

<https://doi.org/10.26442/2075082X.2019.4.190636>

Оригинальная статья

# Вариабельность сердечного ритма у женщин, страдающих гипертонической болезнью, под воздействием регулярной умеренной физической нагрузки

Ю.Н. Смоляков<sup>1,2</sup>, Б.И. Кузник<sup>1,2</sup>, Е.С. Гусева<sup>2</sup>, С.О. Давыдов<sup>1,2</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России, Чита, Россия;<sup>2</sup>Иновационная клиника «Академия здоровья», Чита, Россия

✉smolyakov@rambler.ru

**Аннотация****Цель.** Выяснение влияния умеренной физической нагрузки на вариабельность сердечного ритма (BCP) у женщин, регулярно принимающих курсы кинезитерапии.**Материалы и методы.** Исследования проведены с участием 72 женщин с гипертонической болезнью (ГБ), разделенных на 2 подгруппы: в первую (ГБ-1) вошли 37 женщин, страдающих ГБ II стадии и находящихся на медикаментозной терапии, вторую (ГБ-2) составили пациентки, проходившие, наряду с медикаментозным лечением, регулярные курсы кинезитерапии. Для оценки характеристик BCP применялся метод фотоплетизмографии. Использованы следующие показатели: SDRR – стандартное отклонение всех кардиоинтервалов, RMSSD – квадратный корень из средней суммы квадратов разностей кардиоинтервалов, LF – мощность колебаний в диапазоне низких частот, обусловленная активностью симпатического отдела, HF – мощность в диапазоне высоких частот, связана с дыхательными движениями и обусловленная вагусной активностью, LF/HF – отношение мощностей, отражающее симпатовагусный баланс, CVI – нелинейный парасимпатический индекс, CSI – нелинейный симпатический индекс.**Результаты.** Установлено, что средняя частота сердечных сокращений у женщин обеих групп приблизительно одинакова, тогда как все остальные показатели (за исключением LF/HF и CSI) оказались значительно выше у пациенток ГБ-2. У больных группы ГБ-2 отмечается значимо большая величина показателей SDRR, RMSSD, LF, HF. При частотном анализе не выявлено повышения общей мощности колебаний кардиоинтервалов и вегетативного баланса (LF/HF). При этом обнаружено выраженное повышение нелинейного парасимпатического индекса (CVI), тогда как симпатический индекс (CSI) оставался неизменным.**Заключение.** Регулярное использование курсов кинезитерапии способствует повышению тонуса парасимпатического отдела автономной нервной системы, значительно угнетенного при ГБ.**Ключевые слова:** гипертоническая болезнь, кинезитерапия, вариабельность сердечного ритма, симпатический тонус, парасимпатический тонус, вегетативный баланс.**Для цитирования:** Смоляков Ю.Н., Кузник Б.И., Гусева Е.С., Давыдов С.О. Вариабельность сердечного ритма у женщин, страдающих гипертонической болезнью, под воздействием регулярной умеренной физической нагрузки. Системные гипертензии. 2019; 16 (4): 61–64. DOI: 10.26442/2075082X.2019.4.190636

## Heart rate variability in women with essential hypertension under exposure of regular moderate physical training

[Original Article]

Yuriy N. Smolyakov<sup>1,2</sup>, Boris I. Kuznik<sup>1,2</sup>, Ekaterina S. Guseva<sup>2</sup>, Sergey O. Davydov<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Chita State Medical Academy, Chita, Russia;<sup>2</sup>Innovation Clinic Academy of Health, Chita, Russia

✉smolyakov@rambler.ru

**For citation:** Smolyakov Y.N., Kuznik B.I., Guseva E.S., Davydov S.O. Heart rate variability in women with essential hypertension under exposure of regular moderate physical training. Systemic Hypertension. 2019; 16 (4): 61–64.

