

Научная статья  
УДК: 796.015.3:612.7  
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2026-4-1-4-01>

## Физиологические механизмы адаптации организма студентов к силовым нагрузкам

Сергей Юрьевич Никитченко, Денис Викторович Сорокин,  
Исмаил Саид-Хасанович Мусаев

Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Юрьевич Никитченко,  
[sernik@rgau-msha.ru](mailto:sernik@rgau-msha.ru)

### Аннотация

Цель исследований – анализ физиологических механизмов адаптации организма студентов к регулярным силовым нагрузкам на основе оценки показателей сердечно-сосудистой системы, вариабельности сердечного ритма, мышечной силы и субъективной переносимости нагрузок. В исследованиях приняли участие студенты Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева в возрасте 19–25 лет, систематически занимающиеся силовыми видами физической подготовки. Результаты исследований показали, что систематические силовые нагрузки способствуют формированию устойчивых адаптационных изменений, проявляющихся в повышении парасимпатического влияния на сердечный ритм, снижении частоты сердечных сокращений в покое и увеличении функциональных резервов сердечно-сосудистой системы. На уровне опорно-двигательного аппарата отмечалось увеличение мышечной силы и улучшение нейромышечной координации. Установлено, что адекватная периодизация силовых нагрузок и достаточное восстановление являются ключевыми факторами формирования положительных адаптационных реакций. Полученные данные подтверждают, что физиологическая адаптация студентов к силовым нагрузкам носит системный характер и зависит от интенсивности, объема и регулярности тренировочного воздействия. Практическая значимость исследований заключается в возможности использования полученных результатов для оптимизации программ силовой подготовки студентов, профилактики перенапряжения и повышения общей физической работоспособности.

### Ключевые слова

Силовые нагрузки, адаптация, студенты, физиология, мышечная сила

### Для цитирования:

Никитченко С.Ю., Сорокин Д.В., Мусаев И.С.-Х. Физиологические механизмы адаптации организма студентов к силовым нагрузкам. *Тимирязевский биологический журнал*. 2026;4(1):401. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2026-4-1-4-01>

## ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2026-4-1-4-01>

### Physiological mechanisms of students' adaptation to strength training

Sergey Yu. Nikitchenko, Denis V. Sorokin, Ismail S.-Kh. Musaev

Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy,  
Moscow, Russia

**Corresponding author:** Sergey Yu. Nikitchenko, [sernik@rgau-msha.ru](mailto:sernik@rgau-msha.ru)

#### Abstract

The study aims to analyze the physiological mechanisms of students' adaptation to regular strength training, based on the assessment of cardiovascular system indicators, heart rate variability, muscle strength, and subjective load tolerance. The study involved students aged 19-25 from the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy who regularly engage in strength training. The results showed that systematic strength training promotes stable adaptive changes, manifested as increased parasympathetic influence on heart rate, reduced resting heart rate, and enhanced functional reserves of the cardiovascular system. At the level of the musculoskeletal system, an increase in muscle strength and improved neuromuscular coordination were observed. It was established that adequate periodization of strength training and sufficient recovery are key factors in forming positive adaptive responses. The findings confirm that students' physiological adaptation to strength training is systemic and depends on the training intensity, volume, and regularity. The practical significance of the study lies in the potential to use the results for optimizing strength training programs for students, preventing overstrain, and enhancing overall physical performance.

#### Keywords

Strength training, adaptation, students, physiology, muscle strength

#### For citation

Nikitchenko S.Yu., Sorokin D.V., Musaev I.S.-Kh. Physiological mechanisms of students' adaptation to strength training. *Timiryazev Biological Journal*. 2026;4(1):401. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2026-4-1-4-01>

#### Введение

##### Introduction

Современные условия обучения в высших учебных заведениях характеризуются значительным снижением уровня двигательной активности студентов, что негативно отражается на функциональном состоянии организма и уровне физической работоспособности. В то же время включение силовых упражнений в программы физического воспитания рассматривается как эффективное средство повышения мышечной силы, профилактики нарушений опорно-двигательного аппарата и формирования адаптационных резервов организма [1].

