

# Влияние кратковременной однократной Whole Body Vibration на гемодинамические реакции у людей пожилого возраста

В.Ф.Пятин<sup>1,2✉</sup>, И.В.Шиrolапов<sup>2</sup>, Г.Р.Хамзина<sup>3</sup>, Л.С.Чемпалова<sup>4</sup>, О.А.Маслова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИИ нейронаук Самарского государственного медицинского университета, Самара, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Российская Федерация

<sup>3</sup>Санаторий «Надежда» ОАО «Тольяттиазот», Тольятти, Российская Федерация

<sup>4</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки России, Российская Федерация

✉ул. Чапаевская, 89, СГМУ, г. Самара, Российская Федерация, 443099. pyatin\_vf@list.ru

## Резюме

В работе исследованы регуляторные влияния на гемодинамические показатели Whole Body Vibration в режиме низко- и высокоинтенсивной проприоцептивной стимуляции у испытуемых добровольцев: 53 мужчины (61–74 лет) и 50 женщин (56–74 лет), среди которых были субъекты с разными уровнями физической подготовки. В частности субъекты, занимающиеся в течение многих лет лыжными гонками и не имеющие какую-либо физическую подготовку на протяжении жизни. Однократную проприоцептивную стимуляцию при статической физической нагрузке длительностью 30 с осуществляли с помощью аппарата для реабилитации Power Plate в режиме 30 Гц, low/high level (2/4 мм). Проанализированы ответные реакции показателей системной гемодинамики (систолическое, диастолическое и пульсовое артериальное давление, диаметр сосуда, податливость артерии, податливость сосудистой системы, общее периферическое сопротивление сосудов, линейная скорость кровотока, скорость пульсовой волны). Однократная кратковременная проприоцептивная стимуляция (30 с) вызывает регуляторные эффекты системной гемодинамики: уменьшение общего периферического сопротивления сосудов и скорости пульсовой волны, возрастание линейной скорости кровотока. Высказывается предположение, что у пожилых людей имеет место возраст-зависимая положительная и отрицательная эволюция механизмов соматовегетативной регуляции, которая связана с уровнем физической подготовки. Однако это требует более детального анализа полученных данных.

**Ключевые слова:** whole body vibration; проприоцептивная стимуляция; гемодинамика; пожилой возраст.

**Для цитирования:** Пятин В.Ф., Шиrolапов И.В., Хамзина Г.Р., Чемпалова Л.С., Маслова О.А. Влияние кратковременной однократной Whole Body Vibration на гемодинамические реакции у людей пожилого возраста. Трудный пациент. 2021; 19 (5): 26–29. doi: 10.224412/2074-1005-2021-5-26-29

## Hemodynamic Effects of Proprioceptive Stimulation by Whole Body Vibration in the Elderly

Vasily F. Pyantin<sup>1,2✉</sup>, Igor V. Shirolapov<sup>1</sup>, Gyuzal R. Khamzina<sup>3</sup>, Lyubov S. Chempalova<sup>4</sup>, Olga A. Maslova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Neuroscience Research Institute of Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

<sup>2</sup>Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

<sup>3</sup>Sanatorium «Nadezhda» of JCS «Togliattiazot», Togliatti, Russian Federation

<sup>4</sup>Samara State Technical University, Samara, Russian Federation

✉89 Chapaevskaya st., Samara State Medical University, Samara, 443099 Russian Federation. Pyatin\_vf@list.ru

## Abstract

The work investigated the regulatory effects on the hemodynamic parameters of Whole Body Vibration in the mode of low- and high-intensity proprioceptive stimulation in volunteer subjects: 53 men (61-74 years old) and 50 women (56-74 years old), among which there were subjects with different levels of physical preparation. In particular, subjects who have been skiing for many years and have not had any physical training throughout their lives. A single proprioceptive stimulation with static physical activity lasting 30 s was carried out using a Power Plate rehabilitation apparatus at 30 Hz, low / high level (2/4 mm). Analyzed the responses of systemic hemodynamic parameters (systolic, diastolic and pulse blood pressure, vessel diameter, artery compliance, vascular compliance, total peripheral vascular resistance, linear blood flow velocity, pulse wave velocity). A single short-term proprioceptive stimulation (30 s) causes the regulatory effects of systemic hemodynamics: a decrease in the total peripheral vascular resistance and pulse wave velocity, an increase in the linear blood flow velocity. It is suggested that the elderly have an age-dependent positive and negative evolution of the mechanisms of somatovegetative regulation, which is associated with the level of physical fitness. However, this requires a more detailed analysis of the data obtained.

