

## ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРОПРИОЦЕПТИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

Пятин В.Ф.<sup>1</sup>, Широлапов И.В.<sup>1</sup>, Хамзина Г.Р.<sup>2</sup>, Устьянцева О.Ю.<sup>2</sup>, Чемпалова Л.С.<sup>3</sup>, Никитин О.Л.<sup>4</sup>, Панина М.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия (443099, Самара, ул. Чапаевская, 89), e-mail: pyatin\_vf@list.ru, ishirolapov@mail.ru

<sup>2</sup>Санаторий «Надежда» ОАО «Тольяттиазот», Тольятти, Россия

<sup>3</sup>ГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет» Минобрнауки России, Тольятти

<sup>4</sup>ФКУ «Главное бюро медико-социальной экспертизы по Самарской области» Минтруда России, Самара

Проведен анализ регуляторных влияний на гемодинамику низко- и высокоинтенсивной активации проприоцептивной системы у людей пожилого возраста (53 мужчины и 50 женщин разной физической подготовки). Исследованы следующие параметры функциональной активности кардиоваскулярной системы: систолическое, диастолическое и пульсовое артериальное давление, диаметр сосуда, податливость артерии, податливость сосудистой системы, общее периферическое сопротивление сосудов, линейная скорость кровотока, скорость пульсовой волны. Для проприоцептивной стимуляции предлагалась статическая физическая нагрузка; высокоинтенсивная активация нейромuscularной системы достигалась с использованием циклоидного генератора трехмерных равноускоренных колебаний (продолжительность однократного воздействия – 30 с). Выявленные изменения ряда функциональных параметров, в частности уменьшение общего периферического сопротивления сосудов и скорости пульсовой волны, возрастание линейной скорости кровотока, позволяют рекомендовать проприоцептивную стимуляцию в реабилитационных и профилактических целях в областях практической медицины и геронтологии.

Ключевые слова: проприоцептивная система, соматовегетативная регуляция, пожилой возраст, физическая нагрузка, гемодинамика

## HEMODYNAMIC EFFECTS OF PROPRIOCEPTIVE STIMULATION BY WHOLE BODY VIBRATION IN THE ELDERLY

Pyatin V.F.<sup>1</sup>, Shirolapov I.V.<sup>1</sup>, Khamzina G.R.<sup>2</sup>, Ustyantseva O.Yu.<sup>2</sup>, Chempalova L.S.<sup>3</sup>, Nikitin O.L.<sup>4</sup>, Panina M.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara State Medical University, Samara, Russia (443099, Samara, Chapaevskaya str., 89), e-mail: pyatin\_vf@list.ru, ishirolapov@mail.ru

<sup>2</sup>Sanatorium «Nadezhda» of JCS «Togliattiazot», Togliatti, Russia

<sup>3</sup>Togliatti State University, Togliatti, Russia

<sup>4</sup>Head office of medico-social examination of the Samara region, Samara, Russia

We have done the analysis of regulatory effects on hemodynamics of low- and high-intensity activation proprioceptive system in older people (53 men and 50 women of different physical preparation). The following functional cardiovascular parameters were studied: systolic, diastolic blood pressure, the vessel diameter, yielding artery vascular compliance, total peripheral vascular resistance, the linear flow velocity, the velocity of the pulse wave. For proprioceptive stimulation offered static physical exercise; high-intensity activation of the neuromuscular system is achieved using whole-body vibration machine «Power Plate» (duration of a single exposure - 30 sec). The changes revealed a number of functional parameters, in particular a reduction in total peripheral vascular resistance and pulse wave velocity, increase blood flow velocity, allow us to recommend proprioceptive stimulation by WBV in rehabilitation and preventive purposes in the fields of clinical medicine and gerontology.

Keywords: proprioceptive system, older people, physical exercise, hemodynamics.

Исследование возрастных аспектов структуры, функции и особенно регуляции деятельности физиологических систем организма человека представляет отдельный научный и практический интерес. Известно, что сердечно-сосудистая система является одной из наиболее чувствительных функциональных систем к действию стрессовых факторов разной

природы, а возрастные изменения в системе кровообращения ограничивают адаптационные возможности организма пожилого человека. Знание особенностей активации проприоцептивной системы у людей пожилого возраста в условиях физиологического стресса, представленного статической физической нагрузкой, и/или в условиях интенсивной стимуляции нейромышечного аппарата является необходимым для глубокого понимания в целом механизмов соматовегетативной регуляции функций, в частности регуляции функциональной активности сердечно-сосудистой системы [1, 3, 7]. Принимая во внимание однозначную актуальность вышеназванных фактов, авторами в настоящей работе исследованы функциональные ответы сердечно-сосудистой системы людей пожилого возраста в условиях проприоцептивной стимуляции нейромышечной системы разной интенсивности.

### **Материал и методы исследования**

В исследовании приняли участие 103 человека пожилого возраста (53 мужчины 61–74 лет, 50 женщин 56–74 лет) и разной физической подготовки, у всех было получено добровольное информированное согласие.

