



Check for updates

Экспериментальные статьи

УДК 612.8

EDN XNQXQC

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2026-7-2-289-296>

## Когнитивно-двигательные показатели в динамике выполнения физической нагрузки

А. С. Братанов <sup>✉1</sup>, Л. Н. Смелышева <sup>1</sup>, О. А. Каплунов <sup>2</sup>, О. А. Архипова <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Курганский государственный университет, 640020, Россия, Курган, ул. Советская, д. 63, стр. 4

<sup>2</sup> Волгоградский государственный медицинский университет,  
400066, Россия, Волгоград, пл. Павших Борцов, д. 1

### Сведения об авторах

Александр Сергеевич Братанов, SPIN-код: 9270-5588, ORCID: 0009-0005-0091-0113, e-mail: [omarion@bk.ru](mailto:omarion@bk.ru)

Лада Николаевна Смелышева, SPIN-код: 4368-7885, Scopus AuthorID: 56901868200, ResearcherID: AAI-3514-2021, ORCID: 0000-0003-2459-749X, e-mail: [vip.smelysheva@mail.ru](mailto:vip.smelysheva@mail.ru)

Олег Анатольевич Каплунов, SPIN-код: 2973-2108, Scopus AuthorID: 6506987988, ResearcherID: O-1329-2016, ORCID: 0000-0001-6634-4162, e-mail: [volortho@mail.ru](mailto:volortho@mail.ru)

Ольга Алексеевна Архипова, SPIN-код: 1302-5065, ORCID: 0000-0001-8368-0475, e-mail: [Arhipova2109@yandex.ru](mailto:Arhipova2109@yandex.ru)

**Для цитирования:** Братанов, А. С., Смелышева, Л. Н., Каплунов, О. А., Архипова, О. А. (2026) Когнитивно-двигательные показатели в динамике выполнения физической нагрузки. *Интегративная физиология*, т. 7, № 2, с. 289–296. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2026-7-2-289-296> EDN XNQXQC

**Получена** 7 апреля 2026; прошла рецензирование 18 апреля 2026; принята 19 апреля 2026.

**Финансирование:** Исследование не имело финансовой поддержки.

**Права:** © А. С. Братанов, Л. Н. Смелышева, О. А. Каплунов, О. А. Архипова (2026). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях [лицензии](#) CC BY 4.0.

**Аннотация.** Представлены результаты влияния дозированной физической нагрузки на показатели сложных когнитивно-двигательных реакций у здоровых девушек. Исследовались когнитивно-двигательные реакции — треморометрия, контактная координациометрия (КК), касания пластины (КП) с учетом показателей амплитуды, времени выполнения, частоты касаний. Дозированная физическая нагрузка оказывала различное влияние на паттерны когнитивно-двигательных показателей у девушек с различным исходным тонусом вегетативной нервной системы. Наиболее сбалансированный и экономичный тип реагирования при нормотонии был продемонстрирован в покое, однако функциональная проба в виде физической нагрузки выявила изменение регуляторных механизмов, развитие утомления и снижение точности сенсомоторного реагирования. При симпатикотонии выявлен парадоксальный эффект — повышенная «исходная стоимость» поддержания тонуса (высокий тремор в покое) сменялась уменьшением тремора и снижением избыточного нервно-мышечного напряжения, оптимизируя моторный контроль и раскрывая высокий адаптационный потенциал. При ваготонии показана низкая устойчивость к нагрузке по показателям координации, но сохранение точности, необходимость мобилизации реакции тремора и координации, переход на более осторожный, контролируемый режим движений.

**Ключевые слова:** когнитивно-двигательные показатели, треморометрия, координациометрия, физический стресс, тонус вегетативной нервной системы

# Cognitive and motor parameters in the dynamics of physical activity

A. S. Bratanov<sup>✉1</sup>, L. N. Smelysheva<sup>1</sup>, O. A. Kaplunov<sup>2</sup>, O. A. Arkhipova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kurgan State University, 63 (4) Sovetskaya Str., Kurgan 640020, Russia

<sup>2</sup> Volgograd State Medical University, 1 Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd 400066, Russia

