

УДК 616.83:616.858-022.213

ОЦЕНКА ЭФФЕКТА КУРСА КРАТКОСРОЧНЫХ СЕАНСОВ “СУХОЙ” ИММЕРСИИ НА АВТОНОМНУЮ РЕГУЛЯЦИЮ У БОЛЬНЫХ С ПАРКИНСОНИЗМОМ

© 2021 г. Л. И. Герасимова-Мейгал¹*, Н. В. Сиренева¹, А. Ю. Мейгал¹

¹ФГБОУ ВО Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

*E-mail: gerasimova@petersu.ru

Поступила в редакцию 17.12.2020 г.

После доработки 29.12.2020 г.

Принята к публикации 23.03.2021 г.

Целью исследования было изучение влияния курса семи краткосрочных сеансов “сухой” иммерсии (СИ) на автономную регуляцию у пациентов с паркинсонизмом. В исследовании принимали участие 7 пациентов с паркинсонизмом (5 мужчин и 2 женщины в возрасте 51–66 лет, с тяжестью заболевания 1–3 по шкале *H&Y*). Анализ временных и спектральных параметров variability ритма сердца (ВРС), контроль артериального давления (АД) проводили в условиях фоновой пробы, во время глубокого управляемого дыхания и при ортостатической пробе перед проведением курса СИ, сразу после курса и через две недели. Анализ ВРС у больных с паркинсонизмом показал значительное снижение реактивности автономной нервной системы, определяемое по низким значениям временных параметров ВРС (*SDNN*, *RMSSD*, *pNN50*, *CV*), а также общей мощности, *LF*- и *HF*-компонентов спектра. Курс из семи сеансов СИ вызвал снижение АД, однако не оказал существенного влияния на показатели ВРС в покое и при функциональных пробах, что отражает стойкие нарушения автономной регуляции у пациентов с паркинсонизмом. Особенности реактивности пациентов с паркинсонизмом обуславливают необходимость тщательного отбора кандидатов и проведения мониторинга функции сердечно-сосудистой системы во время процедуры при использовании СИ для реабилитации.

Ключевые слова: паркинсонизм, “сухая” иммерсия, variability ритма сердца, артериальное давление, глубокое управляемое дыхание, ортостатическая проба.

DOI: 10.31857/S0131164621040044

Моделирование микрогравитации применяется в космической медицине и физиологии для изучения эффектов невесомости на организм, разработки методов предупреждения отрицательных реакций организма в условиях космического полета [1, 2]. “Сухая” иммерсия (СИ) является одним из широко используемых методов создания аналоговой микрогравитации, наряду с антиортостатической гипокинезией (*bed-rest*) и параболескими полетами [2]. СИ имитирует ряд факторов невесомости (перераспределение внеклеточной жидкости организма, гипокинезия, безопорность), считается адекватным и наиболее щадящим методом симуляции микрогравитации, поскольку перераспределение крови к голове при ней не такое выраженное, как при других способах имитации невесомости, в частности, антиортостатической гипокинезии (*bed-rest*) [1, 3, 4].

Во время СИ происходят довольно сложные изменения гемодинамики: увеличение венозного возврата к сердцу за счет сдавливания периферических тканей, повышение сердечного выброса,

увеличение притока крови к голове и верхней части тела, изменение активности барорецепторного рефлекса и механизмов натрийуреза [1, 5]. Механизмы развития кардиогемодинамических эффектов в условиях СИ до сих пор не совсем понятны, многие авторы отмечают неоднозначность и противоречивость представлений о механизмах регуляции перфузии, которые происходят на разных уровнях системы кровообращения во время СИ [2, 5, 6]. Кардиогемодинамика неоднозначно изменяется в течение времени при проведении сеансов СИ, отражая компенсаторные процессы в организме. Наиболее существенные изменения наблюдаются при длительных, многодневных исследованиях [1, 5, 6]. Одним из нежелательных последствий СИ является ортостатическая гипотензия, которая часто проявляется у испытуемых после продолжительных сеансов [1].

