



УДК 612.821+612.83+616.74+616-092.6

EDN EXEVQN

<https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2022-3-3-385-390>

Реакция артериального давления на реальные и воображаемые движения

Т. Р. Мошонкина^{✉1,2}, Е. В. Попова³

¹ Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6

² Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова
Министерства здравоохранения РФ, 197341, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Акkuratова, д. 2

³ Санкт-Петербургская клиническая больница Российской академии наук,
194017, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Мориса Тореза, д. 72, лит. А

Сведения об авторах

Татьяна Ромульевна Мошонкина, SPIN-код: 8537-6871, ORCID: 0000-0002-8934-5253, e-mail: moshonkina@infran.ru

Елена Вениаминовна Попова, SPIN-код: 5544-8022, e-mail: hospital@spbkbbran.ru

Для цитирования: Мошонкина, Т. Р., Попова, Е. В. (2022) Реакция артериального давления на реальные и воображаемые движения. *Интегративная физиология*, т. 3, № 3, с. 385–390. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2022-3-3-385-390> EDN EXEVQN

Получена 11 июля 2022; прошла рецензирование 17 июля 2022; принята 19 июля 2022.

Финансирование: Исследование поддержано грантом Минобрнауки РФ, соглашение №075-15-2020-800.

Права: © Т. Р. Мошонкина, Е. В. Попова (2022). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Аннотация. Интерес к воображаемым движениям связан с использованием их в интерфейсах мозг-компьютер и в реабилитационной практике. Получено много доказательств того, что в организации реального и воображаемого двигательного акта принимают участие одни и те же структуры мозга. Вегетативные реакции организма сопутствуют реальному движению, возникают перед стартом движения и не сразу угасают после окончания движения. В работе исследованы реакции сердечного ритма и артериального давления (АД) на воображение движений в сравнении с реакциями на реальные движения. Испытуемые ($n = 20$, 35–45 лет) совершали реальные приседания в быстром темпе ($n = 23$), на следующий день — воображаемые. Перед реальными и воображаемыми приседаниями определяли АД и частоту сердечных сокращений. Измерения повторяли сразу после и через 5 мин после окончания реальных и воображаемых движений. Получено достоверное увеличение систолического давления (СД) на 5 мм рт. ст. после воображения движений; прирост был меньше, чем увеличение СД после реальных приседаний (17 мм рт. ст.). Через 5 мин после воображения движений СД уменьшилось на 4 мм рт. ст. по отношению к начальному значению СД ($p < 0,05$), этот эффект отсутствовал после реальных приседаний. Анализ зависимости индивидуальных изменений СД от начального СД выявил надежную отрицательную корреляцию после реальных движений ($r = -0,35$ и $r = -0,81$ после и через 5 мин после движений, соответственно) и отсутствие зависимости после воображения движений. Таким образом, вегетативная система реагирует на воображение движений, однако в реализации реальных и мысленно выполняемых движений активируются разные физиологические процессы.

Ключевые слова: физические упражнения, воображение движений, систолическое давление, частота сердечных сокращений, интерфейс мозг-компьютер

Blood pressure response to real and imaginary movements

T. R. Moshonkina^{✉1,2}, E. V. Popova³

¹ Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, 6 Makarova Emb., Saint Petersburg 199034, Russia

² Almazov National Medical Research Centre of Ministry of Health of Russian Federation, 2 Akkuratova Str., Saint Petersburg 197341, Russia

³ Saint Petersburg Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences, 72 A Morisa Toreza Str., Saint Petersburg 194017, Russia

Authors

Tatiana R. Moshonkina, SPIN: 8537-6871, ORCID: 0000-0002-8934-5253, e-mail: moshonkina@infran.ru

Elena V. Popova, SPIN: 5544-8022, e-mail: hospital@spbkbbran.ru

For citation: Moshonkina, T. R., Popova, E. V. (2022) Blood pressure response to real and imaginary movements. *Integrative Physiology*, vol. 3, no. 3, pp. 385–390. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2022-3-3-385-390> EDN EXEVQON

Received 11 July 2022; reviewed 17 July 2022; accepted 19 July 2022.

Funding: The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russia, Grant No. 075-15-2020-800.

