



УДК 612.13

EDN GXPJOA

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-4-375-387>

Влияние кратковременной пассивной ортостатической пробы на центральный кровоток у взрослых здоровых лиц

М. А. Герасимова ^{✉1}, В. А. Семилетова ¹, Е. В. Дорохов ¹

¹ Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко,
394036, Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10

Сведения об авторах

Мария Андреевна Герасимова, SPIN-код: 8866-3814, ORCID: 0009-0009-7018-1699, e-mail: marrria@yandex.ru

Вера Алексеевна Семилетова, SPIN-код: 8330-0064, Scopus AuthorID: 57045896600, ORCID: 0000-0001-7802-6436, e-mail: vera2307@mail.ru

Евгений Владимирович Дорохов, SPIN-код: 7464-1264, ORCID: 0000-0002-2096-411X, e-mail: dorofov@mail.ru

Для цитирования: Герасимова, М. А., Семилетова, В. А., Дорохов, Е. В. (2024) Влияние кратковременной пассивной ортостатической пробы на центральный кровоток у взрослых здоровых лиц. *Интегративная физиология*, т. 5, № 4, с. 375–387. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-4-375-387> EDN GXPJOA

Получена 7 октября 2024; прошла рецензирование 18 ноября 2024; принята 19 ноября 2024.

Финансирование: Исследование не имело финансовой поддержки.

Права: © М. А. Герасимова, В. А. Семилетова, Е. В. Дорохов (2024). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях [лицензии CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Аннотация. При переходе из горизонтального положения тела в вертикальное сердечно-сосудистая система испытывает гравитационный стресс. В результате перераспределения крови в вены нижних конечностей происходит гиповолемия и уменьшение центрального венозного давления. В работе было исследовано влияние кратковременной пассивной ортостатической пробы на центральный кровоток. Во время кратковременной пассивной ортостатической пробы испытуемого, фиксированного двумя ремнями безопасности, помещали на специальный поворотный стол с подставкой (упор для ног), где он находился пять минут. Затем испытуемого переводили из положения лежа («Фон-1») в положение стоя («Ортостаз»), наклоняя стол на 75° на пять минут, и возвращали в исходное положение лежа («После ортостаза»), в котором он находился ещё пять минут до возвращения показателей в исходное состояние («Фон-2»). При проведении пробы в каждом функциональном состоянии были записаны: электрокардиограмма (I отведение), реограмма (электроды накладывались над бровями и на области сосцевидных отростков), артериальное давление. Анализ полученных данных проведен с помощью ПМО «Анализ сигналов по полиграфическим каналам совокупно с ЭЭГ-сигналами Энцефалан-СА», НПФК «Медиком МТД», г. Таганрог, программного пакета Excel 16 версии и StatPlus 7.3.0. Результаты исследования показали статистически значимые отличия между реографическими показателями в горизонтальном и вертикальном состоянии: значимо снижались базовый импеданс (БИ), показатель эластичности сосудов артериального русла (ПЭС), время медленного кровенаполнения (ВМКН), реографический индекс (РИ) и систолическое артериальное давление (АДС), в свою очередь значимо повышались модуль упругости (МУ), время быстрого кровенаполнения (ВБКН), дикрото-диастолический индекс (ДДИ) и диастолическое артериальное давление (АДД). Компенсаторные реакции, направленные на сохранение кровоснабжения головного мозга, проявлялись увеличением частоты сердечных сокращений, сужением периферических сосудов и повышением их тонуса, а также местной миогенной регуляцией.

Ключевые слова: кратковременная пассивная ортостатическая проба, центральный кровоток, реограмма, электрокардиограмма, артериальное давление, сердечно-сосудистая система

The effect of a short-term passive orthostatic test on central blood flow in healthy adults

M. A. Gerasimova ¹, V. A. Semiletova¹, E. V. Dorokhov¹

¹Voronezh State Medical University Named After N. N. Burdenko,
10 Studencheskaya Str., Voronezh 394036, Russia

Authors

Maria A. Gerasimova, SPIN: 8866-3814, ORCID: 0009-0009-7018-1699, e-mail: marrria@yandex.ru

Vera A. Semiletova, SPIN: 8330-0064, Scopus AuthorID: 57045896600, ORCID: 0000-0001-7802-6436, e-mail: vera2307@mail.ru

Evgeny V. Dorokhov, SPIN: 7464-1264, ORCID: 0000-0002-2096-411X, e-mail: dorofov@mail.ru

For citation: Gerasimova, M. A., Semiletova, V. A., Dorokhov, E. V. (2024) The effect of a short-term passive orthostatic test on central blood flow in healthy adults. *Integrative Physiology*, vol. 5, no. 4, pp. 375–387. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-4-375-387> EDN GXPJOA

Received 7 October 2024; reviewed 18 November 2024; accepted 19 November 2024.

Funding: The study did not receive any external funding.

Copyright: © M. A. Gerasimova, V. A. Semiletova, E. V. Dorokhov (2024). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. When transitioning from a horizontal to a vertical position, the cardiovascular system experiences gravitational stress — blood is redistributed to the veins of the lower extremities, resulting in hypovolemia and a decrease in central venous pressure. In this study, the effect of short-term passive orthostatic test on central blood flow was investigated in healthy adults. Participants, secured with two seat belts, were placed on a specialized turntable with a footrest for five minutes in a supine position (Background-1). The table was then tilted to 75° for five minutes to simulate the standing position (Orthostasis), followed by a return to the supine position (After Orthostasis) for additional five minutes until all measurements returned to baseline (Background-2). During each phase, the electrocardiogram (ECG) (Lead I), rheogram (electrodes placed over the eyebrows and mastoid processes), and blood pressure were recorded. Data were analyzed using a comprehensive methodological and software toolkit: 'Analysis of signals through polygraphic channels combined with EEG signals of Encephalan-SA', Excel 16, and StatPlus 7.3.0. Statistically significant differences were observed between horizontal and vertical positions, with decreases in base impedance (BI), arterial vessel elasticity index (AVEI), time of slow blood filling (TSBF), rheographic index (RI), and systolic blood pressure (SYS). Conversely, the modulus of elasticity (ES), time of rapid blood filling (TRBF), dicrotic and diastolic index (DDI), and diastolic blood pressure (DAI) significantly increased.

Keywords: short-term passive orthostatic test, central blood flow, rheogram, electrocardiogram, blood pressure, cardiovascular system

Введение

При переходе из горизонтального положения тела в вертикальное сердечно-сосудистая система испытывает гравитационный стресс. В результате перераспределения крови в вены нижних конечностей происходит гиповолемия и уменьшение центрального венозного давления (Бапинаев 2022; Дороговцев, Гречко 2017; Самойлов и др. 2017). Компенсаторные реакции проявляются активацией симпатической нервной системы: увеличением частоты сердечных сокращений, сужением периферических сосудов и повышением их тонуса (Аверьянова, Максимов 2018; Мельников и др. 2013), а также местной миогенной регуляцией (Лесова и др. 2017, Сухоставцева и др. 2023).