Несмотря на известные возможные побочные эффекты СИ, в последнее время метод находит свое применение в реабилитационных программах пациентов с патологией нервной системы,

кровообращения, опорно-двигательного аппарата. Есть данные об индукции расслабления мышц, уменьшении спастичности и мышечного тонуса, а также гипотензивном эффекте при применении СИ [1]. В спортивной медицине сеансы СИ используются для восстановления физического состояния атлетов после интенсивных тренировок [1]. В отличие от задач космической физиологии, в которых производится моделирование микрогравитации в течение продолжительного периода от нескольких суток до нескольких недель, для реабилитации используются короткие сеансы СИ, продолжительностью до двух часов, которые в большинстве случаев не вызывают опасных нарушений функции организма [1].

В нашем предыдущем исследовании было показано уменьшение некоторых моторных и немоторных симптомов у пациентов с паркинсонизмом после курса 7 коротких сеансов СИ [7, 8]. Несмотря на недостаточность реактивности автономной нервной системы, как следствие нейродегенеративных процессов в структурах ЦНС при паркинсонизме [9, 10], а также возрастных изменений реактивности организма [11], пациенты с паркинсонизмом показали хорошую переносимость коротких сеансов СИ. В течение сеанса наблюдалось изменение временных и спектральных характеристик вариабельности ритма сердца (ВРС), отражающее компенсаторные реакции автономной нервной системы, незначительное гемодинамически незначимое снижение диастолического артериального давления (АД) [12]. После прохождения курса СИ у пациентов с паркинсонизмом отмечено уменьшение числа симптомов, связанных с автономной дисфункцией [8].

Вместе с тем, остаются неизвестными долгосрочные эффекты курса СИ на функции различных систем организма пациентов с паркинсонизмом. Целью данного исследования было изучение влияния курса краткосрочных сеансов СИ на автономную регуляцию у пациентов с паркинсонизмом.

МЕТОДИКА

Исследование выполняли с участием 7 пациентов с паркинсонизмом (5 мужчин и 2 женщины в возрасте 51–66 лет, с тяжестью заболевания 1–3 по шкале *H&Y*). Два пациента принимали участие несколько раз с интервалом в один календарный год: один пациент участвовал два раза, другой пациент – четыре раза. Всего было собрано 11 наблюдений. Общие принципы отбора пациентов с паркинсонизмом для участия в исследовании, критерии включения и исключения, и клинико-неврологическое обследование представлены в работах [7, 8]. Для анализа ВРС в исследуемую группу были включены пациенты с устойчивым синусовым ритмом, отсутствием аритмий в ана-

мнезе и при проведении пробных тестов, не принимающих фармакотерапии, влияющей на автоматию сердца и автономную регуляцию [13, 14]. Сеансы СИ и функциональные исследования проводили в фиксированное время после приема антипаркинсонических препаратов (обычно в 9 утра). Антропометрические характеристики испытуемых определяли перед проведением курса СИ: рост 171–183 см, массу тела 77–84 кг, индекс массы тела (ИМТ) 23.8–26.3, в среднем 25.0 ± 2.8 . Степень автономной дисфункции по шкале А.М. Вейна I составляла 18–27 баллов, по шкале А.М. Вейна II – 14–25 баллов [15].

Сеанс СИ проводили с помощью комплекса “МЕДСИМ” (ООО “ЦАМТ”, Россия). Подробное описание сеанса СИ и контроля состояния испытуемого представлено в работах [7, 8]. При проведении сеанса СИ испытуемого, обернутого в водонепроницаемую пленку, в горизонтальном положении с помощью ложементов погружали в ванну с теплой ($T_v = 32\text{--}33^\circ\text{C}$) пресной водой до уровня верхней части груди. Большая часть головы, шея и верхняя часть груди оставались над уровнем воды. Испытуемый принимал удобное положение своего тела, располагая руки на груди или вытягивая их вдоль туловища.

Курс СИ состоял из 7 сеансов по 45 мин с интервалом в 3–4 дня в течение 27–30 дней. Суммарная продолжительность СИ составила 5 ч и 15 мин. Оценку автономной регуляции по данным ВРС и кардиоваскулярных тестов выполняли: перед проведением курса СИ (T_0), после курса СИ (на следующие сутки после седьмого сеанса СИ, T_1), через две недели после курса СИ (T_2). В точке исследования T_2 проводили анализ ВРС пяти испытуемых, т.к. некоторые участники отказались от проведения исследований по личным мотивам.