## Authors

Alexander S. Bratanov, SPIN: 9270-5588, ORCID: 0009-0005-0091-0113, e-mail: [omarion@bk.ru](mailto:omarion@bk.ru)

Lada N. Smelysheva, SPIN: 4368-7885, Scopus AuthorID: [56901868200](https://orcid.org/56901868200), ResearcherID: [AAI-3514-2021](https://orcid.org/AAI-3514-2021), ORCID: 0000-0003-2459-749X, e-mail: [vip.smelysheva@mail.ru](mailto:vip.smelysheva@mail.ru)

Oleg A. Kaplunov, SPIN: 2973-2108, Scopus AuthorID: [6506987988](https://orcid.org/6506987988), ResearcherID: [O-1329-2016](https://orcid.org/O-1329-2016), ORCID: 0000-0001-6634-4162, e-mail: [volortho@mail.ru](mailto:volortho@mail.ru)

Olga A. Arkhipova, SPIN: 1302-5065, ORCID: 0000-0001-8368-0475, e-mail: [Arhipova2109@yandex.ru](mailto:Arhipova2109@yandex.ru)

**For citation:** Bratanov, A. S., Smelysheva, L. N., Kaplunov, O. A., Arkhipova, O. A. (2026) Cognitive and motor parameters in the dynamics of physical activity. *Integrative Physiology*, vol. 7, no. 2, pp. 289–296. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2026-7-2-289-296> EDN XNQQQC

**Received** 7 April 2026; reviewed 18 April 2026; accepted 19 April 2026.

**Funding:** The study had no any financial support.

**Copyright:** © A. S. Bratanov, L. N. Smelysheva, O. A. Kaplunov, O. A. Arkhipova (2026). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY License 4.0.

**Abstract.** The article discusses the results of the effect of dosed physical activity on the parameters of complex cognitive and motor reactions in healthy girls. The study analyzed cognitive and motor reactions: tremorometry, contact coordination (CC), and plate touches (CP), with assessment of amplitude, execution time, and touch frequency. Dosed physical activity had a different impact on the patterns of cognitive and motor performance in girls with different initial tone of the autonomic nervous system. In normotonia, the most balanced and economical type of response was demonstrated at rest; however, a functional test in the form of physical activity revealed a shift in regulatory mechanisms, the development of fatigue, and a decrease in sensorimotor accuracy. In sympathicotonia, a paradoxical effect was observed — the elevated ‘initial cost’ of maintaining tone (high tremor at rest) was replaced by a reduction in tremor and a decrease in excessive neuromuscular tension, which optimized motor control and revealed high adaptive potential. In vagotonia, low stress resistance was noted with regard to coordination, but accuracy was maintained, along with the need to mobilize tremor and coordination responses and a switch to a more cautious, controlled mode of movement.

**Keywords:** cognitive and motor parameters, tremorometry, coordination, physical stress, autonomic nervous system tone

## Введение

Когнитивно-двигательные функции, такие как тремор или координация, важны в тренировочном процессе у спортсменов и спортивной медицине, в военной подготовке, при работе диспетчеров и еще многих других профессиях. По показателям этих функций можно судить о состоянии двигательной системы в целом, о тонкой моторной настройке, прогнозировать ее развитие и делать выводы о восстановлении. С точки зрения теории функциональных систем П. К. Анохина, моторный акт и его вегетативное сопровождение являются единой функциональной системой, в которой вегетативная нервная система обеспечивает внутренние условия для достижения внешнего двигательного результата (Анохин 1974).

Контактная координациометрия (КК) и треморометрия — это методы объективной количественной оценки параметров координации движений через выполнение задач, требующих взаимодействия с физическим оборудованием. В отличие от субъективных оценок, она предоставляет числовые данные о скорости, точности и стабильности движений, что важно при диагностике неврологических расстройств, оценке реабилитации в спортивной медицине (Баранов 2017). Поведенческие паттерны, обуславливающиеся деятельностью треморометрии и КК, также важны при прогнозе различной патологии нервной системы (Perry et al. 2011).

На психофизиологическое состояние человека влияет сложный набор как внешних, так и внутренних факторов, определяющих его уникальный опыт и реакцию на окружающий

мир. При этом есть объективные детерминанты, которые включают в себя возраст, пол, общее состояние организма, а также длительность и качество активного восстановления сил, факторы, поддающиеся относительно прямому измерению и учету (Курганова, Панина 2016).