В литературе имеется информация о влиянии нагрузочных проб на систему кровообращения (Герасимова и др. 2024b; 2024c; Гончарова и др. 2017). Эти данные используются для прогнозирования уровня физической нагрузки и оценки резервов организма (Шаханова, Гречишкина 2015; Якимова 2016; Konkabaeva, Rasol 2016). По артериальному давлению (АД) и пульсу описаны типы реагирования сердечно-сосудистой системы на нагрузку: нормотонический, гипотонический, гипертонический, дистонический и ступенчатый (Котов и др. 2024; Скуратова 2017). При этом отмечается недостаточное количество информации о состоянии центрального кровотока во время кратковременной пассивной ортостатической пробы.

Цель работы — исследовать влияние кратковременной пассивной ортостатической пробы на центральный кровоток у взрослых здоровых лиц.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 40 здоровых студентов-добровольцев Воронежского государственного медицинского университета в возрасте 18–20 лет (20 девушек и 20 юношей).

Критерии включения в исследование: отсутствие проблем с сердцем и сосудами, стабильная работа вестибулярного аппарата, отсутствие острых заболеваний и обострения хронических заболеваний.

Во время кратковременной пассивной ортостатической пробы испытуемого, фиксированного двумя ремнями безопасности, помещали на специальный поворотный стол с подставкой (упор для ног), где он находился пять минут. Затем исследуемого переводили из положения лежа («Фон-1») в положение стоя («Ортостаз»), наклоняя стол на 75° на пять минут, и возвращали в исходное положение лежа («После ортостаза»), в котором он находился ещё пять минут до возвращения показателей в исходное состояние («Фон-2»).

Регистрация электрокардиограммы и реограммы происходила в течение всей ортопробы с помощью ПМО «Энцефалан-СА», НПФК «Медиком МТД» (Россия, г. Таганрог). Для записи реограммы электроды накладывали над бровями и на области сосцевидных отростков), электрокардиограмму записывали в I отведении. Измерение артериального давления осуществляли по методу Короткова с помощью электронного тонометра Omron (Япония).

Статистический анализ проведен с использованием программного пакета Excel 16 и StatPlus 7.3.0. Количественные данные описаны с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1; Q3). Для сравнительного анализа зависимых выборок использовали непараметрический критерий Уилкоксона. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Проанализирована поэтапная динамика исследуемых параметров центрального кровотока при проведении кратковременной пассивной ортостатической пробы (табл. 1).

Табл. 1. Показатели реограммы центрального кровотока при проведении кратковременной пассивной ортостатической пробы

Показатели	Расчет	Процентиль 25% (Q1)	Медиана	Процентиль 75% (Q3)
АБКН (ФОН-1), Ом	Am	26,1	33,8	39,75
АБКН (ОРТОСТАЗ), Ом		24,3	32,5	38
АБКН (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), Ом		26,6	36	41,75
АБКН (ФОН-2), Ом		24,7	33,9	38,6
БИ (ФОН-1), Ом	—	226,7	255,9	293,3
БИ (ОРТОСТАЗ), Ом		220,9	250,9	290,6
БИ (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), Ом		222,2	247,9	286
БИ (ФОН-2), Ом		216,9	248,7	284,6
МУ (ФОН-1), %	(ВМСН/RR) * 100%	12	13	14
МУ (ОРТОСТАЗ), %		14	16	17,5
МУ (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), %		12	13	15
МУ (ФОН-2), %		11	12	14
ПЭС (ФОН-1), %	(ВМКН/ВБКН) * 100%	102,5	111	123
ПЭС (ОРТОСТАЗ), %		94,5	104	111,5
ПЭС (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), %		103,5	115	122
ПЭС (ФОН-2), %		98,5	108	116,5
ВБКН (ФОН-1), с	T _m -T _a	48,5	51	54
ВБКН (ОРТОСТАЗ), с		51	54	56,5
ВБКН (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), с		49	52	54,5
ВБКН (ФОН-2), с		49	53	55

Табл. 1. Продолжение

Показатели	Расчет	Процентиль 25% (Q1)	Медиана	Процентиль 75% (Q3)
ВМКН (ФОН-1), с	Ts-Tm	52,5	58	64
ВМКН (ОРТОСТАЗ), с		50	54	58,5
ВМКН (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), с		54	61	65
ВМКН (ФОН-2), с		51	58	62
РИ (ФОН-1), Ом	As	0,054	0,07	0,085
РИ (ОРТОСТАЗ), Ом		0,051	0,066	0,077
РИ (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), Ом		0,057	0,077	0,088
РИ (ФОН-2), Ом		0,051	0,075	0,082
ДДИ (ФОН-1), %	[(Ad-Ai)/As] * 100%	10	14	19
ДДИ (ОРТОСТАЗ), %		13	20	30,5
ДДИ (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), %		9	14	17
ДДИ (ФОН-2), %		9	15	18
АДС (ФОН-1), мм. рт. ст.	—	120,7	129,5	142,2
АДС (ОРТОСТАЗ)		114	123,5	135
АДС (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), мм. рт. ст.		114,5	122	133,2
АДС (ФОН-2), мм. рт. ст.		113,7	126,5	134,2
АДД (ФОН-1), мм. рт. ст.	—	64	69,5	76,25
АДД (ОРТОСТАЗ), мм. рт. ст.		67,75	76	80
АДД (ПОСЛЕ ОРТОСТАЗА), мм. рт. ст.		62	68,5	72
АДД (ФОН-2), мм. рт. ст.		59,5	68,5	72

Примечание: АБКН — амплитуда быстрого кровенаполнения, АДД — диастолическое артериальное давление, АДС — систолическое артериальное давление, БИ — базовый импеданс, ВБКН — время быстрого кровенаполнения, ВМКН — время медленного кровенаполнения, ВМСН — время достижения максимальной скорости наполнения, ВМСН/RR — нормализованное к продолжительности сердечного цикла время достижения максимальной скорости наполнения, ДДИ — дикрото-диастолический индекс, МУ — модуль упругости, ПЭС — показатель эластичности сосудов артериального русла, РИ — реографический индекс.