Функциональные исследования выполняли в условиях лаборатории (температура в помещении $22\text{--}24^\circ\text{C}$, в среднем $22.9 \pm 1.1^\circ\text{C}$, влажность 50–60%, скорость движения воздуха менее 0.1 м/с) после 30-минутного нахождения испытуемого в помещении для стабилизации температуры кожи.

Оценку автономной нервной системы проводили на основе анализа временных и спектральных характеристик ВРС с помощью прибора “Поли-Спектр” (“Нейрософт”, Россия). Для анализа использовали отрезки ЭКГ, зарегистрированные во втором стандартном отведении. Фоновую запись ЭКГ проводили в течение 5 мин в положении испытуемого лежа на спине при спонтанной частоте дыхания 12–15 в мин (в среднем $13 \pm 3 \text{ мин}^{-1}$). В качестве функциональных проб использовали пробу с глубоким управляемым дыханием с частотой 6 мин^{-1} , при которой ЭКГ регистрировали в течение 15 дыхательных маневров, а также ортостатическую пробу, в ко-

торой ЭКГ регистрировали в течение 5 мин после перехода испытуемого в вертикальное положение.

Полученные записи ЭКГ были визуально оценены на стационарность процесса, артефакты скорректированы вручную. Анализ ВРС выполняли на стационарных участках кардиоритмограммы в соответствии с международными рекомендациями кардиологов [13, 14]. Анализ временных характеристик ВРС включал оценку RR_{min} , RR_{max} , RR_{NN} , $SDNN$, $RMSSD$, $pNN50$, CV , анализ спектральных характеристик — оценку общей мощности спектра (TP) и его компонентов (VLF , LF , HF), определение структуры спектра (% VLF , % LF , % HF , LF/HF). В ортостатической пробе оценивали коэффициент $K30:15$.

Систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД, соответственно) и частоту сердечных сокращений (ЧСС) измеряли с помощью электронного полуавтоматического тонометра *UA-705 (A&D Company Ltd., Япония)* в покое и при проведении активной ортостатической пробы.

Анализ результатов проводили с использованием методов вариационной статистики. Оценку значимости различий между группами проводили с помощью непараметрических критериев (Манна-Уитни, Вилкоксона, Фридмана, Спирмена). Достоверными считали результаты при уровне значимости $p < 0.05$. Обработку и анализ результатов проводили с помощью статистического пакета *IBMSPSS Statistics 21.0*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Перед проведением курса СИ САД и ДАД было в пределах нормальных значений и составляло 122 ± 13 и 73 ± 9 мм рт. ст., соответственно. Поскольку параметры ВРС не имеют зависимости от пола, а больше чувствительны к возрасту испытуемых [13, 14], данные всех пациентов были обобщены. Результаты анализа временных и спектральных параметров ВРС в исследуемые периоды представлены в табл. 1. В фоновой пробе выявлена низкая вариабельность сердечного ритма по результатам оценки временных параметров ВРС ($SDNN$, $RMSSD$, $pNN50$, CV), что свидетельствует о снижении участия парасимпатической нервной системы в регуляции сердечной деятельности, что характерно для пациентов с паркинсонизмом. В исследуемой группе наблюдались низкие значения общей мощности спектра (TP), как результат дефицита нейрогенных влияний на сердечный ритм. Структура спектра характеризовалась значительной долей VLF -компонента, который, предположительно, связан с действием гуморально-метаболических факторов, и низкими значениями HF -компонента, отражающего влияния парасимпатической нервной системы. Соот-

ношение основных компонентов спектра ВРС исходно имело вид: $56-31-13\%$ ($VLF > LF > HF$).

При проведении пробы с глубоким управляемым дыханием наблюдалось некоторое увеличение вариабельности сердечного ритма на основании временных параметров ВРС ($SDNN$, $RMSSD$, $pNN50$, CV) и рост общей мощности спектра (TP), главным образом, за счет LF -компонента. Соотношение основных компонентов спектра имело вид: $61-30-10\%$ ($LF > VLF > HF$).

В активной ортостатической пробе наблюдалось незначительное изменение САД и ДАД (127 ± 12 и 82 ± 7 мм рт. ст., соответственно), низкое значение $K30:15$ (1.18 ± 0.08), отражающей активность барорецепторного рефлекса. В структуре спектра преобладал VLF -компонент, соответствующий участию гуморально-метаболических факторов в регуляции сердечного ритма.