Следует обратить внимание, что физические упражнения способны воздействовать на системы, поддерживающие целостность и выживаемость клеток, и могут быть использованы для противостояния пагубным последствиям болезней и старения для здоровья мозга и когнитивных функций. Любая моторная задача является целью, ради которой формируется функциональная система. В нее как обязательные компоненты включаются и моторные (управление скелетными мышцами), и вегетативные (обеспечение мышцы энергией, удаление метаболитов) звенья. Надо обращать внимание на то, как интенсивность и длительность занятий спортом сказываются на когнитивных функциях (Шаханова, Беданоква 2012).

Чрезмерная нагрузка может привести к усталости и временному снижению когнитивных способностей (McPhee et al. 2020). В этой связи интерес представляют индивидуальные реакции адаптации к нагрузке, связанные с уровнем вегетативного регулирования.

Цель исследования — описать паттерны сложных когнитивно-двигательных актов при различном вегетативном контроле и оценить, как физическая активность влияет на их эффективность.

### Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе лаборатории «Физиология экстремальных состояний» академической кафедры «Анатомия и физиология человека» имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации профессора А. П. Кузнецова ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет». Обследованы 72 девушки-студентки в возрасте 18–22 лет. Допустимым критерием включения в выборку являлась основная медицинская группа (Приказ Министерства здравоохранения РФ № 124н... 2019).

Дизайн исследования включал два этапа.

На первом этапе в фоновых условиях всех девушек разделили на три группы согласно показателям доминирования одного из отделов вегетативной нервной системы (ВНС): ваготония ( $n = 16$ ), симпатикотония ( $n = 23$ ), нормотония ( $n = 33$ ). Исходный тонус ВНС исследовали на аппаратно-программном комплексе «Вари-

кард 2.51» (Баевский, Иванов 2001). Девушкам предлагались две методики исследования — треморометрия и контактная координиометрия. Для диагностики показателей использовали аппаратно-программный комплекс «НС-Психотест» (ООО «Нейрософт»).

На втором этапе эти показатели исследовали после выполнения дозированной физической нагрузки. В качестве нагрузки предлагалась работа на велоэргометре в течение 30 мин с частотой педалирования 60 в мин. Статистический анализ проводили с помощью программы Statistica 6. Характер распределения изучаемых признаков, тип данных и дизайн исследования обусловили выбор методов для статистического анализа. Предварительно полученные результаты были подвергнуты проверке на нормальность распределения с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Так как распределение показателей не противоречило нормальному (согласно критерию Колмогорова — Смирнова), для оценки достоверности различий между фоновыми значениями и показателями после нагрузки использовали параметрический  $t$ -критерий Стьюдента. Критический уровень значимости  $p$  принимали равным 0,05 (вероятность не менее 95%).

### Результаты исследования

Нами установлено, что физическая нагрузка вызывала минимальные изменения тремора и координации в общей группе обследованных, отмечалась лишь тенденция к увеличению показателей амплитуды и частоты (табл. 1).

С целью характеристики вклада ВНС в регуляцию когнитивно-двигательных процессов всех обследованных, как уже упоминалось, разделили на группы по показателям исходного вегетативного тонуса. В таблице 2 представлены показатели девушек с преобладанием парасимпатического тонуса ВНС.

Представители с преобладанием парасимпатического тонуса имели наименьший уровень тремора в покое по сравнению с нормо- и симпатикотоническими типами регулирования. В этом состоянии организм демонстрировал хорошую стабильность, мышечное расслабление и низкий уровень фонового возбуждения двигательных центров. По показателям координации у них зарегистрировано наименьшее количество ошибок, самая высокая продуктивность и наилучшая частота координированных действий, что согласуется с теорией: ваготония в покое способствует стабильности и точности движений.

