазонов 0,4–0,15 Гц (high frequency — HF, мс²), 0,15–0,04 Гц (low frequency — LF, мс²) и 0,04–0,015 Гц (very low frequency — VLF, мс²), соотношение показателей VLF/HF как отражение степени преобладания гуморально-метаболических влияний над вагусными на ритм сердца. Показатели систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД) регистрировали осциллометрическим методом с помощью прибора «А&D» (Япония). Параллельно фиксировали показатели ДК ЭКГ с помощью прибора «Карди-2» (ООО «Медицинские компьютерные системы», Зеленоград) посредством специального программного обеспечения, предоставленного данной фирмой с регистрацией индекса микроальтераций «Миокард» (ИММ, %) и характеристик групп G1–G9, которые получали каждую минуту исследования. Для сопоставления данных ВСР и ДК ЭКГ кардиоритмограммы были фрагментированы по 1 мин с последующей оценкой временных показателей ВСР. Таким образом, для каждого человека были составлены и проанализированы статистические ряды 15 ежеминутных значений временных параметров ВСР и ДК. Статистическую обработку данных осуществляли в среде программы STATISTICA (StatSoft, США) с представлением средних данных в виде медианы и межквартильного размаха на уровнях 25 и 75% значений выборки — Me (25; 75). Использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена, непараметрический критерий Вилкоксона, ранговый критерий χ -квадрата дисперсионного анализа для зависимых выборок.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ усредненных данных показал, что при проведении пробы с фиксированным темпом дыхания показатели артериального давления были разнонаправленными, что не позволило получить значимых общегрупповых статистических различий данного параметра. В ходе пробы значимо увеличивались средние показатели MxRMn и SDNN, а индекс напряжения значимо снижался, что свидетельствовало о преимущественном усилении вагусной активности (табл. 1). Изменения спектральных показателей при этом также были разнонаправленными.

Тем не менее, высокая вариабельность показателя pNN50 не позволила получить статистически значимых различий. Увеличение частоты сердечных сокращений в течение пробы свидетельствует, что наряду с усилением вагусных влияний на ритм сердца также усиливается и чувствительность адренорецепторов, что служит косвенным признаком повышения потребности организма в кислороде. Таким образом, совокупность реакций артериального давления, ЧСС и ВСР свидетельствует о сложном нелинейном характере взаимодействий симпатических и вагусных влияний сердечной деятельности, что и определило повышение биоэлектрической неустойчивости миокарда.

Индивидуальный анализ показал, что у 11 из 19 человек проба была расценена как положительная, так как показатели MxRMn, pNN50, SDNN и TP были увеличены в результате пробы на фоне снижения ИН. У 6 человек проба была расценена как смешанная, поскольку не все показатели однозначно изменялись в соответствии с критериями повышения вагусной активности. У 2 человек проба была отрицательной, так как у них в течение пробы вышеуказанные показатели снижа-

Таблица 1. Показатели вариабельности сердечного ритма при проведении пробы с фиксированным темпом дыхания (ФТД) у женщин (Me [25; 75]), n=19

Показатель	Фон (1)	ФТД (2)	После ФТД (3)	p
Частота сердечных сокращений, уд/мин	71,12 (63,65; 77,50)	72,40 (66,34; 80,31)	69,91 (65,12; 77,74)	$p_{1-2}=0,017$ $p_{2-3}=0,136$
MxRMn, мс	1,24 (1,18; 1,40)	1,37 (1,28; 1,53)	1,27 (1,21; 1,40)	$p_{1-2}<0,001$ $p_{2-3}=0,004$
pNN50, %	2,50 (1,20; 24,31)	10,20 (3,08; 26,02)	2,24 (0,30; 23,95)	$p_{1-2}=0,116$ $p_{2-3}=0,017$
SDNN, мс	35,13 (27,44; 52,32)	60,19 (43,85; 90,26)	35,64 (29,50; 63,93)	$p_{1-2}<0,001$ $p_{2-3}<0,001$
Индекс напряжения, усл. ед.	177,66 (69,72; 321,15)	88,06 (56,40; 126,00)	173,19 (57,19; 252,27)	$p_{1-2}<0,001$ $p_{2-3}=0,001$

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: все сокращения приведены в тексте.

лись на фоне повышения симпатической активности — ИН. Учитывая разнонаправленность показателей вариабельности сердечного ритма при ФТД, характеризующих вагусную активность, решено выделить типы людей со смешанной реакцией для более четкого соотнесения в дальнейшем показателей ВСР и ДК.