Table 1. Rheogram indicators of central blood flow during a short-term passive orthostatic test

Indicators	Calculation	Q1	Median	Q3
ARBF (BACKGROUND-1), Ом	Am	26.1	33.8	39.75
ARBF (ORTHOSTASIS), Ом		24.3	32.5	38
ARBF (AFTER ORTHOSTASIS), Ом		26.6	36	41.75
ARBF (BACKGROUND-2), Ом		24.7	33.9	38.6
BI (BACKGROUND-1), Ом	—	226.7	255.9	293.3
BI (ORTHOSTASIS), Ом		220.9	250.9	290.6
BI (AFTER ORTHOSTASIS), Ом		222.2	247.9	286
BI (BACKGROUND-2), Ом		216.9	248.7	284.6
ME (BACKGROUND-1), %	(TMFS/RR) * 100%	12	13	14
ME (ORTHOSTASIS), %		14	16	17.5
ME (AFTER ORTHOSTASIS), %		12	13	15
ME (BACKGROUND-2), %		11	12	14
IEAVAVEI (BACKGROUND-1), %	(TSBF / TRBF) * 100%	102.5	111	123
IEAVAVEI (ORTHOSTASIS), %		94.5	104	111.5
IEAVAVEI (AFTER ORTHOSTASIS), %		103.5	115	122
IEAVAVEI (BACKGROUND-2), %		98.5	108	116.5

Table 1. Completion

Indicators	Calculation	Q1	Median	Q3
TRBF (BACKGROUND-1), sec	$T_m - T_a$	48.5	51	54
TRBF (ORTHOSTASIS), sec		51	54	56.5
TRBF (AFTER ORTHOSTASIS), c		49	52	54.5
TRBF (BACKGROUND-2), sec		49	53	55
TSBF (BACKGROUND-1), sec	$T_s - T_m$	52.5	58	64
TSBF (ORTHOSTASIS), sec		50	54	58.5
TSBF (AFTER ORTHOSTASIS), sec		54	61	65
TSBF (BACKGROUND-2), sec		51	58	62
RI (BACKGROUND-1), Om	As	0.054	0.07	0.085
RI (ORTHOSTASIS), Om		0.051	0.066	0.077
RI (AFTER ORTHOSTASIS), Om		0.057	0.077	0.088
RI (BACKGROUND-2), Om		0.051	0.075	0.082
DDI (BACKGROUND-1), %	$[(Ad - Ai) / As] * 100\%$	10	14	19
DDI (ORTHOSTASIS), %		13	20	30.5
DDI (AFTER ORTHOSTASIS), %		9	14	17
DDI (BACKGROUND-2), %		9	15	18
SYS (BACKGROUND-1), mmHg	—	120.7	129.5	142.2
SYS (ORTHOSTASIS), mmHg		114	123.5	135
SYS (AFTER ORTHOSTASIS), mmHg		114.5	122	133.2
SYS (BACKGROUND-2), mmHg		113.7	126.5	134.2
DIA (BACKGROUND-1), mmHg	—	64	69.5	76.25
DIA (ORTHOSTASIS), mmHg		67.75	76	80
DIA (AFTER ORTHOSTASIS), mmHg		62	68.5	72
DIA (BACKGROUND-2), mmHg		59.5	68.5	72

Note: ARBF — the amplitude of rapid blood filling, BI — base impedance, DDI — dicrotic and diastolic index, DIA — diastolic arterial pressure, AVEI — arterial vessel elasticity index, ME — modulus of elasticity, RI — rheographic index, SYS — systolic blood pressure, TMFS — time to maximum filling speed, TMFS/RR — time to maximum filling speed normalized to cardiac cycle time, TRBF — time of rapid blood filling, TSBF — time of slow blood filling.

Выявлено, что при переводе испытуемого из горизонтального положения в вертикальное амплитуда быстрого кровенаполнения (АБКН) снижалась, а затем значимо повышалась при возвращении испытуемого в исходное горизонтальное положение «После ортостаза» по сравнению с функциональным состоянием «Ортостаз», что может свидетельствовать об увеличении скорости и интенсивности кровенаполнения сосудов головного мозга. После пятиминутного отдыха в функциональном состоянии «Фон-2» амплитуда быстрого кровенаполнения снижалась относительно функционального состояния «Фон-1» (табл. 2).

Базовый импеданс (БИ) при переводе испытуемого в вертикальное положение из горизонтального значимо снижался, что может отражать уменьшение кровенаполнения головного мозга и сопротивления его тканей. При возвращении

исследуемого в горизонтальное состояние данный показатель был значимо ниже, чем в вертикальном состоянии. Базовый импеданс продолжал уменьшаться, и в функциональном состоянии «Фон-2» был значительно ниже, чем в исходном горизонтальном состоянии «Фон-1» (табл. 2).

При вертикализации испытуемого модуль упругости (МУ) значимо увеличивался, что может свидетельствовать об увеличении эластико-тонических свойств мозговых сосудов под действием гравитации. При возвращении исследуемого в исходное горизонтальное состояние данный показатель значимо снижался по сравнению с вертикальным состоянием, причем модуль упругости значимо ниже после пятиминутного отдыха в функциональном состоянии «Фон-2» в сравнении с «Фон-1», что, как мы полагаем, отражает компенсацию за счет изменения физических свойств сосудов (табл. 2).

Табл. 2. Достоверность отличий показателей реограммы центрального кровотока при проведении кратковременной пассивной ортостатической пробы

Достоверность отличий		
Показатели	Z	p
АБКН (Ф1)-АБКН (ОРТО)	-0,899	0,368
АБКН (ПОСЛЕ ОРТО)-АБКН (ОРТО)	-2,517	0,011
АБКН (Ф2)-АБКН (Ф1)	-0,218	0,826
БИ (Ф1)-БИ (ОРТО)	-2,206	0,02
БИ (ПОСЛЕ ОРТО)-БИ (ОРТО)	-2,9	0,003
БИ (Ф2)-БИ (Ф1)	-3,294	0,0009
МУ (Ф1)-МУ (ОРТО)	-4,913	0,0000008
МУ (ПОСЛЕ ОРТО)-МУ (ОРТО)	-4,374	0,00001
МУ (Ф2)-МУ (Ф1)	-2,55	0,01
ПЭС (Ф1)-ПЭС (ОРТО)	-4,067	0,00004
ПЭС (ПОСЛЕ ОРТО)-ПЭС (ОРТО)	-4,464	0,000008
ПЭС (Ф2)-ПЭС (Ф1)	-1,969	0,048
ВБКН (Ф1)-ВБКН (ОРТО)	-3,031	0,002
ВБКН (ПОСЛЕ ОРТО)-ВБКН (ОРТО)	-1,825	0,067
ВБКН (Ф2)-ВБКН (Ф1)	-1,87	0,061
ВМКН (Ф1)-ВМКН (ОРТО)	-3,084	0,002
ВМКН (ПОСЛЕ ОРТО)-ВМКН (ОРТО)	-4,133	0,00003
ВМКН (Ф2)-ВМКН (Ф1)	-1,740	0,081
РИ (Ф1)-РИ (ОРТО)	-1,967	0,049
РИ (ПОСЛЕ ОРТО)-РИ (ОРТО)	-2,965	0,003
РИ (Ф2)-РИ (Ф1)	-0,581	0,56
ДДИ (Ф1)-ДДИ (ОРТО)	-3,067	0,002
ДДИ (ПОСЛЕ ОРТО)-ДДИ (ОРТО)	-2,999	0,002
ДДИ (Ф2)-ДДИ (Ф1)	-1,335	0,181
АДД (Ф1)-АДД (ОРТО)	-3,33	0,0008
АДД (ПОСЛЕ ОРТО)-АДД (ОРТО)	-5,10	0,0000003
АДД (Ф2)-АДД (Ф1)	-3,73	0,0001
АДС (Ф1)-АДС (ОРТО)	-4,76	0,000001
АДС (ПОСЛЕ ОРТО)-АДС (ОРТО)	-2,15	0,03
АДС (Ф2)-АДС (Ф1)	-4,43	0,000009