После курса СИ (Т1) у пациентов с паркинсонизмом отмечены меньшие, по сравнению с Т0, САД и ДАД, измеренные в условиях фоновой и ортостатической пробы ($p < 0.05$). В фоновых условиях САД и ДАД были 115 ± 11 и 70 ± 7 мм рт. ст.; в ортостатической пробе — 115 ± 7 и 80 ± 6 мм рт. ст., соответственно). Временные и спектральные характеристики ВРС в фоновой пробе практически не изменились. Реактивность автономной нервной системы по данным временного и спектрального анализа ВРС в пробе с глубоким управляемым дыханием и в активной ортостатической пробе также существенно не отличалась от исходных показателей.

Через две недели после курса СИ (Т2), по результатам анализа данных ВРС, у пяти испытуемых отмечено сохранение значений САД и ДАД в условиях фоновой пробы (114 ± 9 и 72 ± 4 мм рт. ст., соответственно) и основных характеристик ВРС.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Наше исследование выявило гипотензивный эффект у пациентов исследуемой группы после курса СИ. Этот результат соответствует данным [1] о применении СИ для реабилитации пациентов с патологией системы кровообращения, в частности, с начальной стадией артериальной гипертензии. В исследовании [16] было показано, что в течение первых суток СИ у испытуемых происходит некоторое снижение САД и ДАД, в среднем на $8-10$ мм рт. ст., затем происходит нормализация и, может быть, незначительное повышение. В связи с этим выбор продолжительности сеанса СИ, составляющей 45 мин, в пределах так называемого “гипотензивного окна”, обоснован для использования этого метода в реабилитационных целях.

Анализ ВРС, сделанный перед курсом СИ, показал, что у пациентов с паркинсонизмом есть су-

Таблица 1. Временные и спектральные характеристики variability ритма сердца (ВРС) у пациентов с паркинсонизмом до и после курса “сухой” иммерсии (СИ)

Проба	Параметр	T0	T1
Фоновая	ЧСС, мин ⁻¹	71 (66; 77)	69 (62; 78)
	<i>RR</i> min, мс	760 (715; 810)	790 (720; 795)
	<i>RR</i> max, мс	973 (830; 1024)	940 (840; 1050)
	<i>SDNN</i> , мс	30.0 (21.3; 41.5)	27.0 (23.0; 42.0)
	<i>RMSSD</i> , мс	14.0 (8.8; 24.8)	14.0 (11.0; 17.0)
	<i>pNN50</i> , %	0.00 (0.00; 5.10)	0.28 (0.00; 0.89)
	<i>CV</i> , %	3.38 (2.62; 4.94)	3.05 (2.77; 4.28)
	<i>TP</i> , мс ²	963 (557; 2017)	794 (665; 1756)
	<i>VLf</i> , мс ²	534 (232; 1115)	543 (403; 909)
	<i>LF</i> , мс ²	246 (107; 992)	185 (120; 555)
	<i>HF</i> , мс ²	67 (49; 358)	75 (51; 136)
Глубокое управляемое дыхание	ЧСС, мин ⁻¹	72 (69; 77)	69 (63; 77)
	<i>RR</i> min, мс	738 (705; 758)	780 (720; 815)
	<i>RR</i> max, мс	1050 (861; 1174)	1085 (865; 1185)
	<i>SDNN</i> , мс	47.0 (35.3; 90.3)	51.0 (31.0; 75.0)
	<i>RMSSD</i> , мс	26.0 (16.3; 61.3)	40.0 (17.0; 46.0)
	<i>pNN50</i> , %	4.84 (0.56; 24.03)	12.70 (0.52; 17.00)
	<i>CV</i> , %	5.69 (4.51; 10.67)	6.01 (4.18; 7.80)
	<i>TP</i> , мс ²	2641 (1582; 9400)	2917 (1285; 5772)
	<i>VLf</i> , мс ²	626 (319; 2547)	708 (370; 1166)
	<i>LF</i> , мс ²	1920 (672; 4753)	1944 (934; 2864)
	<i>HF</i> , мс ²	178 (73; 1450)	467 (90; 767)
Ортостатическая проба	ЧСС, мин ⁻¹	75 (73; 88)	76 (73; 87)
	<i>RR</i> min, мс	703 (638; 740)	665 (635; 725)
	<i>RR</i> max, мс	878 (765; 954)	880 (765; 915)
	<i>SDNN</i> , мс	26.5 (21.5; 39.8)	37.0 (26.0; 41.0)
	<i>RMSSD</i> , мс	11.5 (9.0; 15.8)	13.0 (8.0; 15.0)
	<i>pNN50</i> , %	0.00 (0.00; 0.67)	0.00 (0.00; 0.80)
	<i>CV</i> , %	3.36 (3.03; 4.85)	4.55 (3.68; 5.36)
	<i>TP</i> , мс ²	881 (626; 1911)	1677 (940; 2161)
	<i>VLf</i> , мс ²	561 (330; 1374)	1298 (582; 1556)
	<i>LF</i> , мс ²	256 (114; 451)	470 (187; 779)
	<i>HF</i> , мс ²	49 (20; 133)	57 (19; 99)