Физиологическая адаптация к силовым нагрузкам представляет собой процесс структурно-функциональной перестройки различных систем организма, направленный на повышение устойчивости к повторяющимся нагрузкам. В отличие от аэробных воздействий силовые нагрузки преимущественно активируют анаэробные механизмы энергообеспечения и вызывают выраженные нейромышечные и гормональные реакции [2].

Несмотря на наличие большого количества исследований, посвященных адаптации спортсменов высокой квалификации, физиологические механизмы адаптации именно студентов, как особой социально-возрастной группы, изучены недостаточно. Это обуславливает необходимость комплексного анализа реакций организма на силовые нагрузки в условиях учебного процесса.

**Цель исследований:** анализ физиологических механизмов адаптации организма студентов к регулярным силовым нагрузкам

**Задачи исследований:**

- оценить изменения показателей мышечной силы у студентов в процессе силовой подготовки;
- проанализировать реакции сердечно-сосудистой системы на силовую нагрузку;
- изучить особенности автономной регуляции сердечного ритма;
- определить субъективную переносимость и восстановление после нагрузки.

Современные исследования показывают, что силовые нагрузки вызывают выраженные изменения в нервно-мышечной системе включая повышение рекрутирования моторных единиц

и синхронизацию их активности [3]. Одновременно активируется эндокринная система – в частности, увеличивается секреция тестостерона и гормона роста, что способствует гипертрофии мышечных волокон. Сердечно-сосудистая адаптация проявляется в снижении частоты сердечных сокращений в покое и улучшении показателей вариабельности сердечного ритма [3, 4]. У студентов данные процессы выражены менее стабильно, чем у квалифицированных спортсменов, что обусловлено возрастными и функциональными особенностями [5-7].

## Методика исследований

### Research method

*Организация исследований.* В исследованиях приняли участие 20 студентов (14 мужчин и 6 женщин) в возрасте 19-25 лет, обучающиеся в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева и имеющие стаж занятий силовыми упражнениями не менее года. Все участники дали информированное согласие на участие в исследованиях.

Исследования проводились в течение 10 недель, с 10.03.2025 г. по 19.05.2025 г., в рамках учебных занятий по физической культуре. Частота занятий составляла 2 раза в неделю, продолжительность одного занятия – 60 мин. Силовая нагрузка включала в себя базовые упражнения: приседания со штангой, жим лежа, тяговые упражнения и изометрические удержания.

Интенсивность нагрузки постепенно увеличивалась в течение тренировочного цикла. Начальный этап (1-3 недели): интенсивность – 60-65% от 1ПМ (одноповторный максимум); объем – 3 подхода по 10-12 повторений; пауза отдыха – 90-120 сек. Средний этап (4-7 недели): интенсивность – 65-70% от 1ПМ; объем – 3-4 подхода по 8-10 повторений; пауза отдыха – 90 сек. Заключительный этап (8-10 недели): интенсивность – 70-75% от 1ПМ; объем – 4 подхода по 6-8 повторений; пауза отдыха – 60-90 сек.

Таким образом, за период эксперимента объемом силовой нагрузки увеличился приблизительно на 25-30%, а интенсивность – на 10-15%, что позволило обеспечить постепенную адаптацию студентов к возрастающим силовым воздействиям.

#### *Диагностические методы*

1. Мышечная сила. Измерялась ручным динамометром (максимальная изометрическая сила кисти).

2. Вариабельность сердечного ритма (BCP). Регистрация проводилась с использованием кардиорегистратора Polar H10 с последующей обработкой в программе Kubios HRV.

Анализируемые показатели:

– SDNN (Standard Deviation of NN intervals) – стандартное отклонение интервалов RR, отражающее общую вариабельность ритма;

– RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences) – квадратный корень из среднеквадратичных разностей соседних RR-интервалов, отражающий парасимпатическую активность.

Изучение BCP проводилось для оценки автономной регуляции и адаптационных резервов организма.

3. Субъективная оценка утомления. Использовалась шкала Борга (RPE – Rating of Perceived Exertion, 6-20 баллов). Показатель применялся для оценки субъективной переносимости нагрузки и динамики центральной регуляции утомления.