Table 2. Reliability of differences in rheogram indicators of central blood flow during a short-term passive orthostatic test

The reliability of the differences		
Indicators	Z	p
ARBF (BACKGROUND-1)-ARBF (ORTHOSTASIS)	-0.899	0.368
ARBF (AFTER ORTHOSTASIS)-ARBF (ORTHOSTASIS)	-2.517	0.011
ARBF (BACKGROUND-2)-ARBF (BACKGROUND-1)	-0.218	0.826
BI (BACKGROUND-1)-BI (ORTHOSTASIS)	-2.206	0.02
BI (AFTER ORTHOSTASIS)-BI (ORTHOSTASIS)	-2.9	0.003
BI (BACKGROUND-2)-BI (BACKGROUND-1)	-3.294	0.0009
ME (BACKGROUND-1)-ME (ORTHOSTASIS)	-4.913	0.0000008
ME (AFTER ORTHOSTASIS)-ME (ORTHOSTASIS)	-4.374	0.00001

Table 2. Completion

The reliability of the differences		
Indicators	Z	P
ME (BACKGROUND-2)-ME (BACKGROUND-1)	-2.55	0.01
IEAVAVEI (BACKGROUND-1)-AVEI (ORTHOSTASIS)	-4.067	0.00004
IEAVAVEI (AFTER ORTHOSTASIS)-AVEI (ORTHOSTASIS)	-4.464	0.000008
IEAVAVEI (BACKGROUND-2)-AVEI (BACKGROUND-1)	-1.969	0.048
TRBF (BACKGROUND-1)-TRBF (ORTHOSTASIS)	-3.031	0.002
TRBF (AFTER ORTHOSTASIS)-TRBF (ORTHOSTASIS)	-1.825	0.067
TRBF (BACKGROUND-2)-TRBF (BACKGROUND-1)	-1.87	0.061
TSBF (BACKGROUND-1)-TSBF (ORTHOSTASIS)	-3.084	0.002
TSBF (AFTER ORTHOSTASIS)-TSBF (ORTHOSTASIS)	-4.133	0.00003
TSBF (BACKGROUND-2)-TSBF (BACKGROUND-1)	-1.740	0.081
RI (BACKGROUND-1)- RI (ORTHOSTASIS)	-1.967	0.049
RI (AFTER ORTHOSTASIS)-RI (ORTHOSTASIS)	-2.965	0.003
RI (BACKGROUND-2)-RI (BACKGROUND-1)	-0.581	0.56
DDI (BACKGROUND-1)-DDI (ORTHOSTASIS)	-3.067	0.002
DDI (AFTER ORTHOSTASIS)-DDI (ORTHOSTASIS)	-2.999	0.002
DDI (BACKGROUND-2)-DDI (BACKGROUND-1)	-1.335	0.181
DIA (BACKGROUND-1)-DIA (ORTHOSTASIS)	-3.33	0.0008
DIA (AFTER ORTHOSTASIS)-DIA (ORTHOSTASIS)	-5.10	0.0000003
DIA (BACKGROUND-2)-DIA (BACKGROUND-1)	-3.73	0.0001
SYS (BACKGROUND-1)-SYS (ORTHOSTASIS)	-4.76	0.000001
SYS (AFTER ORTHOSTASIS)- SYS (ORTHOSTASIS)	-2.15	0.03
SYS (BACKGROUND-2)-SYS (BACKGROUND-1)	-4.43	0.000009

Показатель эластичности сосудов артериального русла (ПЭС) значимо снижался при переводе испытуемого из горизонтального состояния в вертикальное, что может характеризовать уменьшение эластичности и тонуса сосудов артериального русла, кровоснабжающих мозг. При возвращении испытуемого в исходное горизонтальное состояние показатель эластичности сосудов артериального русла значимо повышался по сравнению с «Ортостазом». В функциональном состоянии «Фон-2» ПЭС значительно ниже, чем в «Фон-1» (табл. 2).

Время быстрого кровенаполнения (ВБКН) при переводе испытуемого из горизонтального состояния в вертикальное значимо увеличивалось, что, возможно, характеризует повышение тонуса крупных мозговых артерий и увеличение времени для расширения просвета артерии при изменении пульсового давления крови под влиянием вертикализации. При возвращении стола в горизонтальное положение ВБКН снижалось и возвращалось в исходное состояние (табл. 2).

Время медленного кровенаполнения (ВМКН) значимо снижалось при вертикализации испытуемого, что может свидетельствовать об уменьшении тонуса артерий среднего и мелкого калибра (артерий сопротивления). При возвращении испытуемого в горизонтальное положение «После ортостаза» ВМКН значимо повышалось по сравнению с функциональным состоянием «Ортостаз» (табл. 2).

При изменении положения тела испытуемого на вертикальное реографический индекс (РИ) значимо снижался, что свидетельствует о снижении наполнения мозговых сосудов. При переводе испытуемого в исходное положение лежа «После ортостаза» реографический индекс значимо повышался в сравнении с «Ортостазом» (табл. 2).

При вертикализации испытуемого диастолический индекс (ДДИ) значимо увеличивался по сравнению «Фон-1», что может указывать на интенсивный отток крови из мозговых сосудов. При возвращении испытуемого в исходное положение лежа индекс значительно

уменьшался по сравнению с функциональным состоянием во время «Ортостаза» (табл. 2).

Систолическое артериальное давление (АДС) значительно уменьшилось при переводе испытуемого из положения лежа в положение стоя, а затем при возвращении в состояние лежа «После ортостаза» значительно повысилось по сравнению с функциональным состоянием «Ортостаз», что может отражать уменьшение тонуса сосудов головного мозга в процессе вертикализации. Систолическое давление значительно ниже в «Фон-2», чем в «Фон-1», что, возможно, связано с расширением периферических сосудов в процессе отдыха в горизонтальном состоянии (табл. 2).