Для низкоинтенсивной проприоцептивной стимуляции (НПС) испытуемые в течение 30 с выполняли упражнение статического приседа при условии максимального произвольного изометрического напряжения четырехглавых мышц бедра. При приседе угол сгибания в коленных суставах равен  $100^\circ$ , в голеностопных суставах – не менее  $80^\circ$ . Для высокоинтенсивной стимуляции проприоцептивной системы (ВПС) статический присед выполнялся на платформе медицинского аппарата «Power Plate» (Голландия), что вызывало рефлекторные мышечные сокращения с частотой, равной частоте стимуляции (режим работы: амплитуда вертикального смещения платформы – 2 мм, частота – 30 Гц, время однократного воздействия – 30 с). Критерии исключения из исследования включали абсолютные и относительные противопоказания для выполнения равноускоренной физической нагрузки [8]. Особенности физиологической активации проприоцептивной системы при работе на указанной платформе, а также режимы и возможности ее использования описаны в работах Пятин В.Ф., Широлапова И.В. и соавт. [2, 4, 5].

Гемодинамические ответы исследованы методом компрессионной осциллометрии высокого разрешения на аппарате «ЭДТВ Гемодин» (Россия) с регистрацией осциллограммы плечевой артерии. Перечень исследуемых параметров системной гемодинамики: уровни артериального давления, диаметр сосуда, податливость артерии, податливость сосудистой системы, общее периферическое сопротивление сосудов, линейная скорость кровотока, скорость пульсовой волны. Функциональные ответы сердечно-сосудистой системы регистрировались до физической нагрузки и в течение 30 с периода последствия.

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 исследования и их обсуждение**

В результате проведенного исследования авторами отмечены разнонаправленные изменения уровня систолического артериального давления после низко- и высокоинтенсивной стимуляции нейромышечного аппарата пожилых людей. 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 вызывала 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 этого показателя перед выполнением ВПС было на 7,8 мм рт. ст. меньше, чем таковое перед НПС, что может обуславливать выявленный антагонизм полученных ответов.

Увеличение артериального давления в основном связано с возрастным изменением сосудистой системы – потерей эластичности крупных артериальных стволов, увеличением периферического сосудистого сопротивления, и являлось вполне ожидаемым в ответ на предложенную стимуляцию, при этом в абсолютных величинах не представляло значительных рисков для группы испытуемых [...]. Анализ указанных результатов показал, что низкоинтенсивная проприоцептивная стимуляция способствовала повышению пульсового давления среди людей пожилого возраста на 8% ( $5,2 \pm 1,33$  мм рт. ст.,  $p < 0,01$ ). Высокоинтенсивная проприоцептивная стимуляция повышала величину пульсового давления среди обследуемых пожилого возраста на 17% ( $11,1 \pm 1,62$  мм рт. ст.,  $p < 0,01$ ). При этом абсолютное значение величины пульсового давления после ВПС на 9% ( $6,6 \pm 1,64$  мм рт. ст.,  $p < 0,001$ ) больше, чем после НПС.

Полученные нами результаты в определенной степени согласуются с данными, продемонстрированными на испытуемых молодого возраста [5, 10]. В исследовании также отмечалось увеличение пульсового давления, однако это было связано с неожиданным снижением у некоторых испытуемых диастолического давления, по предположению Rittweger et al. в результате периферической вазодилатации. Одновременно частота сердечных сокращений у молодых людей после истощающей высокоинтенсивной проприостимуляции не превышала 130 уд/мин, поглощение кислорода возрастало на 48,8 %,

а увеличение уровня систолического давления в среднем не было выше нормальных значений.

В нашей работе регистрация диаметра артерии показала, что значение этого сосудистого показателя ( $0,004 \pm 0,003$  см,  $p < 0,01$ ) после ВПС было на 1% больше, чем после НПС. Однако эти изменения в ответ на стимуляцию в целом статистически не достоверны относительно фонового уровня. Нами установлено увеличение параметра податливости периферической артерии после стимуляции нейромышечной системы 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. При этом различие по абсолютным значениям этого параметра статистически достоверно между двумя типами стимуляции (на 9% больше при НПС,  $p < 0,01$ ). Параметр податливости сосудистой системы не имел достоверных отличий после стимуляции как по отношению к фоновым значениям, так и между разными видами физической нагрузки.

Повышение жесткости артериальной стенки у пожилых людей является фактором риска для работы сердечно-сосудистой системы. Важными в анализе полученных данных являются факты, что у испытуемых отмечено увеличение линейной скорости кровотока после НПС на 37% ( $20,81 \pm 1,6$  см/с,  $p < 0,001$ ), после ВПС на 40% ( $22,27 \pm 1,6$  см/с,  $p < 0,001$ ). Одновременно скорость пульсовой волны снижается после НПС у пожилых людей 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 параметра после ВПС на 3% ( $23,9 \pm 13,5$  см/с,  $p < 0,05$ ) больше, чем после НПС. Выполненная в нашем исследовании, как и в работе Otsuki et al. [9], механическая стимуляция артерии ведет к относительной вазодилатации и уменьшению жесткости стенки артерии. В частности, в этой работе наблюдалось уменьшение скорости распространения пульсовой волны плечевой артерии через 20 и 40 мин после вибрационного воздействия, а через 60 мин показатель возвращался к первоначальному уровню [9].