DOI: 10.26442/2075082X.2019.4.190636

**Abstract****Aim.** To elucidate the effect of moderate exercise on heart rate variability (HRV) in women who regularly take kinesi therapy courses.**Materials and methods.** Studies were conducted on 72 women with essential hypertension (EH), divided into 2 subgroups: first (EH-1) included 37 women suffering from stage II EH and under medical therapy, the second (EH-2) consisted of patients who underwent along with medication treatment, regular courses of kinesi therapy. To evaluate the characteristics of HRV, a photoplethysmography method was used. The following indicators were used: SDRR is the standard deviation of all cardiointervals, RMSSD is the square root of the average sum of squares of cardiointerval differences, LF – is the oscillation power in the low frequency range, due to the activity of the sympathetic section, HF – is the power in the high frequency range, associated with respiratory movements and caused by vagal activity, LF/HF – is the power ratio, reflecting sympathetic balance, CVI – nonlinear parasympathetic index, CSI – nonlinear sympathetic index.**Results.** It was established that the average heart rate in women of both groups is approximately the same, while all other indicators (with the exception of LF/HF and CSI) were significantly higher in patients EH-2 group. In patients EH-2 group, there is a significantly larger value of SDRR, RMSSD, LF, HF. In the frequency analysis, no increase in the total power of cardiointerval oscillations and autonomic balance (LF/HF) was detected. A pronounced increase in the nonlinear parasympathetic index (CVI) has been shown, while the sympathetic index (CSI) remained unchanged.**Conclusion.** Regular use of kinesi therapy courses helps to increase the tone of the parasympathetic division of the autonomic nervous system, which is significantly depressed in EH.**Key words:** hypertension, kinesi therapy, heart rate variability, sympathetic tone, parasympathetic tone, autonomic balance.

Известно, что вегетативная нервная система играет важнейшую роль в регуляции артериального давления (АД) и в развитии гипертонической болезни (ГБ). Не подлежит сомнению, что одним из важнейших факторов оценки сердечной деятельности является вариабельность сердечного ритма (ВСР), характеризующая механизм нервного контроля над работой этого органа, так как колебания в длительности интервала RR (т.е. ВСР) отражают мгновенный баланс между парасимпатическими (тормозящими) и симпатическими (возбуждающими) влияниями [1].

Следует отметить, что ВСР при ГБ достаточно хорошо изучена. Неоспоримо доказано, что при ГБ ВСР значительно снижена [2], хотя средние значения минимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС) у здоровых и больных существенно не различаются. Между тем большинство параметров, характеризующих сердечную деятельность, при ГБ оказались значительно уменьшенными [3], что обусловлено угнетением парасимпатических влияний [2].

В то же время нашими прежними исследованиями было показано, что если больные ГБ в течение длительного времени систематически принимают курсы кинезитерапии, то у них под воздействием гипотензивной терапии не только быстрее нормализуется кровяное давление, но и приближаются к показателям здоровых состояние сердечной деятельности и гемодинамические показатели [4–6].

В связи со сказанным мы решили изучить, как изменяется ВСР при ГБ у больных, систематически занимающихся в течение ряда лет кинезитерапией. Решение этой проблемы могло бы стать хорошим подспорьем клиницистам для степени оценки реабилитационных мероприятий у больных ГБ.

### Материалы и методы

Когортное исследование проведено с участием 72 женщин, страдающих ГБ. Больные были разделены на 2 подгруппы. В первую (ГБ-1) вошли 37 женщин, страдающих ГБ II стадии и имеющих высокий дополнительный риск развития сердечно-сосудистых осложнений. Средний возраст обследуемых этой группы составил 57,8±4,3 года, а индекс массы тела – 28,6±4,4 кг/м<sup>2</sup>. Все женщины группы ГБ-1 получали лечение в виде монотерапии или комбинации 2 антигипертензивных препаратов. Монотерапия применялась в ряде случаев (4 женщины – 10,8%), с назначением минимальных доз препарата, поскольку любая комбинированная терапия вызывала эпизоды гипотонии.