Copyright: © T. R. Moshonkina, E. V. Popova (2022). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under [CC BY-NC License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Abstract. An interest in imaginary movements is associated with their use in brain-computer interfaces and rehabilitation. The obtained evidence shows that the same brain regions are involved in the organization of a real and imaginary motor act. Autonomic reactions of the body that accompany the real movement occur before the movement starts and do not immediately diminish after the movement ends. We investigated and compared the responses of heart rate (HR) and blood pressure (BP) to real and imaginary movements. The study involved 20 subjects aged 35 to 45. On the first day they did real squats at a fast pace ($n = 23$), the next day they did imaginary squats. Before real and imaginary squats, BP and HR was measured. Measurements were repeated immediately after and 5 min after the end of real/imaginary squats. HR showed an upward trend after imaginary squats. A significant increase in systolic pressure (SP) by 5 mm Hg was obtained immediately after the imaginary movements; SP increase was less than the increase after real squats and amounted to 17 mm Hg. Pressure significantly decreased 5 min after imaginary movements by 4 mm Hg relative to initial SP. There was no such effect after real squats. The analysis of the dependence of changes in SP after real movements and the initial SP revealed a significant negative correlation ($r = -0.35$ and $r = -0.81$ immediately after and 5 min after squats, respectively) and no dependence after imaginary movements. Thus, the autonomic system reacts to imaginary movements, however, real and mentally performed movements activate different physiological processes.

Keywords: physical exercise, motor imagination, systolic pressure, heart rate, brain-computer interface

Накоплено большое количество данных, демонстрирующих сходство механизмов и общность церебральных структур, обеспечивающих реализацию воображаемых и реальных движений (Stolbkov et al. 2019). Реальные физические упражнения всегда вызывают вегетативные реакции. Целью исследования было изучить реакции сердечного ритма и артериального давлений (АД) на воображения движения и сравнить их с реакциями на реальные движения.

Методы

В исследовании участвовали здоровые добровольцы (♀, 35–45 лет, $n = 20$). Испытуемые сидели, в состоянии покоя им измеряли АД и частоту сердечных сокращений (ЧСС) автоматическим тонометром, затем испытуемые вставали и приседали в быстром темпе, мыс-

ленно считая число приседаний (рис. 1). Длительность приседаний регистрировали. Затем испытуемые снова садились и им во второй раз измеряли АД и ЧСС. Испытуемые сидели 5 мин, и у них в третий раз определяли АД и ЧСС. На следующий день описанную последовательность повторяли, в положении стоя испытуемые воображали свои приседания в быстром темпе, считая число воображаемых приседаний. Реальные и воображаемые приседания испытуемые совершали с закрытыми повязкой глазами. Число приседаний — 23, потому что такая нагрузка вызывает увеличение АД у здоровых людей в возрасте 30–50 лет (Belina 1997). Воображаемые движения делали после реальных, чтобы стандартизировать воображение, сделать мысленные движения похожими на реальные.

Анализировали значения ЧСС, систолического давления (СД), диастолического давления (ДД)