**Keywords:** whole body vibration; proprioceptive stimulation; hemodynamic; older people.

**For citation:** Pyatin V.F., Shirolapov I.V., Khamzina G.R., Chempalova L.S., Maslova O.A. Hemodynamic Effects of Proprioceptive Stimulation by Whole Body Vibration in the Elderly. Trudnyj Pacient = Difficult Patient. 2021; 19 (5): 26–29. doi: 10.224412/2074-1005-2021-5-26-29

Исследование возрастной эволюции механизмов регуляции функций организма человека в связи с локомоторной деятельностью и высокоинтенсивной стимуляцией проприорецепторов скелетных мышц представляет научный и практический интерес в парадигме здорового долголетия. В частности, сердечно-сосудистая система является одной из наиболее чувствительных физиологических систем к действию факторов физической нагрузки в разные возрастные периоды. Тем более, общепринято, что имеет место возрастной тренд уменьшения адаптивных реакций системы кровообращения в результате действия многих возраст-зависимых факторов. Однако до настоящего времени не рассматривалась проблема возрастной эволюции механизмов регуляции кровообращения и возраст-зависимой инволюции механизмов соматовегетативного взаимодействия. В ранее выполненных нами исследованиях показана ключевая роль проприоцептивной системы в регуляции адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы [1, 2]. Тем более, актуальным является исследование вопроса соматовегетативного взаимодействия у людей пожилого возраста на примере физиологической системы кровообращения. Поэтому целью настоящей работы было исследование параметров сердечно-сосудистой системы у людей пожилого возраста при кратковременной проприоцептивной стимуляции нейромышечной системы. Это позволит ответить на вопрос о влиянии физической нагрузки с разным уровнем проприоцептивной активации на механизмы соматовегетативной регуляции у пожилых людей.

## Материал и методы

В исследовании приняли участие 103 человека пожилого возраста (53 мужчины 61–74 лет, 50 женщин 56–74 лет), имеющих в анамнезе разный уровень физического совершенства: лыжники, бегающие марафонскую дистанцию 20 км и субъекты, не имеющие какой-либо физической подготовки. Все участники дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Проприоцептивную стимуляцию создавали с помощью аппарата для реабилитации Power Plate (North America, USA). Испытуемые должны были выполнить упражнение приседание на аппарате Power Plate. При этом угол сгибания в коленных суставах равен  $100^\circ$ , в голеностопных суставах – не менее  $80^\circ$ . Время одного упражнения 30 с. Частота движения платформы аппарата 30 Гц, амплитуда вертикального смещения платформы – 2 мм (low level) и 4 мм (high level). Low level соответствовал режиму низкоинтенсивной проприоцептивной стимуляции (НПС), а high level – соответствовал режиму высокоинтенсивной стимуляции проприоцептивной системы (ВПС). Оба режима при выполнении приседания сопровождалась высоко- (при ВПС) или низкоинтенсивными (при НПС) рефлекторными сокращениями мышц нижних конечностей. Критерии исключения из исследования включали абсолютные и относительные противопоказания для выполнения Whole Body Vibration [3]. Механизмы физиологической активации проприоцептивной системы и рефлекторных сокращений мышц описаны ранее в работах [4–6].

Гемодинамические параметры у испытуемых были исследованы методом компрессионной осциллометрии высокого разрешения на аппарате «ЭДТВ Гемодин» (Россия) с регистрацией осциллограммы плечевой артерии. Перечень исследуемых параметров системной гемодинамики: уровни артериально-

го давления, диаметр сосуда, податливость артерии, податливость сосудистой системы, общее периферическое сопротивление сосудов, линейная скорость кровотока, скорость пульсовой волны. Функциональные ответы кардиоваскулярной системы регистрировались до физической нагрузки и в течение 30 с тотчас после выполнения упражнения приседания на аппарате Power Plate.