*Статистическая обработка.* Оценка мышечной силы: максимальная изометрическая сила мышц верхних конечностей. Показатели сердечно-сосудистой системы: частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое и после нагрузки. Вариабельность сердечного ритма (BCP): показатели RMSSD и SDNN в состоянии покоя. Субъективная оценка утомления: шкала Борга (RPE). Полученные данные обрабатывались методами описательной статистики ( $M \pm SD$ ). Достоверность различий оценивалась на основе t-критерия Стьюдента при уровне значимости  $p < 0.05$ .

## Результаты и их обсуждение

### Results and discussion

*Нейромышечная адаптация.* Полученные результаты свидетельствуют о выраженной положительной динамике силовых показателей у студентов. Увеличение максимальной изометрической силы кисти на 14.8% отражает формирование нейромышечной адаптации, которая на ранних этапах силовой подготовки обусловлена преимущественно улучшением нервной регуляции мышечной деятельности (табл. 1). В частности, повышение силы связано с увеличением эффективности рекрутирования моторных единиц, повышением их синхронизации и улучшением межмышечной координации. Подобные изменения характерны для начальных стадий силовой тренировки и могут происходить даже при умеренном увеличении мышечной массы.

Кроме того, постепенное повышение интенсивности тренировочных нагрузок в течение 10-недельного периода способствовало формированию устойчивых адаптационных реакций без признаков функционального перенапряжения.

*Реакции сердечно-сосудистой системы.* Снижение частоты сердечных сокращений в покое с  $76.4 \pm 5.9$  до  $71.2 \pm 5.1$  уд/мин (–6.8%) свидетельствует о повышении экономичности работы сердечно-сосудистой системы. Одновременно было зафиксировано снижение ЧСС после нагрузки на  $9.4$  уд/мин (–5.9%), что отражает улучшение процессов восстановления и более эффективную регуляцию кровообращения при выполнении силовой

работы (табл. 2). Подобная динамика свидетельствует о снижении физиологической стоимости нагрузки и формировании адаптационных механизмов, направленных на поддержание гомеостаза при повторяющихся силовых воздействиях.

**Автономная регуляция.** Рост показателей вариабельности сердечного ритма (SDNN и RMSSD) свидетельствует об усилении парасимпатического влияния и повышении адаптационных резервов организма студентов.

**Субъективная переносимость.** Средние значения RPE снизились с  $15.2 \pm 1.3$  до  $13.6 \pm 1.1$  балла, что указывает на улучшение субъективного восприятия нагрузки и адаптацию центральных механизмов регуляции утомления.

Полученные данные подтверждают, что адаптация студентов к силовым нагрузкам носит системный характер и затрагивает ключевые регуляторные механизмы организма. Увеличение мышечной силы сопровождается оптимизацией

**Таблица 1.** Динамика максимальной изометрической силы кисти.

**Table 1.** Dynamics of maximum isometric hand grip strength.

Показатель <i>Indicator</i>	До эксперимента <i>Before the experiment</i>	После 10 недель <i>After 10 weeks</i>	Δ%	р
Сила кисти, кг <i>Hand grip strength, kg</i>	$42.3 \pm 6.8$	$48.6 \pm 7.1$	+14.8%	<0.05

**Таблица 2.** Динамика частоты сердечных сокращений, уд/мин.

**Table 2.** Heart rate dynamics, beats/min.

Показатель <i>Indicator</i>	До <i>Before</i>	После <i>After</i>	р
ЧСС покоя <i>Resting HR</i>	$76.4 \pm 5.9$	$71.2 \pm 5.1$	<0.05
ЧСС после нагрузки <i>Post-exercise HR</i>	$158.7 \pm 9.4$	$149.3 \pm 8.6$	<0.05