Диастолическое артериальное давление (АДД) претерпевало обратные изменения: значительно возросло в состоянии стоя «Ортостаз» в сравнении с состоянием лежа «Фон-1», а затем в функциональном состоянии «После Ортостаза» значительно снизилось по сравнению с функциональным состоянием «Ортостаз», что, возможно, связано с повышенной резистентностью периферических кровеносных сосудов в вертикальном положении, а также уменьшением величины венозного возврата после вертикализации. Диастолическое давление было значительно ниже в «Фон-2», чем в «Фон-1», что, возможно, связано с расширением периферических сосудов во время отдыха в горизонтальном положении (табл. 2).

Обсуждение результатов

В нашем исследовании мы изучили центральный кровоток в покое (исходном горизонтальном состоянии), а также рассмотрели динамику изменения кровотока при переводе испытуемого в вертикальное состояние и из вертикального состояния в горизонтальное.

Нами выявлено, что при переводе испытуемого из горизонтального положения в вертикальное происходит увеличение жесткости и тонуса крупных мозговых сосудов (значимо повышались МУ, ДДИ) при уменьшении эластичности и тонуса стенок артерии среднего и мелкого калибра (значимо снижались БИ, ПЭС и РИ). Наступает снижение скорости и интенсивности кровенаполнения притекающих сосудов (значимо снижалось ВМКН) при увеличении скорости оттока от головного мозга (значимо повышалось ВБКН). Следовательно, снижение кровоснабжения головного мозга связано, в первую очередь, с функциональными свойствами крупных мозговых сосудов, скоростью и интенсивностью кровотока. Сосуды среднего и мелкого калибра участвуют в изменении кровоснабжения головного мозга компенсаторно. Однако нервная

и гуморальная регуляция также играют важную роль в поддержании адекватного кровоснабжения головного мозга при ортопробе. Активация симпатической нервной системы при переводе испытуемого в вертикальное положение приводит к сужению сосудов, что способствует перераспределению крови в жизненно важные органы. Гормоны, такие как адреналин и норадреналин, влияют на сосудистый тонус, усиливая вазоконстрикцию. Эти механизмы обеспечивают быструю и эффективную реакцию сосудистой системы на изменения положения тела, предотвращая гипоксию головного мозга и поддерживая его нормальное функционирование.

Таким образом, изменение угла наклона напрямую влияет на циркуляцию крови, что обусловливается гравитационными изменениями в потоке крови (Герасимова и др. 2024а; Фролов и др. 2018). Перемещение испытуемого из горизонтального состояния в вертикальное способствует развитию начальных гравитационных эффектов, а затем вторичных компенсаторных реакций. Активная компенсация будет характеризоваться смягчением первичных изменений в кровообращении, что, в свою очередь, способствует поддержанию гомеостаза в системе кровообращения (Герасимова и др. 2023а; 2023б; Хеймец и др. 2017). Далее следует этап пассивной коррекции. Тонус периферических артерий и вен нижних конечностей растет, при этом тонус мозговых артерий активно снижается, что связано с уменьшением центрального венозного давления на уровне аортальной рефлексогенной зоны (Косякова и др. 2021; Чепчерук и др. 2018).

Недавние исследования показали, что артериальная гемодинамика человека реагирует на ортостатическое воздействие, увеличивая сопротивление периферическому кровотоку. Это ограничивает приток крови к сосудам конечностей и помогает сохранить кровоснабжение головного мозга (Герасимова и др. 2024а; Семилетова 2024).

АДС значительно уменьшилось при переводе испытуемого из положения лежа в положение стоя, а затем при возвращении в состояние лежа «После ортостаза» значительно повысилось по сравнению с функциональным состоянием «Ортостаз», что может отражать уменьшение тонуса сосудов головного мозга в процессе вертикализации. АДД претерпевает обратные изменения: значительно возросло в состоянии стоя «Ортостаз» в сравнении с состоянием лежа «Фон-1», а затем в функциональном состоянии «После Ортостаза» значительно снизилось по сравнению с функциональным состоянием «Ортостаз». Это, возможно, связано с повышенной

резистентностью периферических кровеносных сосудов в вертикальном положении, а также уменьшением величины венозного возврата после вертикализации, что подтверждается многими авторами. Гравитация способствует перераспределению крови в центральные сосуды из периферических, увеличивая общее периферическое сопротивление. Активность сосудодвигательного центра способствует предупреждению отёков в ногах и поддержанию артериального давления (Губарева и др. 2021). Во время ортостатической пробы у человека происходит уменьшение объёма крови, который сердце выбрасывает за одно сокращение. Это приводит к снижению систолического артериального давления и повышению диастолического (Аверьянова, Максимов 2018; Дороговцев, Гречко 2017; Якимова 2016). Увеличение диастолического давления связано с сужением сосудов и ростом общего периферического сосудистого сопротивления, что объясняется нейрогенной и миогенной активностью, влиянием катехоламинов на α -адренорецепторы. Эти механизмы регуляции артериального давления могут функционировать как совместно, так и автономно.

Другими словами, при смене положения тела из горизонтального на вертикальное все физиологические системы организма стремятся обеспечить мозговой кровотоком (Борт, Ларькин 2014; Сухоставцева и др. 2023).

Выводы

1. Результаты исследования центрального кровотока при проведении кратковременной пассивной ортостатической пробы между горизонтальным и вертикальным состоянием испытуемого: значимо снижались базовый импеданс, показатель эластичности сосудов артериального русла, время медленного кровенаполнения и реографический индекс; значимо повышались модуль упругости, время быстрого кровенаполнения, дикрото-диастолический индекс.

2. При переводе исследуемых из горизонтального положения в вертикальное кровь под действием силы тяжести устремляется к ногам, что приводит к значимому снижению систолического артериального давления; в ответ на снижение АД происходит значимое повышение диастолического артериального давления, что позволяет поддерживать адекватное кровоснабжение головного мозга и других жизненно важных органов. При возвращении в горизонтальное состояние происходит обратное перераспределение крови, венозный возврат к серд-

цу увеличивается, что характеризуется значимым повышением АДС и значимым снижением АДД.

3. В процессе перевода человека из положения лёжа в положение стоя происходит активация комплексной реакции системы кровообращения, направленная на сохранение кровоснабжения головного мозга. В норме в положении стоя компенсаторные процессы обеспечивают достаточную перфузию верхней части тела, и прежде всего головного мозга. Выраженные изменения кровотока в мозговых сосудах в ответ на кратковременную пассивную вертикализацию испытуемого могут быть механизмом централизации кровообращения при гравитационном стрессе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Соответствие принципам этики

Исследование проведено в соответствии с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы медицинских исследований с участием человека в качестве испытуемого».