Все результаты представлены в виде средних величин и их стандартной ошибки. Статистический анализ осуществляли с помощью пакета Statistica 6.0. Достоверность измерений оценивалась по t-критерию в парном двухвыборочном T-тесте. Статистически значимыми изменения средних величин считались при  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

В работе выявлены разнонаправленные изменения величины систолического артериального давления после НПС и ВПС нейромышечной системы испытуемых. В частности, после НПС уровень систолического артериального давления снижался на 4% ( $6,0 \pm 5,7$  мм рт. ст.,  $p < 0,001$ ), а после ВПС повышался на 4% ( $6,1 \pm 1,38$  мм рт. ст.,  $p < 0,001$ ). Только НПС вызвала достоверное изменение уровня диастолического артериального давления (повышение на 3%, что составляло  $2,4 \pm 1,14$  мм рт. ст.,  $p < 0,001$ ). Абсолютное значение этого параметра после НПС было также выше, чем после ВПС (на 3%,  $2,6 \pm 1,22$  мм рт. ст.,  $p < 0,001$ ). Однако следует отметить, что фоновое значение показателя перед выполнением ВПС было на 7,8 мм рт. ст. меньше, чем таковое перед НПС, что может обуславливать выявленный антагонизм полученных ответов.

Увеличение системного артериального давления под влиянием проприоцептивной стимуляции в основном связано с уменьшением эластичности крупных артериальных сосудов, увеличением периферического сосудистого сопротивления, что было вполне ожидаемым в ответ на проприоцептивную стимуляцию. Анализ данных показал, что НПС увеличивает пульсовое давление у испытуемых пожилого возраста на 8% ( $5,2 \pm 1,33$  мм рт. ст.,  $p < 0,01$ ), а ВПС повышает пульсовое давление у испытуемых пожилого возраста на 17% ( $11,1 \pm 1,62$  мм рт. ст.,  $p < 0,01$ ). При этом абсолютные значения пульсового давления после ВПС на 9% ( $6,6 \pm 1,64$  мм рт. ст.,  $p < 0,001$ ) больше, чем после НПС.

Полученные результаты в определенной степени согласуются с данными полученными в исследовании с участием субъектов молодого возраста [6, 7], у которых увеличение пульсового давления было связано со снижением диастолического давления. Это, по мнению [7], является результатом реакции вазодилатации. Нами было установлено, что диаметр артерий ( $0,004 \pm 0,003$  см,  $p < 0,01$ ) после ВПС был на 1% больше, чем после НПС, но эти изменения в ответ на проприоцептивную стимуляцию в целом статистически не достоверны относительно фонового уровня. Также установлено увеличение параметров податливости стенки периферических артерий после проприоцептивной стимуляции обоих типов на 39% ( $0,35 \pm 0,04$  у.е.,  $p < 0,001$ ) после НПС и на 33% ( $0,28 \pm 0,04$  у.е.,  $p < 0,001$ ) после ВПС. Различия по абсолютным значениям этого параметра статистически достоверно между НПС и ВПС (на 9% больше при НПС,  $p < 0,01$ ). Величина податливости сосудистой системы не имела достоверных отличий после стимуляций как по отношению к фоновым значениям, так и между разными видами проприоцептивной физической нагрузки.

Повышение жесткости артериальной стенки у пожилых людей является фактором риска для функционирования сердечно-сосудистой системы. Так, у испытуемых отмечено увеличение линейной скорости кровотока после НПС на 37% ( $20,81 \pm 1,6$  см/с,  $p < 0,001$ ), а после ВПС на 40% ( $22,27 \pm 1,6$  см/с,  $p < 0,001$ ). В этих же экспериментальных условиях скорость распространения пульсовой волны снижается после НПС на 8% ( $60,0 \pm 13,18$  см/с,  $p < 0,001$ ) и на 4% ( $34,8 \pm 13,01$  см/с,  $p < 0,01$ ) после ВПС. При этом значение параметров после ВПС на 3% ( $23,9 \pm 13,5$  см/с,  $p < 0,05$ ) больше, чем после НПС. В результате проприоцептивная стимуляция сопровождается вазодилатацией и уменьшением жесткости артериальной стенки, что подтверждается данными Т. Otsuki и соавт. [8].