Примечание: данные представлены в формате *Me* (0.25; 0.75). T0 – значения перед проведением курса СИ; T1 – значения после курса СИ.

ществленный дефицит автономной нейрогенной регуляции сердечного ритма. Подобные особенности ВРС могут быть связаны как с возрастными изменениями [11, 13, 14], так и в большей степени с результатами нейродегенерации в ЦНС при паркинсонизме [9, 10, 17, 18]. Кардиоваскулярные нарушения типичны для паркинсонизма, они возникают уже на ранних стадиях заболевания и проявляются в форме нарушений регуляции АД, особенно связанных с изменением положения тела (ортостатическая гипотензия) [9, 18, 19]. В настоящем исследовании мы не наблюдали ортостатической гипотензии у пациентов как до, так и после проведения курса СИ.

В основе нейродегенеративного процесса при паркинсонизме лежит накопление α -синуклеина с образованием телец Леви в сомах и пресинаптических окончаниях нейронов различных отделов мозга, формирующих центральные и периферические отделы автономной нервной системы, также происходит потеря постганглионарных нервных волокон симпатических и парасимпатических, иннервирующих сердце [9, 10], что создает значительный дефицит нейрогенной автономной регуляции сердечной деятельности и объясняет результаты анализа ВРС.

Для пациентов с паркинсонизмом характерно уменьшение общей вариабельности сердечного ритма, снижение основных временных характеристик, снижение общей мощности спектра (TP) и его компонентов, отражающих участие парасимпатической и симпатической нервной системы (HF и LF) [9, 17–20]. Есть данные о том, что снижение временных параметров ВРС больше характерно для начальной стадии болезни, а снижение спектральных характеристик происходит на более поздних стадиях [21, 22]. Выявлено снижение общей мощности спектра (TP) у больных с паркинсонизмом, преобладание в структуре спектра VLF -компонента, который, предположительно, связан с участием гуморально-метаболических факторов в регуляции сердечного ритма [11, 13, 14].

Проведенное исследование показало сниженную реактивность автономной нервной системы у пациентов с паркинсонизмом при проведении кардиоваскулярных тестов, что совпадает с результатами других исследований [9]. Отмечено, что у пациентов с паркинсонизмом снижены признаки дыхательной аритмии в покое и во время глубокого дыхания, как результат дефицита вагусных влияний, и часто выявляется сниженная активность барорецепторного рефлекса [9].

Ранее нами было показано уменьшение проявлений автономной дисфункции у пациентов с паркинсонизмом после курса СИ [8]. В данном исследовании мы ожидали увидеть эффект курса СИ по результатам временного и спектрального

анализа ВРС. Однако нейродегенеративный процесс при паркинсонизме, затрагивающий центральные и периферические структуры автономной нервной системы, создает достаточно стойкие нарушения автономной регуляции.