Ethics Approval

The study was conducted in accordance with the World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects.

Вклад авторов

- а. Герасимова Мария Андреевна — сбор и обработка материала, написание текста;
- б. Семилетова Вера Алексеевна — научное руководство, редактирование текста;
- в. Дорохов Евгений Владимирович — научное руководство, доработка текста.

Author Contributions

- a. Maria A. Gerasimova — data collection and processing, manuscript writing;
- b. Vera A. Semiletova — scientific guidance, manuscript editing;
- c. Evgeny V. Dorokhov — scientific guidance, manuscript revision.

Литература

- Аверьянова, И. В., Максимов, А. Л. (2018) Перестройка показателей кардиоритма и гемодинамики при ортостатической пробе у юношей-европеоидов г. Магадана. *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*, № 3, с. 112–119.
- Бапинаев, А. А. (2022) К вопросу о реакции сердечно-сосудистой системы на гравитационные изменения. В кн.: Г. Ю. Гуляев (ред.). *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей LIX Международной научно-практической конференции*. Пенза: Наука и Просвещение, с. 146–152.
- Борт, А. А., Ларькин, В. И. (2014) Показатели гемодинамики у пациентов с вазовагальными синкопальными состояниями при длительной пассивной ортостатической пробе. *Universum: медицина и фармакология*, № 2 (3). [Электронный источник]. URL: <https://7universum.com/ru/med/archive/item/985> (дата обращения 03.10.2024).
- Герасимова, М. А., Карпикова, Т. С., Семилетова, В. А., Дорохов, Е. В. (2023а) Особенности мозгового кровотока при проведении пассивной ортостатической пробы у взрослых здоровых лиц. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV съезда физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: ВВМ, с. 338–339.
- Герасимова, М. А., Карпикова, Т. С., Семилетова, В. А. и др. (2024а) Изменения центрального кровотока при пассивной ортостатической пробе у взрослых здоровых лиц. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*, т. 21, № 1, с. 26–29. <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-1-26-29>
- Герасимова, М. А., Семилетова, В. А., Дорохов, Е. В. (2024b) Изменения центрального кровотока при проведении пассивной ортостатической пробы у взрослых здоровых лиц. *Российский кардиологический журнал*, т. 29, № 6S, с. 24–25.
- Герасимова, М. А., Семилетова, В. А., Дорохов, Е. В. (2024с) Исследование мозгового кровотока при пассивной ортостатической пробе у взрослых здоровых лиц. В кн.: В. В. Зинчук (ред.). *Межвузовский научный симпозиум с международным участием, посвященный 110-летию со дня рождения члена-корреспондента НАН Беларуси Н. И. Аринчина: сборник материалов*. Гродно: Изд-во Гродненского государственного медицинского университета, с. 44–47.
- Герасимова, М. А., Семилетова, В. А., Карпикова, Т. С., Дорохов, Е. В. (2023b) Изменения мозгового кровотока при проведении пассивной ортостатической пробы у здоровых людей. В кн.: *Агаджаньяновские чтения: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, с. 80–83.
- Гончарова, Н. Ю., Батищева, Г. А., Дулова, Н. А. (2017) Особенности системного гемодинамического ответа при проведении пассивной ортостатической пробы. В кн.: *Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием*. Воронеж: Истоки, с. 1454–1456.
- Губарева, Е. Ю., Фатенков, О. В., Губарева, И. В. и др. (2021) Ортостатическая артериальная гипертензия в стратификации сердечно-сосудистого риска у больных гипертонической болезнью. *Российский кардиологический журнал*, т. 26, № 1S, с. 41–49. <https://doi.org/10.15829/560-4071-2021-4221>
- Дороговцев, В. Н., Гречко, А. В. (2017) Значение ортостатических изменений кровообращения в развитии сосудистых нарушений. *Клиническая медицина*, т. 95, № 11, с. 977–986.
- Косякова, Н. И., Прохоренко, И. Р., Радзюкевич, Я. В. и др. (2021) *Структурные и функциональные нарушения в микроциркуляторном русле при эндокринной патологии: методические рекомендации по внедрению результатов научно-поисковой работы*. М.: Академия Естествознания, 32 с. <https://doi.org/10.17513/np.463>
- Котов, А. Н., Катунцев, В. П., Сухоставцева, Т. В., Баранов, В. М. (2024) К вопросу об оценке ортостатической устойчивости организма человека. *Аэрокосмическая и экологическая медицина*, т. 58, № 1, с. 118–125. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2024-58-1-118-125>
- Лесова, Е. М., Самойлов, В. О., Филиппова, Е. Б. (2017) Зависимость сосудистых реакций от баланса регуляторных влияний на сердечный ритм при выполнении ортостатической пробы. *Вестник Российской военно-медицинской академии*, № 1 (57), с. 101–104.
- Мельников, А. А., Попов, С. Г., Николаев, Д. В. (2013) Биоимпедансный анализ депонирования крови в периферических регионах во время тилт-теста у спортсменов. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*, т. 12, № 4 (48), с. 61–69.
- Самойлов, В. О., Лесова, Е. М., Голубев, В. Н. и др. (2017) Сосудистые реакции на гравитационные воздействия в условиях снижения концентрации кислорода. В кн.: *Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием*. Воронеж: Истоки, с. 2464–2466.
- Семилетова, В. А. (2024) Изменения центрального кровотока по параметрам реограммы у взрослого здорового человека под влиянием спелеоклимата. *Российский кардиологический журнал*, т. 29, № S6, с. 70.
- Скуратова, Н. А. (2017) Оценка приспособительных реакций системы кровообращения и артериального давления при использовании пассивной ортостатической пробы у детей. В кн.: *Артериальная гипертензия*