Табл. 1. Изменение величины тремора и параметров координации после применения дозированной физической нагрузки,  $M \pm m$  ( $n = 72$ )

| Показатели                                      | Фон               | Физическая нагрузка |
|-------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| Амплитуда тремора (усл. ед.)                    | 67,7 $\pm$ 2,1    | 69,54 $\pm$ 2,86    |
| Частота тремора (Гц)                            | 3,35 $\pm$ 0,12   | 3,49 $\pm$ 0,14     |
| Время выполнения (сек)                          | 0,298 $\pm$ 0,016 | 0,290 $\pm$ 0,018   |
| Продуктивность (точность выполнения) (усл. ед.) | 20,48 $\pm$ 0,69  | 21,0 $\pm$ 0,60     |
| Продольная координация                          | 25,37 $\pm$ 1,09  | 27,2 $\pm$ 2,07     |
| Частота касаний (Гц)                            | 1,37 $\pm$ 0,08   | 1,38 $\pm$ 0,09     |
| Время выполнения (сек)                          | 0,116 $\pm$ 0,01  | 0,10 $\pm$ 0,01     |

Table 1. Dynamics of tremor and coordination parameters after dosed physical activity,  $M \pm m$  ( $n = 72$ )

| Parameter                                       | Background        | Physical activity |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Tremor amplitude (conv. units)                  | 67.7 $\pm$ 2.1    | 69.54 $\pm$ 2.86  |
| Tremor frequency (Hz)                           | 3.35 $\pm$ 0.12   | 3.49 $\pm$ 0.14   |
| Execution time (seconds)                        | 0.298 $\pm$ 0.016 | 0.290 $\pm$ 0.018 |
| Productivity (execution accuracy) (conv. units) | 20.48 $\pm$ 0.69  | 21.0 $\pm$ 0.60   |
| Longitudinal coordination                       | 25.37 $\pm$ 1.09  | 27.2 $\pm$ 2.07   |
| Tremor frequency (Hz)                           | 1.37 $\pm$ 0.08   | 1.38 $\pm$ 0.09   |
| Execution time (seconds)                        | 0.116 $\pm$ 0.01  | 0.10 $\pm$ 0.01   |

Табл. 2. Динамика показателей тремора и координации после выполнения дозированной физической нагрузки у девушек с преобладанием парасимпатического тонуса,  $M \pm m$  ( $n = 16$ )

| Показатели                                      | Фон              | Физическая нагрузка |
|-------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| Амплитуда тремора (усл. ед.)                    | 58,64 $\pm$ 3,15 | 60,46 $\pm$ 5,92    |
| Частота тремора (Гц)                            | 2,98 $\pm$ 0,28  | 3,06 $\pm$ 0,30     |
| Время выполнения (сек)                          | 0,26 $\pm$ 0,03  | 0,24 $\pm$ 0,03     |
| Продуктивность (точность выполнения) (усл. ед.) | 20,35 $\pm$ 1,36 | 24,13 $\pm$ 1,04*   |
| Количество ошибок (касаний)                     | 28,58 $\pm$ 3,07 | 25,60 $\pm$ 3,03    |
| Частота касаний (Гц)                            | 1,43 $\pm$ 0,18  | 1,20 $\pm$ 0,12     |
| Время выполнения (сек)                          | 0,10 $\pm$ 0,01  | 0,09 $\pm$ 0,02     |

Примечание: \* — достоверные различия относительно фона ( $p < 0,05$ ).

Table 2. Dynamics of tremor and coordination parameters after dosed physical activity in girls with predominant parasympathetic tone,  $M \pm m$  ( $n = 16$ )

| Parameter                                          | Background       | Physical activity |
|----------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| Tremor amplitude (conv. units)                     | 58.64 $\pm$ 3.15 | 60.46 $\pm$ 5.92  |
| Tremor frequency (Hz)                              | 2.98 $\pm$ 0.28  | 3.06 $\pm$ 0.30   |
| Execution time (seconds)                           | 0.26 $\pm$ 0.03  | 0.24 $\pm$ 0.03   |
| Productivity (accuracy of execution) (conv. units) | 20.35 $\pm$ 1.36 | 24.13 $\pm$ 1.04* |
| Number of errors (touches)                         | 28.58 $\pm$ 3.07 | 25.60 $\pm$ 3.03  |
| Touch frequency (Hz)                               | 1.43 $\pm$ 0.18  | 1.20 $\pm$ 0.12   |
| Execution time (seconds)                           | 0.10 $\pm$ 0.01  | 0.09 $\pm$ 0.02   |

Note: \* — significant differences relative to background ( $p < 0.05$ ).