Из литературы известно, что с возрастом имеет место тенденция к уменьшению диаметра мелких периферических артерий, органного кровоснабжения и повышение периферического сосудистого сопротивления току крови. Возрастание ОПСС является фактором риска развития ишемических состояний, поскольку одновременно происходят изменения таких интегральных показателей системной гемодинамики, как уровней системного артериального давления и величины сердечного выброса. Согласно результатам нашего исследования НПС снижала ОПСС на 17% ( $229,4 \pm 27,32$  дин $\times$ см $^{-5}$ ,  $p < 0,001$ ), а после ВПС уменьшение параметра составляло 21% ( $278,4 \pm 24,74$  дин $\times$ см $^{-5}$ ,  $p < 0,001$ ). При этом абсолютное значение ОПСС после ВПС было на 7% ниже ( $73,2 \pm 34,63$  дин $\times$ см $^{-5}$ ,  $p < 0,001$ ), чем после НПС. Следует однако отметить, что даже однократные изменения общего периферического сосудистого сопротивления сочетаются с разной топографией сдвигов регионарного вазомоторного тона [1].

### Заключение

В работе продемонстрированы регуляторные эффекты проприоцептивной стимуляции на гемодинамические показатели у людей пожилого возраста. В настоящее время представляются весьма обоснованными знания, что в процессе физиологического старения организма сердечно-сосудистая система человека претерпевает структурные и функциональные изменения, которые прогрессивно уменьшают ее адаптивные реакции. Полученные в работе данные показывают направленность и роль механизмов соматовегетативного взаимодействия у людей пожилого возраста под влиянием физической нагрузки [9]. Примечательно, что установленные в настоящем исследовании позитивные реакции таких гемодинамических показателей, как уменьшение общего периферического сопротивления сосудов и скорости пульсовой волны, возрастание линейной скорости кровотока, позволяют рекомендовать кратковременную интенсивную проприоцептивную стимуляцию у пожилых людей для профилактики возрастной инволюции соматовегетативной регуляции, в такой области практической медицины, как гериатрия [2, 4]. В заключение следует отметить, что полученные данные требуют дальнейших исследований и анализа влияния уровней физического совершенства у пожилых людей на возрастную эволюцию соматовегетативной регуляции.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

### Литература/References

1. Еськов В.М., Королев В.В., Полухин В.В., Пятин В.Ф., Шиrolапов И.В. Динамика параметров аттракторов движения векторов состояния организма пожилых женщин под действием двенадцатинедельной вибрационной физической нагрузки. Вестник новых медицинских технологий. 2009; XVI (3): 66–69. [Es'kov V.M., Korolev V.V., Polukhin V.V., Pyatin V.F., Shirolapov I.V. Dinamika parametrov attraktorov dvizheniya vektorov sostoyaniya organizma pozhiylkh zhenshchin pod dejstviem dvenadtsatinedel'noj vibratsionnoj fizicheskoj nagruzki. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologij. 2009; XVI (3): 66–69. (in Russian)]
2. Пятин В.Ф., Шиrolапов И.В., Никитин О.Л. Реабилитационные возможности вибрационной физической нагрузки в геронтологии. Успехи геронтологии. 2009; 22 (2): 337–342. [Pyatin V.F., Shirolapov I.V., Nikitin O.L. Reabilitatsionnye vozmozhnosti vibratsionnoj fizicheskoj nagruzki v gerontologii. Uspekhi gerontologii. 2009; 22 (2): 337–342. (in Russian)]
3. Шиrolапов И.В. Функциональные особенности респираторных, остеогенных и иммунных реакций организма человека при равноускоренном тренинге: Автореф. дис. канд. мед. наук. Самара, 2009; 23. [Shirolapov I.V. Funktsionalnye osobennosti respiratornykh, osteogennykh i immunnykh reaksij organizma cheloveka pri ravnouskorennom treninge: Avtoref. dis. kand. med. nauk. Samara, 2009; 23. (in Russian)]
4. Котельников Г.П., Пятин В.Ф., Булгакова С.В., Шиrolапов И.В. Равноускоренный тренинг увеличивает минеральную плотность костной ткани и сывороточную концентрацию остеокальцина у женщин пожилого возраста. Успехи геронтологии. 2010; 23 (2): 257–262. [Kotel'nikov G.P., Pyatin V.F., Bulgakova S.V., Shirolapov I.V. Ravnouskorennyj trening uvelichivaet mineral'nuju plotnost' kostnoj tkani i sывороточную kontsentratsiju osteokal'tsina u zhenshchin pozhiлого vozrasta. Uspekhi gerontologii. 2010; 23 (2): 257–262. (in Russian)]
5. Пятин В.Ф., Жестков А.В., Шиrolапов И.В., Никитин О.Л., Лимарева Л.В., Зубова И.А. Адаптационные возможности системы иммунитета женщин пожилого возраста в условиях равноускоренного тренинга: результаты 24-недельного исследования. Аллергология и иммунология. 2010; 11 (1): 42–47. [Pyatin V.F., Zhestkov A.V., Shirolapov I.V., Nikitin O.L., Limareva L.V., Zubova I.A. Adaptatsionnye vozmozhnosti sistemy immuniteta zhenshchin pozhiлого vozrasta v usloviyakh ravnouskorenного treninga: rezul'taty 24-nedel'nogo issledovaniya. Allergologiya i immunologiya. 2010; 11 (1): 42–47. (in Russian)]
6. Пятин В.Ф., Шиrolапов И.В. Физическая нагрузка ускорением – расширение реабилитационных возможностей восстановительной медицины. Вестник восстановительной медицины. 2009; 29 (1): 24–28. [Pyatin V.F., Shirolapov I.V. Fizicheskaya nagruzka uskoreniem – rasshirenie reabilitatsionnykh vozmozhnostej vosstanovitel'noj meditsiny. Vestnik vosstanovitel'noj meditsiny. 2009; 29 (1): 24–28. (in Russian)]
7. Rittweger J., Beller G., Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. Clin. Physiol. 2000; 20: 134–142.
8. Otsuki T., Takanami Y., Aoi W. Arterial stiffness acutely decreases after whole-body vibration in humans. Acta Physiol. 2008; 194: 189–194.
9. Пятин В.Ф., Шиrolапов И.В., Жестков А.В., Веретельник Е.Н. Увеличение скорости экспираторного воздушного потока у пожилых женщин при однократной вибрационной физической нагрузке. Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология». 2009; 13 (14): 38–44. [Pyatin V.F., Shirolapov I.V., Zhestkov A.V., Veretel'nik E.N. Uvelichenie skorosti ekspiratornogo vozdušnogo potoka u pozhiylkh zhenshchin pri odnokratnoj vibratsionnoj fizicheskoj nagruzke. Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Biologiya i ekologiya». 2009; 13 (14): 38–44. (in Russian)]---