Прогрессирующее с возрастом уменьшение просвета мелких периферических артерий, с одной стороны, снижает кровообращение в тканях, а с другой – обуславливает повышение периферического сосудистого сопротивления. Возрастное ОПСС способствует прогрессированию ишемической патологии в работе системы кровообращения, поскольку вызывает одновременное изменение интегральных параметров системной гемодинамики, в частности уровня системного артериального давления и величины сердечного выброса. Согласно результатам нашего исследования НПС снижала ОПСС на 17% ( $229,4 \pm 27,32$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>,  $p < 0,001$ ), а после ВПС уменьшение параметра составляло 21% ( $278,4 \pm 24,74$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>,  $p < 0,001$ ). При этом абсолютное значение ОПСС после ВПС было на 7% ниже ( $73,2 \pm 34,63$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>,  $p < 0,001$ ), чем после НПС. Следует, однако, отметить, что даже за

однотипными изменениями общего периферического сосудистого сопротивления скрывается различная его топография сдвигов регионарного тонуса [1].

### **Заключение**

В результате проведенного исследования авторами 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 ряд структурных и функциональных изменений, которые в общей совокупности значительно ограничивают диапазон ее функциональных возможностей, и тем самым создаются предпосылки для более быстрого развития патологии. Полученные в ходе работы данные не только расширяют теоретические представления о механизмах соматовегетативного взаимодействия у людей пожилого возраста, но и способствуют более глубокому анализу ответных гемодинамических реакций в условиях воздействия стрессорных факторов разной природы [3, 6]. Примечательно, что установленные в настоящем исследовании позитивные изменения ряда функциональных параметров, в частности уменьшение общего периферического сопротивления сосудов и скорости пульсовой волны, возрастание линейной скорости кровотока, позволяют рекомендовать регуляторные эффекты стимуляции нейромышечного аппарата пожилых людей в реабилитационных и профилактических целях в областях практической медицины и геронтологии [2, 7]. В заключение следует отметить, что полученные некоторые противоречивые данные ставят перед авторами настоящей работы дальнейшие цели по более детальному исследованию в этом направлении (в частности, анализ ответных реакций у пожилых людей определенного уровня физической активности и сравнение с таковыми у людей старческого возраста).

### **Список литературы**

1. Еськов В.М., Королев В.В., Полухин В.В., Пятин В.Ф., Широлапов И.В. Динамика параметров аттракторов движения векторов состояния организма пожилых женщин под действием двенадцатинедельной вибрационной физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. XVI. № 3. С. 66–69.
2. Котельников Г.П., Пятин В.Ф., Булгакова С.В., Широлапов И.В. Равноускоренный тренинг увеличивает минеральную плотность костной ткани и сывороточную концентрацию остеокальцина у женщин пожилого возраста // Успехи геронтологии. 2010. Т. 23. № 2. С. 257–262.

3. Лавров О.В., Пятин В.Ф., Широлапов И.В. Адаптационные изменения показателей кардиоваскулярной системы и сывороточных уровней ряда гормонов в условиях экзаменационного стресса. // Казанский медицинский журнал. 2012. Т. 93. № 3. С. 461–464.
4. Пятин В.Ф., Жестков А.В., Широлапов 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. Т. 11. № 1. С. 42–47.
5. Пятин В.Ф., Широлапов И.В. Физическая нагрузка ускорением – расширение реабилитационных возможностей восстановительной медицины // Вестник восстановительной медицины. 2009. Вып. 29. № 1. С. 24–28.
6. Пятин В.Ф., Широлапов 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. Вып. 13. № 14. С. 38–44.
7. Пятин В.Ф., Широлапов И.В., Никитин О.Л. Реабилитационные возможности вибрационной физической нагрузки в геронтологии // Успехи геронтологии. 2009. Т. 22. № 2. С. 337–342.
8. Широлапов И.В. Функциональные особенности респираторных, остеогенных и иммунных реакций организма человека при равноускоренном тренинге: Автореф. дис. канд. мед. наук. — Самара, 2009. — 23 с.
9. Otsuki T., Takanami Y., Aoi W. Arterial stiffness acutely decreases after whole-body vibration in humans. // Acta Physiol. 2008. Vol. 194. P. 189–194.
10. Rittweger J., Beller G., Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man // Clin. Physiol. 2000. Vol.20 P. 134–142.

**Рецензенты:**

Мирошниченко И.В., д.м.н., профессор, проректор по учебной работе, заведующий кафедрой нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Оренбург;

Ведясова О.А., д.б.н., профессор кафедры физиологии человека и животных ГБОУ ВПО «Самарский государственный университет» Минобрнауки России, г. Самара.