Во вторую подгруппу вошли 35 женщин (возраст 56,7±4,1 года; индекс массы тела – 28,2±4,3 кг/м<sup>2</sup>), также страдающих ГБ II стадии с высоким риском развития сердечно-сосудистых осложнений, которые наряду с приемом антигипертензивных препаратов (у 14,3 % в виде монотерапии, 85,7% в виде комбинированной терапии) регулярно проходили в течение 3 лет по 3 полуторамесячных курса кинезитерапии. В каждом конкретном случае в зависимости от состояния больных, уровня

АД, степени физической тренированности и наличия сопутствующих заболеваний назначался индивидуальный курс кинезитерапии на специальных тренажерах.

Основной диагноз (II стадия ГБ) женщинам был выставлен на основании признаков поражения органов-мишеней, таких как гипертрофия левого желудочка (по данным эхокардиографии), локальное сужение артерий сетчатки, ультразвуковые признаки атеросклеротического поражения аорты, сонных и бедренных артерий.

На момент исследования у 31 женщины группы ГБ-1 был достигнут целевой уровень АД, АД менее 140 и 90 мм. рт. ст., у 6 – цифры АД соответствовали I-й степени артериальной гипертензии, что потребовало дополнительной коррекции доз получаемых препаратов. Среди пациенток, регулярно занимающихся физическими упражнениями (ГБ-2), коррекция АД потребовалась лишь в 1 случае, у остальных женщин регистрировались его целевые значения.

Исключением из исследования явились все ассоциированные с ГБ клинические состояния, врожденные и приобретенные пороки сердца, кардиомиопатии, сахарный диабет, нарушения функции щитовидной железы, злокачественные новообразования, болезни крови, хроническая обструктивная болезнь легких с тяжелой дыхательной недостаточностью, хроническая почечная и печеночная недостаточность, воспалительные заболевания, ожирение при индексе массы тела более 40,0 кг/м<sup>2</sup>.

Для оценки характеристик ВСР применялся метод фотоплетизмографии [7]. Метод реализован при помощи датчика динамического рассеяния света (Dynamic Light Scattering – DLS) от Elfi-Tech (Rehovot, Israel) [8, 9] и измеряет сигналы, инициированные кожным кровотоком. Из пульсовой компоненты DLS-сигнала извлекалась информация о вариабельности RR-интервалов и рассчитывались ВСР-индикаторы [10]. Измерения производились в течение 3 мин.

Использованы следующие временные показатели: HR (Heart Rate) – ЧСС (уд/мин); SDRR (Standard Deviation of RR intervals) – стандартное отклонение всех интервалов RR (мс) – отражает все долговременные компоненты и циркадные ритмы, ответственные за вариабельность; RMSSD (Root Mean Square of the Successive Differences) – квадратный корень из средней суммы квадратов разностей RR-интервалов (мс) – относится к изменениям в краткосрочном периоде и отражает отклонения в тоне автономной нервной системы, которые преимущественно являются вагус-опосредованными.

Частотный анализ представлен индексами: LF – мощность в диапазоне низких частот (0,04–0,15 Hz; мс<sup>2</sup>), обусловлена активностью симпатического отдела и отражает время задержки барорефлекторной петли; HF – мощность в диапазоне высоких частот (0,16–0,5 Hz; мс<sup>2</sup>), связана с дыхательными движениями и главным образом обусловлена вагусной активностью; PWR – сумма низкочастотной LF и высокочастотной компонент HF (мс<sup>2</sup>); LF/HF – отношение мощностей (отражает общий симпатовагусный баланс).