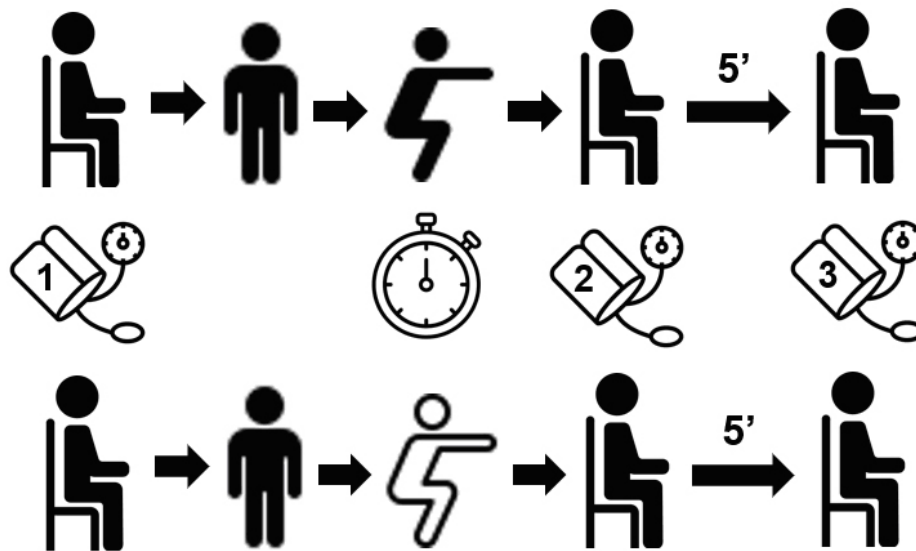


Рис. 1. Схема протокола с реальными (вверху) и воображаемыми (внизу) движениями

Fig. 1. The structure of the protocol with real (above) and imaginary (below) movements

и длительность реальных и воображаемых приседаний. Статистический анализ проводили в программе Microsoft Excel. Достоверность различий определяли с применением парного t-критерия Стьюдента, различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

После выполнения реальных приседаний увеличились усредненные значения ЧСС

на 19,6 уд/мин ($p = 1,5E-05$) и СД на 16,8 мм рт. ст. ($p = 4,5E-05$). Через 5 мин после окончания приседаний усредненные значения ЧСС, СД и ДД не отличались от значений, зарегистрированных перед выполнением движений (табл. 1).

Средняя длительность воображения приседаний была на ~10 сек больше, чем длительность реальных приседаний ($p = 0,002$).

Сразу после воображения приседаний усредненная ЧСС увеличилась на 3,3 уд/мин, отличия

Табл. 1. Значения параметров при выполнении реальных и воображаемых движений (средн. ± станд.откл.; n = 20)

Движения	Длительность	ЧСС1	ЧСС2	ЧСС3	СД1	СД2	СД3	ДД1	ДД2	ДД3
	(сек)	(уд/мин)			(мм рт. ст.)					
Реальные	37,2 ± 9,2	74,4 ± 9,6	94,0 ± 13,7 [*]	75,3 ± 10,7	123,9 ± 19,0	140,7 ± 19,3 [*]	125,2 ± 12,3	76,3 ± 10,3	77,1 ± 11,1	76,3 ± 12,7
Воображаемые	46,8 ± 12,1 [§]	73,5 ± 9,4	76,8 ± 10,9 [§]	74,1 ± 9,7	122,0 ± 11,4	126,9 ± 12,9 [§]	118,5 ± 13,8 [§]	75,4 ± 12,6	77,4 ± 10,7	74,7 ± 11,7

* — $p < 0,05$ по сравнению с аналогичным значением до движений; § — $p < 0,05$ при сравнении с аналогичным значением при выполнении реального движения

Table 1. Parameter values when performing real and imaginary movements (average ± s.d.; n = 20)

Squats	Duration	HR1	HR2	HR3	SP1	SP2	SP3	DP1	DP2	DP3
	(s)	(beats per min)			(mm Hg)					
Real	37.2 ± 9.2	74.4 ± 9.6	94.0 ± 13.7 [*]	75.3 ± 10.7	123.9 ± 19.0	140.7 ± 19.3 [*]	125.2 ± 12.3	76.3 ± 10.3	77.1 ± 11.1	76.3 ± 12.7
Imaginary	46.8 ± 12.1 [§]	73.5 ± 9.4	76.8 ± 10.9 [§]	74.1 ± 9.7	122.0 ± 11.4	126.9 ± 12.9 [§]	118.5 ± 13.8 [§]	75.4 ± 12.6	77.4 ± 10.7	74.7 ± 11.7

*— $p < 0.05$ comparison with the same value measured before squats; §— $p < 0.05$ comparison with the same value measured when performing a real movement

от измерения до воображения на уровне тенденции ($p = 0,065$). СД увеличилось достоверно на 4,9 мм рт. ст. ($p = 0,001$). Прирост СД после воображаемых приседаний был значимо меньше, чем после реальных. Через 5 мин после воображения приседаний СД стало значимо меньше, чем СД до воображения, уменьшение составило 3,5 мм рт. ст. ($p = 0,02$) и было на 6 мм рт. ст. достоверно меньше ($p = 0,001$), чем СД через 5 мин после реальных приседаний.