- 2017 как междисциплинарная проблема: сборник тезисов XIII Всероссийского конгресса. Уфа: ИнтерМедсервис, с. 63–64.
- Сухоставцева, Т. В., Котов, А. Н., Катунцев, В. П., Баранов, В. М. (2023) Оценка степени напряжения функционирования сердечно-сосудистой системы при проведении ортостатической пробы. В кн.: *XLVII Академические чтения по космонавтике 2023: сборник тезисов, посвященный памяти академика С. П. Королева и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства*. Т. 4. М.: Изд-во Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, с. 67–69.
- Фролов, В. М., Сушкова, И. Э., Ильина, С. В., Чеснакова, Т. В. (2018) Оценка параметров центральной гемодинамики при пассивной ортостатической пробе в выявлении предикторов артериальной гипертензии. В кн.: *Артериальная гипертензия 2018 года на перекрестке мнений: тезисы XIV Всероссийского конгресса*. М.: ИнтерМедсервис, с. 60.
- Хеймец, Г. И., Певзнер, А. В., Рогоза, А. Н., Голицын, С. П. (2017) Пятиминутная пассивная ортостатическая проба в алгоритме обследования больных с обмороками. *Кардиологический вестник*, т. 12, № 3, с. 70–74.
- Чепчерук, О. Г., Глуховской, Д. В., Наумов, К. М., Золотарева, Н. А. (2018) Пассивная ортостатическая проба в диагностике синкопальных состояний. *Вестник Российской военно-медицинской академии*, № S3, с. 114–116.
- Шаханова, А. В., Гречишкина, С. С. (2015) *Студенческий спорт, адаптация, кардиореспираторная система*. Майкоп: Изд-во Адыгейского государственного университета, 155 с.
- Якимова, Е. А. (2016) Влияние функционального состояния сердечно-сосудистой системы на физическую работоспособность спортсменов. *Вестник науки и творчества*, № 7 (7), с. 344–351.
- Konkabaeva, A. E., Rasol, M. (2016) Funktsional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoj sistemy studentov s razlichnym urovnem trenirovannosti [The functional state of the cardiovascular system of students with different levels of physical fitness]. *European Journal of Physical Education and Sport*, vol. 11, no. 1, pp. 10–16. <https://doi.org/10.13187/ejpe.2016.11.10>

References

- Averyanova, I. V., Maksimov, A. L. (2018) Perestrojka pokazatelej kardioritma i gemodinamiki pri ortostaticheskoy probe u yunoshej-evropeoidov g. Magadana [Heart rate and hemodynamic changes at orthostatic test demonstrated by young Caucasoid male residents of Magadan city]. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN — The Bulletin of the North-East Scientific Center*, no. 3, pp. 112–119. (In Russian)
- Варинаев, А. А. (2022) К вопросу о реакции сердечно-сосудистой системы на гравитационные изменения [On the question of the reaction of the cardiovascular system to changes in gravity]. In: G. Yu. Gulyaev (ed.). *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii. Sbornik statej LIX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Fundamental and applied scientific research: Current problems, achievements and innovations. Collection of articles of the LIX International scientific and practical conference]*. Penza: Nauka i Prosveshchenie Publ., pp. 146–152. (In Russian)
- Bort, A. A., Larkin, V. I. (2014) Pokazateli gemodinamiki u patsientov s vazovagal'nymi sinkopal'nymi sostoyaniyami pri dlitel'noj passivnoj ortostaticheskoy probe [Hemodynamics in patients with vasovagal syncope during tilt table testing]. *Universum: meditsina i farmakologiya*, no. 2 (3). [Online]. Available at: <https://7universum.com/ru/med/archive/item/985> (accessed 03.10.2024). (In Russian)
- Чепчерук, О. Г., Глуховской, Д. В., Наумов, К. М., Золотарева, Н. А. (2018) Pассивная ортостатическая проба в диагностике синкопальных состояний [Passive orthostatic test in the diagnosis of syncopal conditions]. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii — Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, no. S3, pp. 114–116. (In Russian)
- Dorogovtsev, V. N., Grechko, A. V. (2017) Znachenie ortostaticheskikh izmenenij krovoobrashcheniya v razvitii sosudistyx narushenij [The role of orthostatic circulatory changes in the development of vascular disorders]. *Klinicheskaya meditsina — Clinical Medicine (Russian Journal)*, vol. 95, no. 11, pp. 977–986. (In Russian)
- Frolov, V. M., Sushkova, I. E., Il'ina, S. V., Chesnakova, T. V. (2018) Otsenka parametrov tsentral'noj gemodinamiki pri passivnoj ortostaticheskoy probe v vyyavlenii prediktorov arterial'noj gipertenzii [Assessment of central hemodynamics parameters using a passive orthostatic test in the detection of predictors of arterial hypertension]. In: *Arterial'naya gipertoniya 2018 na perekrestke mnenij: tezisy XIV Vserossijskogo kongressa [Arterial hypertension in 2018 at the junction of opinions: Abstracts of the XIV All-Russian congress]*. Moscow: InterMedservis Publ., p. 60. (In Russian)
- Gerasimova, M. A., Karpikova, T. S., Semiletova, V. A., Dorokhov, E. V. (2023a) Osobennosti mozgovogo krovotoka pri provedenii passivnoj ortostaticheskoy proby u vzroslykh zdorovykh lits [Features of cerebral blood flow during a passive orthostatic test in healthy adults]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV s'ezda fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Materials of the XXIV congress of the I. P. Pavlov Physiological Society with international participation]*. Saint Petersburg: VVM Publ., pp. 338–339. (In Russian)
- Gerasimova, M. A., Karpikova, T. S., Semiletova, V. A. et al. (2024a) Izmeneniya tsentral'nogo krovotoka pri passivnoj ortostaticheskoy probe u vzroslykh zdorovykh lits [Changes in central blood flow during passive orthostatic