**Вариабельность сердечной деятельности у женщин групп ГБ-1 и ГБ-2**  
Variability of heart activity in women of group AH-1 and group AH-2

	ГБ-1	ГБ-2	p
HR	72,1 (67,4–77,4)	75,3 (69,8–79,4)	0,15
SDRR	77,4 (65,2–112)	110 (90,7–122)	0,005
RMSSD	99,2 (78,3–120)	129 (111–150)	0,004
PWR	2560 (1750–4150)	4970 (2890–6360)	0,010
LF	953 (566–1690)	1750 (934–3190)	0,013
HF	1210 (657–2050)	2150 (1440–3070)	0,020
LF/HF	0,909 (0,59–1,35)	0,986 (0,607–1,59)	0,65
CSI	1,19 (1,01–1,49)	1,12 (0,985–1,47)	0,40
CVI	4,95 (4,77–5,28)	5,28 (5,12–5,38)	0,006

**Примечание.** Представление данных Me (P25–P75). Сравнение групп по критерию Манна–Уитни.  
Note. Presentation of Me data (P25–P75). Comparison of groups by the Mann–Whitney test.

Нелинейный анализ вариабельности содержит: CVI (Cardiac Vagal Index) – нелинейный парасимпатический индекс; CSI (Cardiac Sympathetic Index) – нелинейный симпатический индекс [11].

Статистический анализ выполнен с помощью языка R (<http://cran.r-project.org>) версии 3.6.0 [12]. Групповые данные представлены в формате медианы (Me) [25% перцентиль (P25) – 75% перцентиль (P75)]. Для сравнения групп использовался критерий Манна–Уитни.

## Результаты и обсуждение

**Цель исследования** – выяснить, как изменяются основные показатели ВСР у женщин, больных ГБ, регулярно принимающих курсы кинезитерапии. Полученные данные представлены в таблице.

Нами установлено, что средняя ЧСС (HR) у женщин обеих групп приблизительно одинакова, тогда как все остальные показатели (за исключением LF/HE, VLF и CSI) оказались значительно выше у пациенток ГБ-2. Следует указать на увеличение в группе ГБ-2 индексов общей вариабельности, характеризующих общий тонус вегетативной нервной системы (SDRR, RMSD).

Обращает на себя внимание, что у больных группы ГБ-2 значительно увеличен как показатель LF, характеризующий активность симпатического отдела автономной нервной системы и отражающий время задержки, возникающей в момент сокращения сердца барорефлекторной петли, так и показатель HF, связанный с актом дыхания и обусловленный главным образом вагусной активностью. При частотном анализе выявлено повышение общей мощности колебаний RR-интервала (PWR) и отдельных частотных компонент (LF, HF), но не отмечено значимого изменения вегетативного баланса (LF/HF). Отсутствие сдвигов вегетативного баланса может быть объяснено значительной разницей общей вариабельности в группах и низкой чувствительностью «классического» частотного подхода при измерениях в малом промежутке времени – в нашем исследовании (3 мин), в то время как минимально возможный интервал для оценки LF-индекса составляет 2 мин, а для HF – 1 мин [10].

Методы оценки нелинейной вариабельности позволяют повысить чувствительность измерений в условиях ограниченного времени исследования [11, 13]. При нелинейном анализе в группе ГБ-2 обнаружено повышение парасимпатического индекса (CVI), тогда как симпатический индекс (CSI) оставался неизменным.

Приведенные сведения следует расценивать как благоприятные, так как при ГБ ВСР свидетельствует о повышении тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы. Как показали исследования В. Koichubekov и соавт. [14], ритм сердца у больных ГБ более регулярный, его динамика менее сложна и менее «хаотична» по сравнению со здоровыми. При этом стабилизация ЧСС наблюдается как на коротких, так и на больших временных интервалах, но в основном за счет уменьшения разницы «соседних» RR-интервалов.