Достоверность изменения СД после воображения приседаний проверили, проанализировав величины изменений между СД после воображения приседаний и СД до воображения для каждого испытуемого. Аналогичным

способом проанализировали данные, полученные с реальными движениями (рис. 2А). Этот анализ воспроизвел описанный выше результат: сразу после реальных приседаний СД увеличилось на 16,9 мм рт. ст. ($p = 4,5E-05$), после воображения — на 4,9 мм рт. ст. ($p = 0,002$), через 5 мин после воображения движений СД уменьшилось по сравнению с СД до воображения на 3,5 мм рт. ст. ($p = 0,045$). Полученные результаты свидетельствуют в пользу общности структур, ответственных за организацию реальных и воображаемых движений. Причиной изменения СД при воображении движения, вероятно, является то, что мыслительные процессы запрограммированы как на соматическом,

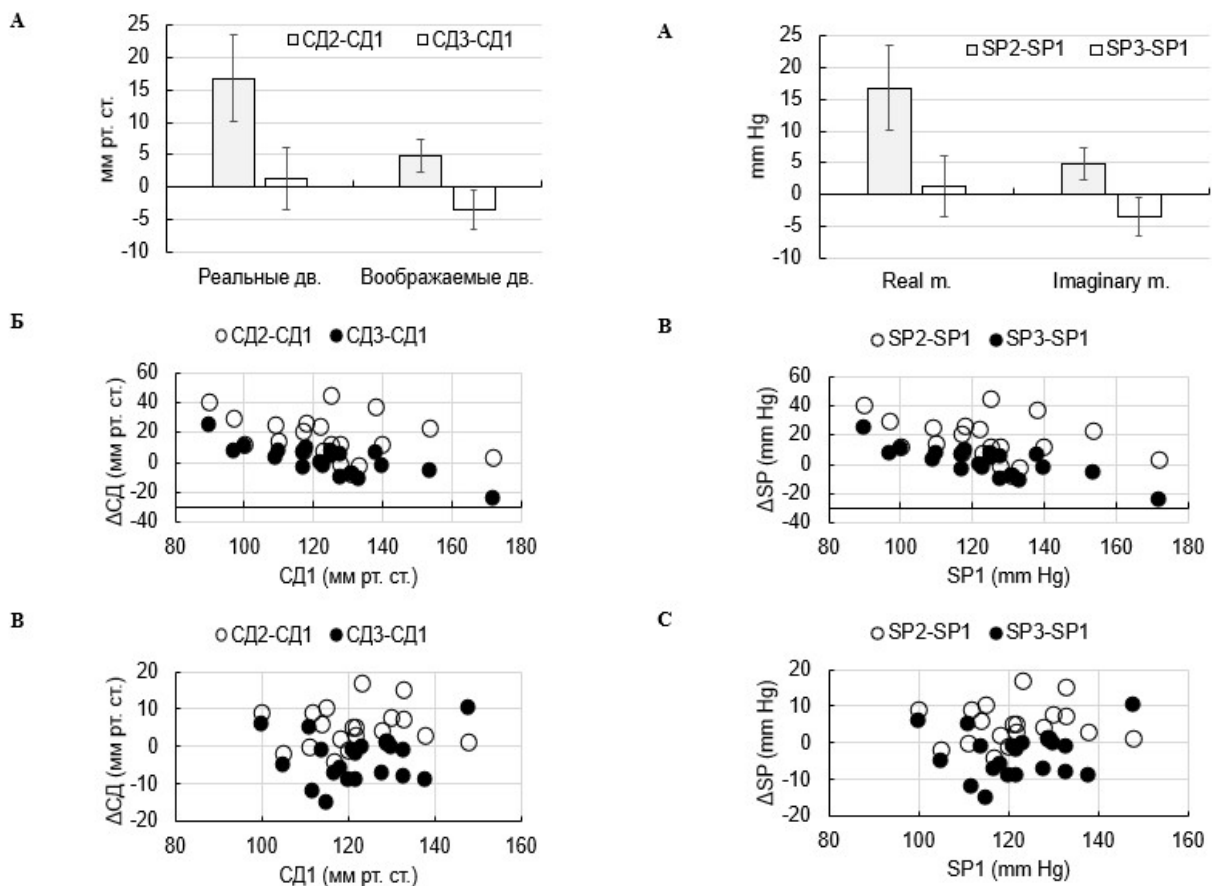


Рис. 2. Изменения СД после реальных и воображаемых движений. А — разности между СД сразу после движений и перед движениями (СД2-СД1), и между СД через 5 мин после движений и перед движениями (СД3-СД1); показан доверительный интервал. Б — зависимости разности СД после реальных движений и перед реальными движениями от начального СД, $n = 20$; обозначения как в А. В — так же, как Б для воображаемых движений

Fig. 2. SP changes after real and imaginary movements. А—differences between SP immediately after and before movements (SP2-SP1); between the values five minutes after and before movements (SP3-SP1); with the confidence interval. Б—SP difference after the end and before real movements relative to the initial SP, individual data, $n = 20$; see A for designations. С—designations taken from B for imaginary movements

так и на вегетативном уровнях центральной нервной системы (Collet et al. 2013).

Однако снижение СД через 5 мин после воображения приседаний ниже значений, полученных до воображения, и отсутствие такого эффекта после реальных приседаний демонстрирует, что, вероятно, механизмы организации реальных и воображаемых движений отличаются. Это предположение подтверждает тот факт, что изменение СД после реальных приседаний зависит от исходного уровня СД, а в случае с воображением движений такая зависимость отсутствует (рис. 2Б, В). У испытуемых с низким начальным СД прирост был больше, чем у испытуемых с изначально высоким СД, и такую зависимость подтверждает величина коэффициента корреляции и тенденция к значимости этого коэффициента ($r = -0,35$, $p = 0,064$). Через 5 мин после реальных приседаний у испытуемых с высоким начальным СД (> 140 мм рт. ст.) давление уменьшается, а у испытуемых с низким исходным СД (< 120 мм рт. ст.) давление увеличивается, что отражается в значении коэффициента корреляции и в его высокой достоверности ($r = -0,81$, $p = 8,6E-06$). Зависимость изменения СД от исходного значения СД после воображения движений отсутствует.