Общегрупповые статистически значимые различия показателей дисперсионного картирования в ходе проведения пробы ФТД не выявлены, в связи с чем проведен индивидуальный анализ показателей ВСР и ДК. Установлено, что наиболее часто регистрировали изменения дисперсионной группы G1 (у 16 из 19 человек значениями от 3 до 14) и G9 (у 10 человек значениями от 1 до 17); изменения показателей других дисперсионных групп были единичными.

Статистический анализ корреляций рангов показателей вагусной активности MxRMn, pNN50, SDNN и дисперсии группы G1 показал, что усиление вагусных влияний на ритм сердца статистически связано было со снижением показателя G1 у 3 человек, а еще у 3 — с увеличением показателя G1. У 3 человек из 16 снижение показателя G1 было вместе с изменениями показателя G9 и повышением показателя VLF/HF, а у остальных 7 человек из 16 значения G1 были разнонаправлены по отношению к изменению дисперсии ЧСС в течение всего времени измерений. У группы лиц с положительной связью вагусных влияний и показателя G1 в результате пробы увеличился показатель VLF/HF, что свидетельствовало об усилении на ритм сердца вегетативных влияний надсегментарного уровня или гуморально-метаболической составляющей симпатической регуляции. У обследованной № 8 при этом проба ФТД была смешанной, а у обследованной № 3 — отрицательной на фоне повышения ИММ с 16 до 20%.

Таким образом, изменение дисперсии микроальтернаций группы G1 может быть обусловлено регуляторным влиянием центральных механизмов вегетативной нервной системы. При этом усиление вагусных влияний на ритм сердца при сохранных резервах вагусной регуляции и минимальном вмешательстве надсегментарных структур вегетативной регуляции способствует увеличению синхронизации процессов деполяризации клеток миокарда в районе предсердий, что проявляется снижением показателя G1. В работах других авторов [2, 3] указывались возможные механизмы, отражающие изменения показателей микроальтернаций ЭКГ — изменения кровоснабжения миокарда, ионно-электролитные

перестройки, дистрофические процессы при патологии. Можно предположить, что в условиях дефицита вагусных резервов усиление показателя группы G1, который отражает деполяризационные процессы в районе правого предсердия, связано с нарастанием уровня централизации вегетативного управления ритмом сердца и может отражать либо провоцировать нестабильность функции синусового узла. Кроме того, активизация дыхания у лиц с нарушением кардиореспираторного сопряжения может вызвать колебания венозного возврата к сердцу и значительные изменения гемодинамической нагрузки в предсердиях, что также может привести к усилению неупорядоченной электрической активности миокарда в данной области сердца. Индекс «Миокард» при увеличении показателя G1 при этом претерпел минимальные изменения и увеличился до 20% лишь у обследованной № 3, у которой проба была отрицательной.

Роль вегетативной регуляции надсегментарного уровня регуляции наиболее значимо отразилась при анализе связи вегетативных параметров и показателя G9 в динамике исследования. Следует отметить, что из 10 человек с наличием ненулевых значений показателей G9 в течение исследования лишь у трех проба с ФТД была положительной, у 2 — отрицательной, у остальных 5 — смешанной. При этом лишь у 1 человека (№ 16) после пробы с ФТД показатель VLF/HF снизился, однако фоновый показатель VLF был весьма высок (48% суммарной мощности спектра ВСР) и после пробы снизился незначительно (до 31%) на фоне высокого ИН — 252 усл. ед. У остальных 9 человек показатель VLF/HF повышался в пробе с ФТД относительно фона.

В норме при пробе с ФТД частотой 6 дыхательных циклов в минуту (период 10 с) происходит сдвиг доминирующего пика в структуре спектра ВСР в LF-диапазоне на уровне 0,1 Гц и формированием гармонического пика в HF-диапазоне на уровне 0,2 Гц, что соответствует фазе вдоха периодом 5 с. При этом удельный вес показателя VLF становится минимальным. Следовательно, сохранение либо усиление вегетативных влияний центрального уровня на ритм сердца в данных условиях может свидетельствовать о снижении резервов автономной регуляции ритма сердца. В настоящем исследовании у 5 человек повышенные значения группы G9 сохранялись на протяжении всего наблюдения независимо от этапа пробы и дисперсии ЧСС. У 5 человек при усилении вагусных влияний на ритм сердца выявлено статистически значимое увеличение дисперсии группы

G9. То есть усиление уровня централизации управления ритмом сердца и гуморально-метаболических влияний как в фоне, так и при активизации дыхания может обусловить усиление вариаций микроамплитудных колебаний скоростных характеристик начального фронта деполяризации желудочков [3], возможно, на уровне атриовентрикулярного узла.