Нагрузка вызвала статистически значимое увеличение некоторых параметров тремора. Росла частота тремора, что говорит о неустойчивой, гиперреактивной реакции нервной системы на нагрузку. Исходное спокойствие сменяется выраженным возбуждением. Реакция по координации неоднозначна: продуктивность координации достоверно повышалась, что может быть связано с мобилизацией внимания, однако частота координированных действий падала, количество ошибок имело тенденцию к снижению. В ответ на нагрузку ваготоники жертвуют скоростью ради точности, переходя на более осторожный и контролируемый режим движений. Хотя в покое система стабильна, физический стресс приводит к сбоям в координации, что может указывать на недостаточность или неадекватность мобилизующих симпатических влияний и дестабилизацию системы тонкого моторного контроля.

Физическая активность меняла паттерны тремора и координации у лиц с нормотонией (табл. 3).

У нормотоников показатели тремора и координации имели промежуточные значения. Количество/амплитуда и частота тремора были

выше, чем у ваготоников, но ниже, чем у симпатотоников. Если для первых и вторых можно говорить о крайних точках, то здесь наблюдается «среднее», или «оптимальное», значение состояния нервной системы. После нагрузки количество/амплитуда и частота тремора повысились. Относительно координации, как и частоты мерцаний, произвольный режим частоты незначительно уменьшился, а количество и достоверность увеличения двух видов ошибок также свидетельствовали в пользу того, что под напряжением эти испытуемые следуют привычному ритму и ему соответствуют. Однако общая эффективность (продуктивность) координационной деятельности падала, т. е. проявлялось утомление и снижалась игра точности сенсомоторного ответа. Не исключено, что ресурсы перераспределяются на выполнение других функций.

Показатели девушек с регулирующим влиянием симпатического тонуса несколько отличаются от общегрупповых (табл. 4). У девушек в данной группе отмечался наибольший средний уровень тремора в покое и повышенный фон возбуждения ЦНС. Реакция на нагрузку выражена, но менее однородна, чем у нормотоников.

Табл. 3. Динамика показателей тремора и координации после выполнения дозированной физической нагрузки у девушек с нормотоническим тонусом,  $M \pm m$  ( $n = 33$ )

| Показатели                                      | Фон              | Физическая нагрузка |
|-------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| Амплитуда тремора (усл. ед.)                    | $68,50 \pm 3,22$ | $77,47 \pm 3,77^*$  |
| Частота тремора (Гц)                            | $3,32 \pm 0,18$  | $3,87 \pm 0,18^*$   |
| Время выполнения (сек)                          | $0,30 \pm 0,02$  | $0,31 \pm 0,02$     |
| Продуктивность (точность выполнения) (усл. ед.) | $20,55 \pm 1,21$ | $18,94 \pm 0,76$    |
| Количество ошибок (касаний)                     | $22,44 \pm 1,11$ | $26,42 \pm 2,22^*$  |
| Частота касаний (Гц)                            | $1,32 \pm 0,12$  | $1,46 \pm 0,12$     |
| Время выполнения (сек)                          | $0,12 \pm 0,02$  | $0,09 \pm 0,01$     |

Примечание: \* — достоверные различия относительно фона ( $p < 0,05$ ).

Table 3. Dynamics of tremor and coordination parameters after dosed physical activity in girls with normotonic tone,  $M \pm m$  ( $n = 33$ )

| Parameter                                          | Background       | Physical activity  |
|----------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| Tremor amplitude (conv. units)                     | $68.50 \pm 3.22$ | $77.47 \pm 3.77^*$ |
| Tremor frequency (Hz)                              | $3.32 \pm 0.18$  | $3.87 \pm 0.18^*$  |
| Execution time (seconds)                           | $0.30 \pm 0.02$  | $0.31 \pm 0.02$    |
| Productivity (accuracy of execution) (conv. units) | $20.55 \pm 1.21$ | $18.94 \pm 0.76$   |
| Number of errors (touches)                         | $22.44 \pm 1.11$ | $26.42 \pm 2.22^*$ |
| Touch frequency (Hz)                               | $1.32 \pm 0.12$  | $1.46 \pm 0.12$    |
| Execution time (seconds)                           | $0.12 \pm 0.02$  | $0.09 \pm 0.01$    |

Note: \* — significant differences relative to background ( $p < 0.05$ ).