Заключение

Вегетативная система активируется в процессе воображения движений. В реализации реальных и мысленно выполняемых движений участвуют разные физиологические механизмы. Использование воображения движений для реабилитационных целей и для оптимизации реальных двигательных функций может привести к эффекту, отличающемуся от эффекта реальных движений.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Список сокращений

АД — артериальное давление, ДД — диастолическое давление, СД — систолическое давление, ЧСС — частота сердечных сокращений.

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

- a. Татьяна Ромульевна Мошонкина — постановка задачи, анализ результатов, подготовка публикации;
- b. Елена Вениаминовна Попова — проведение экспериментов, анализ результатов.

Author Contributions

- a. Tatiana R. Moshonkina: conceptualization, data curation, drafting the article;
- b. Elena V. Popova: investigation, formal analysis.

Благодарности

Авторы благодарны Светлане Витальевне Гарькиной, старшему научному сотруднику ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России за интерес к результатам.

Acknowledgements

The authors would like to thank Svetlana V. Garkina, Senior Research Fellow at Almazov National Medical Research Center of the Russian Ministry of Health for her interest in the research results.

Abbreviations

BP—blood pressure, DP—diastolic pressure, HR—heart rate, SP—systolic pressure.

References

- Belina, O. N. (1997) *Funktsional'nye proby, ispol'zuemye v massovoj fizicheskoj kul'ture [Functional tests used in mass physical culture]*. Moscow: Russian State Academy of Physical Culture Publ., 33 p. (In Russian)
- Collet, C., di Rienzo, F., Hoyek, N. El., Guillot, A. (2013) Autonomic nervous system correlates in movement observation and motor imagery. *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 7, article 415. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00415> (In English)
- Stolbkov, Y. K., Moshonkina, T. R., Orlov, I. V et al. (2019) The neurophysiological correlates of real and imaginary locomotion. *Human Physiology*, vol. 45, no. 1, pp. 104–114. <https://doi.org/10.1134/S0362119719010146> (In English)