Наиболее показательные примеры приведены ниже. Как видно из табл. 2 и рис. 1, у обследованной № 2 с признаками артериальной гипертензии и симпатикотонии при пробе ФТД происходило небольшое увеличение показателя MxRMn, снижение ИН, увеличение TP. Однако увеличения показателя pNN50 не было, что позволило расценить пробу как смешанную в отношении сохранности вагусных резервов. Снижение показателя VLF происходило незначительно, а пик в HF-диапазоне на частоте 0,2 Гц не был сформирован, что и обусловило повышение соотношения VLF/HF при ФТД. Показатель

Таблица 2. Показатели вариабельности сердечного ритма обследованной № 2, 1960 г.р.

Показатель	Фон (1)	ФТД (2)	После ФТД (3)
САД, мм рт.ст.	147	138	151
ДАД, мм рт.ст.	101	93	103
ЧСС, уд/мин	72	75	73
MxRMn, мс	1,17	1,28	1,23
pNN50, %	0,56	0,53	2,24
ИН, усл. ед.	330	126	206
TP, мс2	695	1956	821
HF, мс2	190,75	45,16	254,75
LF, мс2	233,36	1650,45	205,65
VLF, мс2	124,77	108,44	98,93
VLF/HF	0,65	2,40	0,39

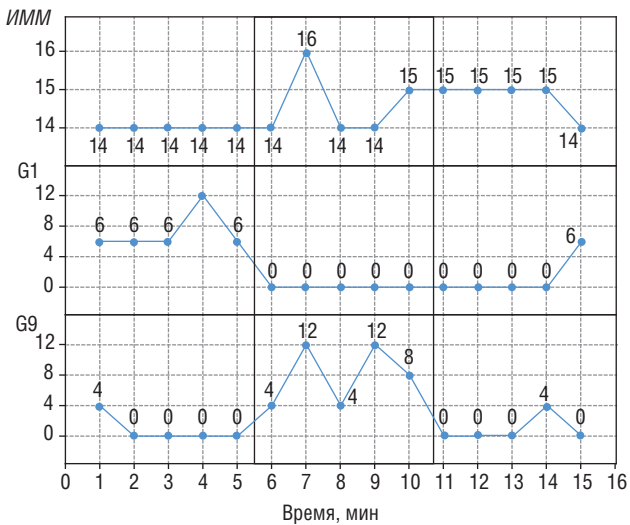


Рис. 1. Показатели характеристик дисперсионного картирования ЭКГ в ходе пробы с фиксированным темпом дыхания у обследованной № 2 (ИММ, %, группы G1 и G9 в усл. ед.). Прямоугольником выделено время проведения пробы ФТД. *Примечание.* Здесь и на рис. 2, 3: ИММ — индекс микроальтернаций «Миокард».

ИММ сохранялся в пределах рекомендуемой нормы (до 17%). Показатели G1 и G9 статистически значимо изменялись в динамике этапов пробы ($p=0,015$ и $p=0,022$, соответственно).

Пример показателей обследуемой № 9, изложенный в табл. 3 и рис. 2, отражает показатели практически здоровой женщины, у которой, тем не менее, увеличения показателя pNN50 не выявлено, что так же, как и в предыдущем примере, позволило расценить пробу ФТД как смешанную.

Обращает на себя внимание повышение артериального давления, а также увеличение показателя VLF как в ходе пробы, так и после ФТД. Показатель VLF/HF также был повышен в ходе пробы, показатель ИММ практически не менялся. А показатель G9 значимо увеличивался при ФТД ($p=0,040$). В данном случае снижение показателя pNN50 коррелировало с увеличением показателя G1 ($r=-0,69$; $p<0,05$).

Таблица 3. Показатели вариабельности сердечного ритма обследованной № 9, 1960 г.р.