- testing in healthy adults]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta — Journal of Volgograd State Medical University*, vol. 21, no. 1, pp. 26–29. <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-1-26-29> (In Russian)
- Gerasimova, M. A., Semiletova, V. A., Dorokhov, E. V. (2024b) Izmeneniya tsentral'nogo krovotoka pri provedenii passivnoj ortostaticheskoy proby u vzroslykh zdorovykh lits [Changes in central blood flow during passive orthostatic testing in healthy adults]. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal — Russian Journal of Cardiology*, vol. 29, no. 6S, pp. 24–25. (In Russian)
- Gerasimova, M. A., Semiletova, V. A., Dorokhov, E. V. (2024c) Issledovanie mozgovogo krovotoka pri passivnoj ortostaticheskoy probe u vzroslykh zdorovykh lits [Examination of cerebral blood flow during passive orthostatic examination in healthy adults]. In: V. V. Zinchuk (ed.). *Mezhvuzovskij nauchnyj simpozium s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennyj 110-letiyu so dnya rozhdeniya chlena-korrespondenta NAN Belarusi N. I. Arinchina: sbornik materialov [Interuniversity scientific symposium with international participation dedicated to the 110th anniversary of the birth of corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus N. I. Arinchin: Collection of materials]*. Grodno: Grodno State Medical University Publ., pp. 44–47. (In Russian)
- Gerasimova, M. A., Semiletova, V. A., Karpikova, T. S., Dorohov, E. V. (2023b) Izmeneniya mozgovogo krovotoka pri passivnoj ortostaticheskoy probe u vzroslykh zdorovykh lits [Changes in cerebral blood flow in passive orthostatic sample in adult healthy individuals]. In: *Agadzhanovskie chteniya: materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Aghajanian readings: Materials of the IV All-Russian scientific and practical conference with international participation]*. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia Publ., pp. 80–83. (In Russian)
- Goncharova, N. Yu., Batishcheva, G. A., Dulova, N. A. (2017) Osobennosti sistemnogo gemodinamicheskogo otveta pri provedenii passivnoj ortostaticheskoy proby [Peculiarities of systemic hemodynamic response in passive orthostatic test]. In: *Materialy XXIII s'ezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem [Materials of the XXIII congress of the I. P. Pavlov Physiological Society with international participation]*. Voronezh: Istoki Publ., pp. 1454–1456. (In Russian)
- Gubareva, E. Yu., Fatenkov, O. V., Gubareva, I. V. et al. (2021) Ortostaticheskaya arterial'naya gipertenziya v stratifikatsii serdechno-sosudistogo riska u bol'nykh gipertonicheskoy bolezn'yu [Orthostatic hypertension in cardiovascular risk stratification in hypertensive patients]. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal — Russian Journal of Cardiology*, vol. 26, no. 1S, pp. 41–49. <https://doi.org/10.15829/560-4071-2021-4221> (In Russian)
- Kheymets, G. I., Pevzner, A. V., Rogoza, A. N., Golitsyn, C. P. (2017) Pyatiminutnaya passivnaya ortostaticheskaya proba v algoritme obsledovaniya bol'nykh s obmorokami [A five-minute tilt table test as part of diagnostic algorithm of syncope]. *Kardiologicheskij vestnik — Russian Cardiology Bulletin*, vol. 12, no. 3, pp. 70–74. (In Russian)
- Konkabaeva, A. E., Rasol, M. (2016) Funktsional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoy sistemy studentov s razlichnym urovnem trenirovannosti [The functional state of the cardiovascular system of students with different levels of physical fitness]. *European Journal of Physical Education and Sport*, vol. 11, no. 1, pp. 10–16. <https://doi.org/10.13187/ejpe.2016.11.10> (In English)
- Kosyakova, N. I., Prokhorenko, I. R., Radzyukevich, Ya. V. (2021) *Strukturnye i funktsional'nye narusheniya v mikrotsirkulyatornom rusle pri endokrinnoj patologii: metodicheskie rekomendatsii po vnedreniyu rezul'tatov nauchno-poiskovoy raboty [Structural and functional disorders in the microcirculatory bed in endocrine pathology: Methodological recommendations for implementation of the results of scientific research]*. Moscow: Academy of Natural History Publ., 32 p. <https://doi.org/10.17513/np.463> (In Russian)
- Kotov, A. N., Katuntsev, V. P., Sukhostavtseva, T. V., Baranov, V. M. (2024) K voprosu ob otsenke ortostaticheskoy ustojchivosti organizma cheloveka [On the assessment of human body orthostatic tolerance]. *Aerokosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina — Aerospace and Environmental Medicine*, vol. 58, no. 1, pp. 118–125. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2024-58-1-118-125> (In Russian)
- Lesova, E. M., Samoilov, V. O., Filippova, E. B. (2017) Zavisimost' sosudistyx reaktsiy ot balansa regulatorynykh vliyaniy na serdechnyj ritm pri vypolnenii ortostaticheskoy proby [The dependence of vascular responses during orthostatic test on balance regulatory influences on heart rate]. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii — Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, no. 1 (57), pp. 101–104. (In Russian)
- Melnikov, A. A., Popov, S. G., Nikolaev, D. V. (2013) Bioimpedansnyj analiz deponirovaniya krovi v perifericheskikh regionakh vo vremya tilt-testa u sportsmenov [Bioimpedance analysis of blood pooling in peripheral regions of the body during tilt-test in athletes]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya — Regional Blood Circulation and Microcirculation*, vol. 12, no. 4 (48), pp. 61–69. (In Russian)
- Samoilov, V. O., Lesova, E. M., Golubev, V. N. et al. (2017) Sosudistye reaktsii na gravitatsionnye vozdeystviya v usloviyakh snizheniya kontsentratsii kisloroda [Ascular responses to gravitational effects in the conditions of declining oxygen concentration]. In: *Materialy XXIII s'ezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem [Materials of the XXIII congress of the I. P. Pavlov Physiological Society with international participation]*. Voronezh: Istoki Publ., pp. 2464–2466. (In Russian)
- Semiletova, V. A. (2024) Izmeneniya tsentral'nogo krovotoka po parametram reogrammy u vzroslogo zdorovogo cheloveka pod vliyaniem speleoklimata [Changes in central blood flow according to rheogram parameters

- in an adult healthy person under the influence of speleoclimate]. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal — Russian Journal of Cardiology*, vol. 29, no. S6, p. 70. (In Russian)
- Shakhanova, A. V., Grechishkina, S. S. (2015) *Studencheskij sport, adaptatsiya, kardiorespiratornaya [Student sports, adaptation, cardiorespiratory system]*. Maikop: Adyghe State University Publ., 155 p. (In Russian)
- Skuratova, N. A. (2017) Otsenka prisposobitel'nykh reaktsij sistemy krovoobrashcheniya i arterial'nogo davleniya pri ispol'zovanii passivnoj ortostaticheskoy proby u detej [Assessment of adaptive reactions of the circulatory system and blood pressure when using a passive orthostatic test in children]. In: *Arterial'naya gipertoniya 2017 kak mezhdistsiplinarnaya problema: sbornik tezisov XIII Vserossijskogo kongressa [Arterial hypertension 2017 as an interdisciplinary problem: A collection of abstracts of the XIII All-Russian congress]*. Ufa: InterMedservis Publ., pp. 63–64. (In Russian)
- Sukhostavtseva, T. V., Kotov, A. N., Katuntsev, V. P., Baranov, V. M. (2023) Otsenka stepeni napryazheniya funkcionirovaniya serdechno-sosudistoj sistemy pri provedenii ortostaticheskoy proby [Assessment of degree for the cardiovascular tension during orthostatic tilt test]. In: *XLVII Akademicheskie chteniya po kosmonavtike 2023: sbornik tezisov, posvyashchennyj pamyati akademika S. P. Koroleva i drugikh vydayushchikhsya otechestvennykh uchenykh — pionerov osvoeniya kosmicheskogo prostranstva. T. 4 [XLVII Academic space conference, dedicated to the memory of academician S. P. Korolev and other outstanding national scientists — pioneers of space exploration. Vol. 4]*. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Publ., pp. 67–69. (In Russian)
- Yakimova, E. A. (2016) Vliyanie funktsional'nogo sostoyaniya serdechno-sosudistoj sistemy na fizicheskuyu rabotosposobnost' sportmenov [The influence of the functional state of the cardiovascular system on the physical performance of athletes]. *Vestnik nauki i tvorchestva*, no. 7 (7), pp. 344–351. (In Russian)