Полученные нами данные могут быть объяснены в первую очередь благоприятным воздействием умеренной физической нагрузки на организм больного ГБ. Так, S. Masroor и соавт. [15] указывают, что в группе больных ГБ, регулярно подвергающихся аэробным и силовым нагрузкам, наблюдалось увеличение HF, SDRR и RMSD наряду со снижением LF и отношением LF/HE. На основании полученных данных авторы приходят к заключению, что «тренировки с физическими упражнениями в комбинированной форме (аэробика и сопротивление) могут быть включены в программы лечения пациентов, страдающих гипертензией, для улучшения автономного контроля деятельности сердца».

Согласно данным F. Besnier и соавт. [16], тренировка с физической нагрузкой как нефармакологическое лечение играет важную роль в улучшении симпатовагального баланса и может нормализовать уровни маркеров симпатического потока, измеренные с помощью ВРС. Эти сдвиги положительно влияют на прогноз сердечно-сосудистых заболеваний. Отсюда делается вывод, что программы реабилитации сердечной деятельности должны включать регулярные аэробные упражнения средней интенсивности.

Мы считаем, что применение кинезитерапевтических процедур благоприятно отражается на состоянии сердечно-сосудистой системы больных ГБ, в том числе и на показателях ВРС. В то же время ВСР позволяет не только оценить значимость применяемых мероприятий и, в частности, кинезитерапии для реабилитации больных, но и оценить риск возникновения ГБ, а также степень развития артериальной гипертензии [15, 16].

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

**Conflict of interests.** The authors declare that there is not conflict of interests.

## Литература/References

- Malliani A, Pagani M, Lombardi F, Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 1991; 84 (2): 482–92. DOI: 10.1161/01.CIR.84.2.482
- de Andrade PE, do Amaral JAT, Paiva LDS et al. Reduction of heart rate variability in hypertensive elderly. *Blood Press* 2017; 26 (6): 350–8. DOI: 10.1080/08037051.2017.1354285
- Nagy K, Sipos E, El Hadj Othmane T. Heart rate variability is significantly reduced in non-diabetic patients with hypertension. *Orvosi hetilap* 2014; 155 (22): 865–70. DOI: 10.1556/OH.2014.29886
- Давыдов С.О., Кузник Б.И., Степанов А.В. и др. Влияние кинезитерапии на содержание «гормона молодости» ирисина у здоровых и больных ишемической болезнью сердца. *Вестн. восстановительной медицины*. 2015; 5: 91–8. [Davydov SO, Kuznik BI, Stepanov AV et al. Vlianie kineziterapii na sodержanie "gormona molodosti" irisina u zdorovykh i bol'nykh ishemicheskoi bolezni'u serdtsa. *Vestn. vosstanovitel'noi meditsiny*. 2015; 5: 91–8 (in Russian).]
- Давыдов С.О., Степанов А.В., Кузник Б.И., Гусева Е.С. Влияние кинезитерапии на уровень адгезивной молекулы JAM-A у больных гипертонической болезнью. *Вестн. восстановительной медицины*. 2017; 5: 33–7. [Davydov SO, Stepanov AV, Kuznik BI, Guseva ES. Vlianie kineziterapii na uroven' adgezivnoi molekuly JAM-A u bol'nykh gipertonicheskoi bolezni'u. *Vestn. vosstanovitel'noi meditsiny*. 2017; 5: 33–7 (in Russian).]
- Гусева Е.С., Давыдов С.О., Кузник Б.И. и др. Роль дифференцировочного фактора роста 11 (GDF11) в регуляции липидного обмена и кардиогемодинамических функций у больных гипертонической болезнью при умеренной физической нагрузке. *Рос. кардиол. журн.* 2018; 4: 93–8. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-4-93-98
- Guseva ES, Davydov SO, Kuznik BI et al. Rol' differencirovochnogo faktora rosta 11 (GDF11) v regul'acii lipidnogo obmena i kardiogemodinamicheskikh funktsii u bol'nykh gipertonicheskoi bolezni'u pri umerennoj fizicheskoi nagruzke. *Ros. kardiolog. zhurnal*. 2018; 4: 93–8. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-4-93-98. (in Russian).]
- Pinheiro N, Couceiro R, Henriques J et al. Can PPG be used for HRV analysis? 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) 2016; p. 2945–9. DOI: 10.1109/EMBC.2016.7591347
- Fine I, Kaminsky AV, Shenkman L. A new sensor for stress measurement based on blood flow fluctuations. *Dynamics and Fluctuations in Biomedical Photonics XII*. SPIE Press 2016; 9707: 970705. DOI: 10.1117/12.2212866
- Kuznik BI, Smolyakov YN, Tsybikov NN et al. Impact of fitness status on the optically measured hemodynamic indexes. *J Healthcare Engineering* 2018; 1674931. DOI: 10.1155/2018/1674931
- Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health* 2017; 5: 258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258
- Barbieri R, Scilingo EP, Valenza G. (ed.). *Complexity and nonlinearity in cardiovascular signals*. Springer, 2017.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. <https://www.R-project.org>
- Toichi M, Sugiyama T, Murai T, Sengoku A. A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of variation of R-R interval. *J Autonomic Nervous System* 1997; 62 (1–2): 79–84. DOI: 10.1016/S0165-1838(96)00112-9
- Koichubekov BK, Sorokina MA, Laryushina YM et al. Nonlinear analyses of heart rate variability in hypertension. *Ann de Cardiologie et d'Angéiologie* 2018; 67 (3): 174–79. DOI: 10.1016/j.jancard.2018.04.014Get
- Masroor S, Bhati P, Verma S et al. Heart Rate Variability following Combined Aerobic and Resistance Training in Sedentary Hypertensive Women: A Randomised Control Trial. *Indian Heart J* 2018; 70: 28–335. DOI: 10.1016/j.ihj.2018.03.005
- Besnier F, Labrunee M, Pathak A et al. Exercise training-induced modification in autonomic nervous system: An update for cardiac patients. *Ann Physical Rehabilitation Medicine* 2017; 60 (1): 27–35. DOI: 10.1016/j.rehab.2016.07.002