При исследовании параметров ВРС у пациентов с паркинсонизмом в ходе короткого сеанса СИ нами были выявлены признаки вовлечения автономной нервной системы в компенсаторные реакции [12]. Так, было отмечено увеличение вариабельности по результатам оценки временных параметров ВРС ($SDNN$, $RMSSD$, $pNN50$, CV), что отражает повышение активности парасимпатической системы, а также увеличение общей мощности спектра (TP), отражающей совокупность нейрогуморальных влияний, и его компонентов [12]. Была отмечена существенная доля VLF -компонента в структуре спектра так же, как в работе [22]. Вместе с тем, у пациентов с паркинсонизмом во время сеанса СИ наблюдались значительно меньшие пределы изменений временных и спектральных параметров ВРС по сравнению со здоровыми лицами, исследованными в аналогичных [12] или других условиях [23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наше исследование показало, что по результатам оценки временных и спектральных характеристик ВРС у пациентов с паркинсонизмом имеются выраженные нарушения автономной регуляции как следствие нейродегенерации, которые практически не изменяются после курса СИ. Учитывая недостаточность нейрогенного автономного контроля, применение СИ для реабилитации пациентов с паркинсонизмом требует тщательного отбора кандидатов и проведения мониторинга функции сердечно-сосудистой системы во время процедуры. Вместе с тем, результаты нашего исследования показали потенциальную возможность использования метода СИ в реабилитационных программах для коррекции артериальной гипертензии.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом (объединенный этический комитет Петрозаводского государственного университета и Министерства здравоохранения Республики Карелия, Петрозаводск, протокол № 31, 18.02.2015).

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Финансирование работы. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 0752-2020-0007).

Благодарности. Авторы выражают благодарность добровольцам-испытуемым, которые согласились участвовать в исследовании.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Tomilovskaya E., Shigueva T., Sayenko D. et al.* Dry immersion as a ground-based model of microgravity physiological effects // *Front. Physiol.* 2019. V. 10. P. 284.
2. *Pandiarajan M., Hargens A.R.* Ground-Based Analogs for Human Spaceflight // *Front. Physiol.* 2020. V. 11. P. 716.
3. *Watenpaugh D.E.* Analogs of microgravity: head-down tilt and water immersion // *J. Appl. Physiol.* 2016. V. 120. № 8. P. 904.
4. *Amirova L., Navasiolava N., Rukavishnikov I. et al.* Cardiovascular System Under Simulated Weightlessness: Head-Down Bed Rest vs. Dry Immersion // *Front. Physiol.* 2020. V. 11. P. 395.
5. *Navasiolava N., Yuan M., Murphy R. et al.* Vascular and Microvascular Dysfunction Induced by Microgravity and Its Analogs in Humans: Mechanisms and Countermeasures // *Front. Physiol.* 2020. V. 11. P. 952.
6. *Kermorgant M., Leca F., Nasr N. et al.* Impacts of Simulated Weightlessness by Dry Immersion on Optic Nerve Sheath Diameter and Cerebral Autoregulation // *Front. Physiol.* 2017. V. 8. P. 780.
7. *Meigal A., Gerasimova-Meigal L., Saenko I., Subbotina N.* Dry immersion as a novel physical therapeutic intervention for rehabilitation of Parkinson's disease patients: a feasibility study // *Physikalische Medizin, Rehabilitations Medizin, Kurort Medizin.* 2018. V. 28. № 5. P. 275.
8. *Мейгал А.Ю., Герасимова-Мейгал Л.И., Саенко И.В. и др.* Влияние "сухой" иммерсии как аналога микрогравитации на неврологические симптомы при паркинсонизме // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* 2017. Т. 51. № 7. С. 53.
Meigal A.Ju., Gerasimova-Meigal L.I., Saenko I.V. et al. [The effect of "dry" immersion as microgravity analogue on neurological symptoms in parkinsonism] // *Авиакосмическая и Экологическая Медицина.* 2017. V. 51. № 7 (special issue). P. 53.
9. *Jain S.* Multi-organ autonomic dysfunction in Parkinson disease // *Parkinsonism Relat Disord.* 2011. V. 17. № 2. P. 77.
10. *Palma J.A., Kaufmann H.* Treatment of autonomic dysfunction in Parkinson disease and other synucleinopathies // *Mov. Disord.* 2018. V. 33. № 3. P. 372.
11. *Ziemssen T., Siepmann T.* The Investigation of the Cardiovascular and Sudomotor Autonomic Nervous System—A Review // *Front. Neurol.* 2019. V. 10. P. 53.
12. *Meigal A., Gerasimova-Meigal L.* Heart rate variability and blood pressure in Parkinson's disease patients under analogue microgravity // *Pathophysiology.* 2018. V. 25. № 3. P. 196.
13. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // *Circulation.* 1996. V. 93. № 5. P. 1043.
14. *Shaffer F., Ginsberg J.P.* An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms // *Front. Public Health.* 2017. V. 5. P. 258.
15. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение / Под ред. Вейна А.М. М.: ООО "Медицинское информационное агентство", 2003. 752 с. [Vegetativnye rasstrojstva: klinika, diagnostika, lechenie. Autonomic dysfunction: clinical diagnosis, treatment] / Ed. Veyn A.M. M.: ООО "Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo", 2003. 752 p.
16. *Ogoh S., Hirasawa A., de Abreu S. et al.* Internal carotid, external carotid and vertebral artery blood flow responses to 3 days of head-out dry immersion // *Exp. Physiol.* 2017. V. 102. № 10. P. 1278.
17. *Akbilgic O., Kamaleswaran R., Mohammed A. et al.* Electrocardiographic changes predate Parkinson's disease onset // *Sci. Rep.* 2020. V. 10. № 1. P. 11319.
18. *Jain S., Goldstein D.S.* Cardiovascular dysautonomia in Parkinson disease: from pathophysiology to pathogenesis // *Neurobiol. Dis.* 2012. V. 46. № 3. P. 572.
19. *Gibbons C.H., Simon D.K., Huang M. et al.* NINDS Exploratory Trials in Parkinson Disease (NET-PD) Investigators. Autonomic and electrocardiographic findings in Parkinson's disease // *Auton. Neurosci.* 2017. V. 205. P. 93.
20. *Maetzler W., Karam M., Berger M.F. et al.* Time- and frequency-domain parameters of heart rate variability and sympathetic skin response in Parkinson's disease // *J. Neural Transm. (Vienna).* 2015. V. 122. № 3. P. 419.
21. *Alonso A., Huang X., Mosley T.H. et al.* Heart rate variability and the risk of Parkinson disease: The Atherosclerosis Risk in Communities study // *Ann. Neurol.* 2015. V. 77. № 5. P. 877.
22. *Ke J.Q., Shao S.M., Zheng Y.Y. et al.* Sympathetic skin response and heart rate variability in predicting autonomic disorders in patients with Parkinson disease // *Medicine (Baltimore).* 2017. V. 96. № 18. P. e6523.
23. *Герасимова Л.И., Федосова А.А.* Особенности вегетативной регуляции у лиц с различной восприимчивостью к холоду // *Физиология человека.* 2016. Т. 42. № 2. С. 127.
Gerasimova L., Fedosova A. Characteristics of the autonomic regulation in humans with different susceptibility to cold // *Human Physiology.* 2016. V. 42. № 2. P. 228.