Показатель	Фон (1)	ФТД (2)	После ФТД (3)
САД, мм рт.ст.	121	128	139
ДАД, мм рт.ст.	82	86	84
ЧСС, уд/мин	60	61	61
MxRMn, мс	1,17	1,30	1,23
pNN50, %	24,31	9,42	26,36
ИН, усл. ед.	152	64	107
TP, мс2	1079	2182	1765
HF, мс2	592,26	165,41	680,80
LF, мс2	256,13	1730,18	400,22
VLF, мс2	127,29	190,00	264,51
VLF/HF	0,21	1,15	0,39

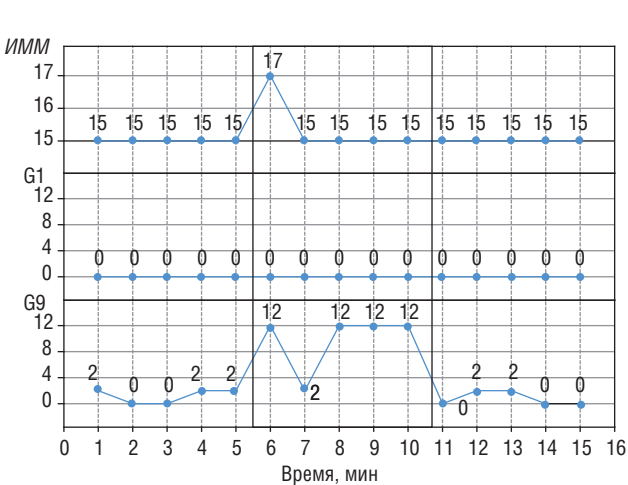


Рис. 2. Показатели характеристик дисперсионного картирования ЭКГ в ходе пробы с фиксированным темпом дыхания у обследованной № 9 (ИММ, %; группы G1 и G9 в усл. ед.). Прямоугольником выделено время проведения пробы ФТД.

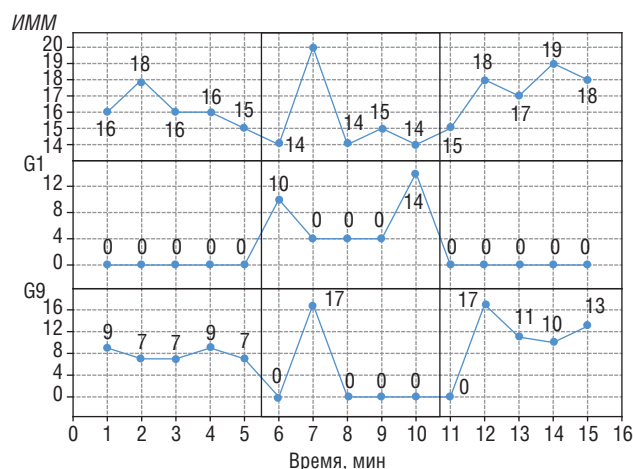


Рис. 3. Показатели характеристик ДК ЭКГ в ходе пробы ФТД у обследованной № 3 (ИММ, %; группы G1 и G9 в у.е.). Прямоугольником выделено время проведения пробы ФТД.

Изменения показателей ДК ЭКГ у обследованной № 3 с признаками артериальной гипертензии без приверженности к лечению и медикаментозной коррекции (САД/ДАД в фоне 131/101 мм рт.ст.) свидетельствуют о выраженном снижении вагусных резервов (отрицательная проба с ФТД). Так, показатель TP в ходе пробы снизился с 1282 до 1247 мс², а pNN50 с 1,34 до 0,77%; ИН остался почти неизменным — на уровне 188 усл. ед. Мощность VLF-спектра ВСР возросла с 203,3 до 447 мс², или с 20 до 43% суммарной мощности ВСР. На фоне повышения индекса «Миокард» до 20% происходит также тенденция усиления характеристик групп G1

и G9, причем подъемы показателя G9 регистрировали и после пробы (рис. 3).

Таким образом, усугубление дефицита вагусного влияния ассоциировано с усилением электрической нестабильности миокарда предсердий и желудочков в начальную фазу деполаризации.