---

## Информация об авторах / Information about the authors

**Смоляков Юрий Николаевич** – канд. мед. наук, доц., зав. каф. медицинской физики и информатики ФГБОУ ВО ЧитГМА, науч. консультант ИК «Академия здоровья». E-mail: smolyakov@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7920-7642>

**Кузник Борис Ильич** – д-р мед. наук, проф., каф. нормальной физиологии ФГБОУ ВО ЧитГМА, науч. консультант ИК «Академия здоровья». E-mail: bi\_kuznik@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2502-9411>

**Гусева Екатерина Сергеевна** – канд. мед. наук, зам. дир. по клинико-экспертной и организационно-методической работе ИК «Академия здоровья». E-mail: guseva81@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6212-6571>

**Давыдов Сергей Олегович** – д-р мед. наук, проф. каф. травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО ЧитГМА, рук. ИК «Академия здоровья». E-mail: davydov-so@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6690-7391>

**Yuriy N. Smolyakov** – Cand. Sci. (Med.), Chita State Medical Academy, Innovation Clinic Academy of Health. E-mail: smolyakov@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7920-7642>

**Boris I. Kuznik** – D. Sci. (Med.), Prof., Chita State Medical Academy, Innovation Clinic Academy of Health. E-mail: bi\_kuznik@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2502-9411>

**Ekaterina S. Guseva** – Cand. Sci. (Med.), Innovation Clinic Academy of Health. E-mail: guseva81@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6212-6571>

**Sergey O. Davydov** – D. Sci. (Med.), Prof., Chita State Medical Academy, Innovation Clinic Academy of Health. E-mail: davydov-so@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6690-7391>

---

Статья поступила в редакцию / The article received: 25.09.2019

Статья принята к печати / The article approved for publication: 20.12.2019