Табл. 4. Динамика показателей тремора и координации после выполнения дозированной физической нагрузки у девушек с преобладанием симпатотонуса,  $M \pm m$  ( $n = 23$ )

| Показатели                                      | Фон              | Физическая нагрузка |
|-------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| Амплитуда тремора (усл. ед.)                    | $73,0 \pm 4,02$  | $68,62 \pm 4,76^*$  |
| Частота тремора (Гц)                            | $3,67 \pm 0,18$  | $3,45 \pm 0,24^*$   |
| Время выполнения (сек)                          | $0,31 \pm 0,02$  | $0,324 \pm 0,03$    |
| Продуктивность (точность выполнения) (усл. ед.) | $20,45 \pm 1,01$ | $20,50 \pm 1,07$    |
| Количество ошибок (касаний)                     | $27,25 \pm 2,07$ | $29,62 \pm 5,27$    |
| Частота касаний (Гц)                            | $1,38 \pm 0,15$  | $1,46 \pm 0,23$     |
| Время выполнения (сек)                          | $0,12 \pm 0,02$  | $0,118 \pm 0,02$    |

Примечание: \* — достоверные различия относительно фона ( $p < 0,05$ ).

Table 4. Dynamics of tremor and coordination parameters after dosed physical activity in girls with predominant sympathotonus,  $M \pm m$  ( $n = 23$ )

| Parameter                                          | Background       | Physical activity  |
|----------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| Tremor amplitude (conv. units)                     | $73.0 \pm 4.02$  | $68.62 \pm 4.76^*$ |
| Tremor frequency (Hz)                              | $3.67 \pm 0.18$  | $3.45 \pm 0.24^*$  |
| Execution time (seconds)                           | $0.31 \pm 0.02$  | $0.324 \pm 0.03$   |
| Productivity (accuracy of execution) (conv. units) | $20.45 \pm 1.01$ | $20.50 \pm 1.07$   |
| Number of errors (touches)                         | $27.25 \pm 2.07$ | $29.62 \pm 5.27$   |
| Touch frequency (Hz)                               | $1.38 \pm 0.15$  | $1.46 \pm 0.23$    |
| Execution time (seconds)                           | $0.12 \pm 0.02$  | $0.118 \pm 0.02$   |

Note: \* — significant differences relative to background ( $p < 0.05$ ).

У большинства обследуемых тремор после нагрузки уменьшался по принципу «функциональная разрядка», снималось избыточное нервное напряжение, стабилизируя систему, проявлялась тенденция к улучшению координации. Физическая активность, видимо, приводит систему симпатотоников в более оптимизированное рабочее состояние и обеспечивает хорошую мобилизацию двигательных функций, причем умеренная нагрузка является для них не стрессором, а стабилизирующим фактором, который «сбрасывает» излишнее напряжение и улучшает нервно-мышечный контроль.

### Обсуждение

Анализ полученных данных показал, что исходный вегетативный тонус оказывает влияние на состояние моторного контроля (тремор) и на характер его изменения при воздействии физической нагрузки. Нагрузка выступает в роли функционального теста, выявляющего скрытую неустойчивость у лиц с ваготоническим типом реакции или, наоборот, растущую эффективность у лиц с симпатотоническим типом реакции.

Изменения тремора и координации находят четкое физиологическое объяснение.

Во-первых, мышечное утомление связано с интенсивностью физической нагрузки, истощением энергетических запасов в мышцах (АТФ, гликоген), а также с накоплением продуктов обмена веществ, таких как ионы водорода и лактат. Утомленные мышечные волокна не в состоянии поддерживать идеально стабильное сокращение, и именно в этом проявляется увеличение амплитуды тремора, дрожь становится более заметной.