**Таблица 3.** Показатели вариабельности сердечного ритма.

**Table 3.** Heart rate variability indicators.

Показатель <i>Indicator</i>	До <i>Before</i>	После 10 недель <i>After 10 weeks</i>	Δ%	р
SDNN, мс <i>SDNN, ms</i>	$51.6 \pm 12.3$	$58.9 \pm 13.1$	+14.1%	<0.05
RMSSD, мс <i>RMSSD, ms</i>	$34.8 \pm 9.7$	$38.7 \pm 10.2$	+11.2%	<0.05

**Таблица 4.** Динамика субъективной оценки нагрузки.

**Table 4.** Dynamics of Rating of Perceived Exertion.

Показатель <i>Indicator</i>	До <i>Before</i>	После <i>After</i>	р
RPE, баллы <i>RPE, score</i>	$15.2 \pm 1.3$	$13.6 \pm 1.1$	<0.05

сердечно-сосудистой регуляции, что согласуется с данными ранее опубликованных исследований [7-9]. Улучшение показателей variability сердечного ритма указывает на формирование более экономичного режима функционирования организма при выполнении силовой работы.

Особое значение имеет тот факт, что у студентов адаптационные изменения происходят без признаков перенапряжения, при условии дозированного и методически обоснованного применения силовых упражнений. Это подчеркивает необходимость контроля интенсивности и объема нагрузок в образовательной среде.

## Выводы

### Conclusions

Результаты исследований показали, что 10-недельный цикл силовой подготовки, проводимый с постепенным увеличением интенсивности нагрузки с 60-65 до 70-75% от 1ПМ и увеличением тренировочного объема примерно на 25-30%, вызывает достоверные адаптационные изменения в организме студентов.

Установлено статистически значимое увеличение максимальной изометрической силы кисти на 14.8% ( $p < 0.05$ ), что свидетельствует о формировании нейромышечной адаптации и повышении эффективности рекрутирования моторных единиц.

Адаптация сопровождается повышением автономной регуляции сердечного ритма (рост SDNN и RMSSD) и снижением физиологической

стоимости нагрузки (уменьшение ЧСС покоя и после нагрузки). Улучшается субъективная переносимость силовой работы и ускоряется восстановление (снижение RPE).

С учетом полученных в исследованиях результатов практическое применение данных заключается в научно обоснованной оптимизации силовых занятий в условиях вуза. Выявленный рост показателей силы на фоне улучшения параметров variability сердечного ритма (SDNN, RMSSD) и снижения ЧСС покоя подтверждает возможность безопасного повышения силовой подготовленности при условии контролируемой нагрузки. Полученные данные позволяют рекомендовать поэтапное увеличение объема и интенсивности силовых упражнений с обязательным мониторингом функционального состояния студентов (ЧСС, HRV, субъективная оценка нагрузки). Установленные различия в скорости восстановления и характере вегетативной регуляции у обучающихся с разным уровнем подготовленности обосновывают необходимость дифференцированного подхода при формировании учебных групп. Практическая ценность результатов также заключается в возможности раннего выявления признаков переутомления через снижение показателей HRV и замедление восстановления ЧСС.

Таким образом, внедрение функционального мониторинга и индивидуализация силовых программ в образовательном процессе позволяют повысить эффективность занятий, снизить риск дезадаптации и обеспечить устойчивый рост физической работоспособности студентов.

### Список источников

1. Addleman J.S., Lackey N.S., DeBlauw J.A., Hajduczuk A.G. Heart rate variability applications in strength and conditioning: a narrative review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2024;9(2):93-104. <https://doi.org/10.3390/jfmk9020093>
2. Lecce E., Amoroso P., Felici F., Bazzucchi I. Resistance training-induced adaptations in the neuromuscular system: Physiological mechanisms and implications for human performance. *The Journal of Physiology*. 2026;604(1):81-115. <https://doi.org/10.1113/JP289716>
3. Li R., Yan R., Cheng W., Ren H. Effect of resistance training on heart rate variability of anxious female college students. *Frontiers in Public Health*. 2022;10:1050469. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1050469>
4. Shaffer F., Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*. 2017;5:258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>