#### Информация об авторах / About the authors

**Пятин Василий Федорович** – д.м.н., профессор, директор НИИ нейронаук СамГМУ. Самара, Российская Федерация. ORCID: 0000-0001-8777-3097. Scopus Author ID: 6507227084. SPIN-код: 3058-9038

**Шиrolapov Игорь Викторович** – к.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Российская Федерация. ORCID: 0000-0002-7670-6566. SPIN: 3939-3590

**Хамзина Гюзаль Расимовна** – врач эндокринолог, Санаторий «Надежда» ОАО «Тольяттиазот», Тольятти, Российская Федерация

**Чемпалова Любовь Сергеевна** – к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки России, Российская Федерация. SPIN-код: 9064-2900. AuthorID: 830554

**Маслова Ольга Александровна** – к.социол.н., НИИ нейронаук СамГМУ, Самара, Российская Федерация. ORCID: 0000-0003-0406-4100. ResearcherID: AAA-3147-2021. SPIN-код: 7918-0233

**Vasily F. Pyantin** – D.Sc. in medicine, Neuroscience Research Institute of Samara State Medical University, Samara, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-8777-3097. Scopus Author ID: 6507227084. SPIN-код: 3058-9038

**Igor V. Shirolapov** – Ph.D. in medicine, Samara State Medical University, Samara, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-7670-6566. SPIN: 3939-3590

**Gyuzal R. Khamzina** – endocrinologist, Sanatorium «Nadezhda» of JCS «Togliattiazot», Togliatti, Russian Federation

**Lyubov S. Chempalova** – Ph. D. in biology, Samara State Technical University, Samara, Russian Federation. SPIN-код: 9064-2900. AuthorID: 830554

**Olga A. Maslova** – Ph.D. in sociology, Neuroscience Research Institute of Samara State Medical University, Samara, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-0406-4100. ResearcherID: AAA-3147-2021. SPIN-код: 7918-0233

Статья поступила / The article received: 23.03.2021

Статья принята к печати / The article approved for publication: 10.09.2021