Во-вторых, изменяется функционирование мотонейронов: утомление оказывает влияние на центральную нервную систему, меняя характер импульсации, которая поступает к альфа-мотонейронам спинного мозга, синхронизация работы двигательных единиц нарушается. Вместо согласованной работы они начинают активироваться асинхронно, что приводит к увеличению амплитуды и, возможно, частоты колебаний.

В-третьих, развивается дисбаланс проприоцепции: временно нарушается функционирование мышечных веретен и сухожильных органов

Гольджи, отвечающих за обратную связь по положению тела и усилию. Снижение проприоцептивного контроля затрудняет точную корректировку положения тела и конечностей, что также может усугублять тремор. Незначительное сокращение времени может быть связано с адаптацией или с тем, что обследуемые, чувствуя усталость и усиление дрожи, старались завершить задание быстрее, чтобы не усугублять неточность. Разделение на группы по преобладанию факторов, регулирующих влияние вегетативной нервной системы, в значительной степени объясняет различия индивидуальных реакций.

### Заключение

Результаты экспериментов позволили установить, в частности, отличия исходного вегетативного тонуса от характера вегетативной реакции на нагрузку. Дозированная физическая нагрузка приводит к различным по направлению изменениям в системе моторного контроля, в зависимости от типа вегетативной регуляции.

У нормотоников как наиболее физиологически уравновешенных экономичный тип реагирования в покое меняет центральные механизмы управления движениями, и нагрузка приводит к статистически значимому увеличению амплитуды и частоты тремора, а также к росту количества ошибок ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о развитии утомления и снижении точности сенсомоторного реагирования.

У симпатотоников, у которых высокая «исходная стоимость» поддержания тонуса (высокий тремор в покое), после нагрузки амплитуда и частота тремора снижаются ( $p < 0,05$ ), что позволяет рассматривать умеренную нагрузку как «стабилизирующий фактор», снимающий избыточное нервно-мышечное напряжение и оптимизирующую функцию моторного контроля.

У ваготоников наблюдается диссоциация показателей: на фоне достоверного роста продуктивности (точности) координации ( $p < 0,05$ ) происходит урежение частоты координированных действий. Это интерпретируется как переход на более осторожный, контролируемый режим движений («жертва скоростью ради точности») в условиях мобилизации.

Физическая нагрузка выступает в роли эффективного функционального теста, позволяющего выявить лабильность регуляторных механизмов (у ваготоников) либо, напротив, их высокий адаптационный потенциал (у симпатотоников), что нивелируется при исследовании в состоянии покоя.

Полученные данные обосновывают необходимость учета исходного вегетативного тонуса при профессиональном отборе и спортивной подготовке. Лица с симпатикотонией могут показывать прирост эффективности деятельности на фоне умеренных нагрузок, тогда как ваготоникам требуется более щадящий режим вработывания для предотвращения сбоев координации.

Полученные сведения могут быть полезными в тренерском процессе со спортсменами высокого уровня, в профессиональном отборе лиц для работ, связанных с высокими требованиями к координации и другим видам когнитивно-двигательной деятельности, а также в некоторых других сферах практической деятельности.

### 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

Все исследования проводили в соответствии с принципами биомедицинской этики, изложенными в Хельсинкской декларации 1964 г. и последующих поправках к ней. В соответствии с биоэтическими нормами, рекомендованными Российским комитетом по биоэтике при Комиссии Российской Федерации по делам ЮНЕСКО, студенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Программа и протокол исследования одобрены Этическим комитетом Курганского государственного университета, протокол № 3 от 14.12.2022 г.

### Ethics Approval

All research was conducted in accordance with the principles of biomedical ethics set out in the 1964 Declaration of Helsinki and its subsequent amendments. In accordance with the bioethical standards recommended by the Russian Committee on Bioethics at the Russian Federation Commission for UNESCO, the students gave their voluntary informed consent to participate in the study. The study program and protocol were approved by the Ethics Committee of Kurgan State University, Minutes of the Meeting No. 3, 14 December 2022.

## Вклад авторов

- а. Братанов Александр Сергеевич — получение, анализ и интерпретация данных, подготовка первоначальной версии статьи, статистическая обработка данных;
- б. Смелышева Лада Николаевна — концепция и дизайн исследования, финальное согласование рукописи;
- в. Каплунов Олег Анатольевич — участие в анализе результатов исследования, научное редактирование статьи;
- г. Архипова Ольга Алексеевна — участие в подготовке исследования, редактирование рукописи.