Заключение

Независимо от исходного уровня здоровья при относительно сохранных автономных механизмах сердечной регуляции у человека при активизации вагусных влияний на ритм сердца может происходить стабилизация электрической активности сердца, проявляющаяся в снижении показателей дисперсии G1. При выраженном дефиците вагусных резервов наблюдается нарушение процессов деполаризации предсердий, проявляющихся в увеличении показателя G1. Усиление уровня централизации управления ритмом сердца и гуморально-метаболических влияний как в фоне, так и при активизации дыхания может обусловить усиление вариаций микроамплитудных колебаний скоростных характеристик начального фронта деполаризации желудочков, что проявляется в увеличении показателя G9. Параллельное исследование показателей variability сердечного ритма и микроальтераций ЭКГ может уточнить причины электрической нестабильности миокарда. Они могут быть как внутренние (дистрофические, дисэлектролитные, гипоксические, воспалительные процессы в миокарде), так и внешние, обусловленные гуморально-метаболическими системными нарушениями и вегетативными влияниями надсегментарного уровня, что важно учитывать при формировании программы фармакотерапии для конкретного пациента.

ЛИТЕРАТУРА

- Сула А.С., Рябыкина Г.В., Гришин В.Г. Метод дисперсионного картирования ЭКГ. Биофизические основы метода дисперсионного картирования. Новые методы электрокардиографии / под ред. С.В. Грачева, Г.Г. Иванова, А.Л. Сыркина. М.: Техносфера. 2007. С. 369–425.
- Иванов Г.Г., Агафошина Е.В., Кузнецова С.Ю., Халаби Г. Дисперсионное картирование и анализ микроальтераций: Десять лет спустя. *Функциональная диагностика*. 2011; 3: 71–74.
- Эльгаили А., Ахмед М., Павлюк Т.В. и др. Показатели дисперсионного картирования ЭКГ при проведении нагрузочных тестов. В кн.: Методы нелинейного анализа в кардиологии и онкологии: Физические подходы и клиническая практика. Вып. 2 / под ред. Р.Р. Назирова. М.: КДУ. 2010. С. 42–52.
- Шлык Н.И., Баевский Р.М., Сапожникова Е.Н. и др. Анализ variability сердечного ритма и дисперсионного картирования ЭКГ у участников параллельных исследований «Марс-500» с различными преобладающими типами вегетативной регуляции (Ижевская экспериментальная группа) / Материалы V Всероссийского симпозиума с международным участием «Вариability сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение». Ижевск: УдГУ. 2011. С. 559–571.
- Ешманова А.К. Variability сердечного ритма и состояние миокарда при воздействии «сухой» иммерсии. Автореф. дис. канд. мед. наук. Москва. 2009. 25 с.
- Баевский Р.М., Берсенева Е.Ю., Максимов А.Л., Соболев А.М. Оценка функциональных резервов организма у альпинистов на основе анализа variability сердечного ритма / Материалы 5-й научно-практической конференции «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы». Москва. 2003. С. 287–292.
- Берсенева Е.Ю. Variability сердечного ритма у здоровых людей при функциональных нагрузках на кардиореспираторную систему. Автореф. дис. канд. биол. наук. Москва. 2002. 20 с.
- Михайлов В.М. Variability ритма сердца: опыт практического применения. Иваново: Иван. гос. мед. академия. 2002. 290 с.
- Зенченко Т.А., Мерзлый А.М., Дроздов А.В., Вечерухин Н.М. Результаты синхронной регистрации мгновенных нарушений электропроводимости миокарда и вариаций геомагнитного поля в диапазоне 3–30 мин во время магнитной бури / Материалы 8-й зимней молодежной школы-конференции «Магнитный резонанс и его применение Spinus-2011». Санкт-Петербург. 2011. С. 149–153.
- Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Рябыкина Г.В. Современное состояние исследований по variability сердечного ритма в России. *Вестник аритмологии*. 1999; 14: 71–75.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Поскотинова Лилия Владимировна, доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, доцент, заведующая лабораторией биоритмологии ФГБУН Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН

Адрес: 163000, Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249

Тел./факс: (8182) 65-29-95

E-mail: liliya200572@mail.ru

Зенченко Татьяна Александровна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, старший научный сотрудник ФГБУН Институт космических исследований РАН

Адрес: 142290, г. Пушкино Московской области, ул. Институтская, 3,

Тел.: (497) 73-92-62, факс: (4967) 33-05-53; **E-mail:** zench@mail.ru

Медведева Анна Александровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН

Адрес: 142290, г. Пушкино Московской области, ул. Институтская, 3,

Тел.: (497) 73-92-62, факс: (4967) 33-05-53; **E-mail:** gera-pa@yandex.ru

Овсянкина Марина Александровна, старший преподаватель Северного арктического федерального университета,

Адрес: 163000, Архангельск, пр. Ломоносова, 249

Тел.: (8182) 65-29-95

E-mail: liliya200572@mail.ru