### References

1. Addleman J.S., Lackey N.S., DeBlauw J.A., Hajduczuk A.G. Heart rate variability applications in strength and conditioning: a narrative review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2024;9(2):93-104. <https://doi.org/10.3390/jfmk9020093>
2. Lecce E., Amoroso P., Felici F., Bazzucchi I. Resistance training-induced adaptations in the neuromuscular system: Physiological mechanisms and implications for human performance. *The Journal of Physiology*. 2026;604(1):81-115. <https://doi.org/10.1113/JP289716>
3. Li R., Yan R., Cheng W., Ren H. Effect of resistance training on heart rate variability of anxious female college students. *Frontiers in Public Health*. 2022;10:1050469. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1050469>
4. Shaffer F., Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*. 2017;5:258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>

5. Алпатов С.П., Коновалов И.В., Дибирова Г.И. и др. Биохимические индикаторы спортивных достижений у борцов высокой квалификации. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):5-11. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.1>
6. Исаева Е.Е., Тупиневич Г.С., Даутова А.З., Шамратова В.Г. Оценка компонентов кислородтранспортной системы и вклада гормонального звена в обеспечение физической выносливости у спортсменов различных видов спорта. *Спортивная физиология и морфология*. 2023;11(3):22-29. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2023-11-3-22-29>
7. Никитченко С.Ю. Физиологические основы адаптации студентов к физическим нагрузкам. *Теория и практика физической культуры*. 2021;(6):45-48.
8. Питкин В.А., Кудымов М.М. Адаптация организма к физическим нагрузкам у студентов. *Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник)*. 2022;(1):252-254.
9. Сырова С.В., Селитреникова Т.А. К вопросу физиологической адаптации высококвалифицированных спортсменов. *Вестник Тамбовского Университета. Серия: Гуманитарные Науки*. 2019;24(183):85-90. <https://doi.org/10.20310/1810-0201-2019-24-183-85-90>
5. Alpatov S.P., Kononov I.V., Dibirova G.O. et al. Biochemical indicators of sports achievements in highly qualified wrestlers. *Sports Medicine: Research and Practice*. 2021;11(2):5-11. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.1>
6. Isaeva E.E., Tupinevich G.S., Dautova A.Z., Shamratova V.G. Assessment of the components of the oxygen transport system and the contribution of the hormonal link to provision of physical endurance in athletes of various sports. *Sportivnaya fiziologiya i morfologiya*. 2023;11(3):22-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2023-11-3-22-29>
7. Nikitchenko S.Yu. Physiological foundations of students' adaptation to physical loads. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2021;(6):45-48. (In Russ.)
8. Pitkin V.A., Kudymov M.M. Adaptation of the body healthy to physical exertion in students. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (Politehnicheskij vestnik)*. 2022;(1):252-254. (In Russ.)
9. Syrova S.V., Selitrenikova T.A. On the issue of highly skilled athletes physiological adaptation. *Tambov University Review: Series Humanities*. 2019;24(183):85-90. <https://doi.org/10.20310/1810-0201-2019-24-183-85-90>

#### Сведения об авторах

**Сергей Юрьевич Никитченко**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; [sernik@rgau-msha.ru](mailto:sernik@rgau-msha.ru)

**Денис Викторович Сорокин**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; [d.sorokin@rgau-msha.ru](mailto:d.sorokin@rgau-msha.ru)

**Исмаил Саид-Хасанович Мусаев**, старший преподаватель кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; [musaev@rgau-msha.ru](mailto:musaev@rgau-msha.ru)

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.01.2026  
Одобрена после рецензирования 17.03.2026  
Принята к публикации 17.03.2026

#### Information about the authors

**Sergey Yu. Nikitchenko**, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; [sernik@rgau-msha.ru](mailto:sernik@rgau-msha.ru)

**Denis V. Sorokin**, CSc (Ed), Associate Professor at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; [d.sorokin@rgau-msha.ru](mailto:d.sorokin@rgau-msha.ru)

**Ismail S.-Kh. Musaev**, Senior Lecturer at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; [musaev@rgau-msha.ru](mailto:musaev@rgau-msha.ru)

#### Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

The article was submitted to the editorial office January 15, 2026  
Approved after reviewing March 17, 2026  
Accepted for publication March 17, 2026