## Author Contributions

- a. Alexander S. Bratanov — acquisition, analysis, and interpretation of data, preparation of the initial version of the article, statistical data processing;
- b. Lada N. Smelysheva — concept and design of the study, final approval of the manuscript;
- c. Oleg A. Kaplunov — participation in the analysis of the study results, scientific editing of the article;
- d. Olga A. Arkhipova — participation in the preparation of the study, editing of the manuscript.

## Литература

- Анохин, П. К. (1974) *Очерки по физиологии функциональных систем*. М.: Медицина, 447 с.
- Баевский, Р. М., Иванов, Г. Г. (2001) Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*, № 3, с. 108–127.
- Баранов, С. Н. (2017) Контактная треморометрия и контактная координациометрия по профилю как методы диагностики точности движения рук, нарушений нервной системы и психического состояния человека. *Интерактивная наука*, № 5 (15), с. 65–67. <https://doi.org/10.21661/r-130119>
- Курганова, Е. Н., Панина, И. В. (2016) Влияние физических упражнений на организм и интеллектуальные способности человека. *Наука-2020*, № 4 (10), с. 48–53.
- Приказ Министерства здравоохранения РФ от 13 марта 2019 г. № 124н «Об утверждении порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения». (2019) [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201904250016> (дата обращения: 01.04.2026).
- Шаханова, А. В., Беданоква, Л. Ш. (2012) Особенности влияния спортивных нагрузок различной тренировочной направленности на параметры когнитивных вызванных потенциалов в ситуации внимания. *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки*, № 4 (110), с. 86–92.
- McPhee, G. M., Downey, L. A., Stough, C. (2020) Neurotrophins as a reliable biomarker for brain function, structure and cognition: A systematic review and meta-analysis. *Neurobiology of Learning and Memory*, vol. 175, article 107298. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2020.107298>
- Perry, F., Shaw, L., Zaichkowsky, L. (2011) Biofeedback and neurofeedback in sports. *Biofeedback*, vol. 39, no. 3, pp. 95–100. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-39.3.10>

## References

- Anokhin, P. K. (1974) *Essays on the physiology of functional systems*. Moscow: Meditsina Publ., 447 p. (In Russian)
- Baevskij, R. M., Ivanov, G. G. (2001) Cardiac rhythm variability: The theoretical aspects and the opportunities of clinical application (lecture). *Ultrasound and functional diagnostics*, no. 3, pp. 108–127. (In Russian)
- Baranov, S. N. (2017) Contact tremorometry and profile contact coordination as diagnostic methods for the accuracy of hand movement, disorders of the nervous system and mental state of a person. *Interactive science*, no. 5 (15), pp. 65–67. <https://doi.org/10.21661/r-130119> (In Russian)
- Kurganova, E. N., Panina, I. V. (2016) The influence of physical exercises on human organism and intellectual faculties. *Nauka-2020*, no. 4 (10), pp. 48–53. (In Russian)
- McPhee, G. M., Downey, L. A., Stough, C. (2020) Neurotrophins as a reliable biomarker for brain function, structure and cognition: A systematic review and meta-analysis. *Neurobiology of Learning and Memory*, vol. 175, article 107298. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2020.107298> (In English)
- Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 124n dated March 13, 2019 “On Approval of the Procedure for Conducting Preventive Medical Examinations and Medical Check-ups of Certain Groups of the Adult Population”. (2019) [Online]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201904250016> (accessed 01.04.2026). (In Russian)
- Perry, F., Shaw, L., Zaichkowsky, L. (2011) Biofeedback and neurofeedback in sports. *Biofeedback*, vol. 39, no. 3, pp. 95–100. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-39.3.10> (In English)
- Shahanova, A. V., Bedanokova, L. Sh. (2012) Features of influence of sports loads of the various training orientations on parameters of the cognitive evoked potentials related to the engagement of attention. *The Bulletin of the Adyge State University, the series “Natural-Mathematical and Technical Sciences”*, no. 4 (110), pp. 86–92. (In Russian)