Estimation of the Effect of the Course of Short-Term Sessions of Dry Immersion on Autonomic Regulation in Patients with Parkinsonism

L. I. Gerasimova-Meigal^{a,*}, N. V. Sireneva^a, A. Yu. Meigal^a

^a*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia*

^{*}*E-mail: gerasimova@petsu.ru*

This study was aimed at estimation of the effect of a course of seven short-term sessions of dry immersion on autonomic regulation in patients with parkinsonism. Seven patients with parkinsonism (5 men and 2 women at the age of 51–66 years, with the severity of the disease 1–3 on the H&Y scale) participated in the study. Analysis of time- and frequency-domains of heart rate variability (HRV), blood pressure control was performed under conditions of a baseline test, during deep controlled breathing and orthostatic test before the course of dry immersion, immediately after the course, and two weeks later. HRV analysis showed a significant decrease in the reactivity of the autonomic nervous system, determined by low values of HRV time-domain parameters (SDNN, RMSSD, pNN50, CV), as well as the total power spectrum, LF- and HF- its domains. A course of seven sessions of dry immersion caused a decrease in blood pressure, but did not exert a significant effect on HRV parameters at baseline test and during functional tests, which evidences the autonomic dysregulation in patients with parkinsonism. The reduced autonomic reactivity of patients with parkinsonism requires the careful enroll of subjects when using dry immersion for rehabilitation and also monitoring of the cardiovascular function during this procedure.

Keywords: parkinsonism, dry immersion, heart rate variability, blood pressure, deep controlled breathing, orthostatic test.