Дата публикации: 25.12.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_S1_18
УДК 612.766.1

Publication date: 25.12.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_S1_18
UDC 612.766.1

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ПРИ КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ОСАНКИ МЕТОДИКАМИ ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

А.В. Носарев, Д.А. Степанова, И.В. Ковалев, И.В. Петрова, Т.В. Ласукова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Томск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Цель исследования: изучить влияние программ лечебной физической культуры на биоэлектрическую активность паравертебральных мышц и энергетический обмен у лиц с нарушениями осанки. ***Методы.*** В исследовании участвовали 30 добровольцев (18-28 лет). Оценивали биоэлектрическую активность методом поверхностной электромиографии трапециевидной, широчайшей мышц и мышцы, выпрямляющей позвоночник; параметры вариабельности сердечного ритма. Измерения проводили до, после 12 занятий и через неделю. ***Результаты.*** Авторская программа лечебной физкультуры повысила амплитуду биоэлектрической активности и количество турн ключевых мышц. Выполнение упражнений по этой методике стабилизировало минутный объем кровообращения и ударный индекс до эукинетического типа, улучшило вегетативный баланс. ***Заключение.*** Полученные в процессе исследования данные расширяют понимание физиологических процессов тренировок и могут быть использованы для индивидуализации программ лечебной физкультуры для коррекции осанки.

Ключевые слова: лечебная физическая культура, нарушения осанки, электромиография, вариабельность сердечного ритма.

STUDY OF MUSCLE BIOELECTRIC ACTIVITY AND ENERGY METABOLISM DURING POSTURE DISORDER CORRECTION USING THERAPEUTIC EXERCISE TECHNIQUES

A.V. Nosarev, D.A. Stepanova, I.V. Kovalev, I.V. Petrova, T.V. Lasukova
Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Objective: to study the effect of therapeutic exercise programs on the bioelectric activity of paravertebral muscles and energy metabolism in individuals with posture disorders. ***Methods.*** The study involved 30 volunteers (18-28 years old). Bioelectric activity was assessed using surface electromyography of the trapezius, latissimus dorsi, and erector spinae muscles. Heart rate variability parameters were also measured. Measurements were taken before, after 12 sessions, and one week later. ***Results.*** The author-developed therapeutic exercise program increased the amplitude of bioelectric activity and the number of turns in key muscles. Exercise performance using this technique stabilized cardiac output and stroke index to the eukinetic type and improved autonomic balance. ***Conclusion.*** The data obtained expand the understanding of the physiological processes of training and can be used to individualize therapeutic exercise programs for posture correction.

Keywords: therapeutic exercise, posture disorders, electromyography, heart rate variability.

Введение. Нарушения осанки, в частности сколиотическая осанка, распространены среди студентов (40-80%) и связаны с длительным сидением, учебными нагрузками и малоподвижным образом жизни [1]. Эти нарушения приводят к мышечному дисбалансу, изменению биоэлектрической активности паравертебральных мышц и сдвигам в энергетическом обмене, включая гемодинамику и вегетативную регуляцию [2]. Лечебная физическая культура (ЛФК) – ключевой метод коррекции, но существующие программы часто не учитывают индивидуальные физиологические особенности, что снижает их эффективность [3]. Учитывая недостаточную изученность динамики биоэлектрической активности мышц (по данным поверхностной электромиографии (пЭМГ)) и энергетического обмена (вариабельность сердечного ритма

(ВСР), реография) под влиянием ЛФК при сколиозе целью исследования стало изучение влияния схем ЛФК на биоэлектрическую активность мышц и энергообеспечение организма при коррекции нарушений осанки.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на базе кафедры биофизики и функциональной диагностики Сибирского государственного медицинского университета (Томск, 2024). Участвовали 30 добровольцев (18-28 лет, средний возраст – 21,5±0,36 год), без противопоказаний (боль в пояснице, аутоиммунные заболевания, остеохондроз), все подписали информированное согласие. Осанка оценивалась визуально по тесту Е. Рутовской (сзади и сбоку).

Группы:

- Контрольная группа (К, n=10): условно здоровые, без тренировок.

- Экспериментальная группа № 1 (А, n=10): нарушения осанки, авторская программа ЛФК (работа с биокинематической цепью: стопы, таз, спина, грудной отдел; 12 занятий по 45 мин, 3 раза/неделю; инвентарь: резинки, мячи. Ссылка на авторскую методику: https://t.me/osankasibmed.

- Экспериментальная группа № 2 (О, n=10): нарушения осанки, общая программа ЛФК (разогрев, укрепление спины, растяжка).

Точки измерений: до (Т1), после 12 занятий (Т2) и через неделю (Т3).

Методы:

1. пЭМГ: аппарат «НЕЙРОТЕХ Synapsis». Регистрация трапециевидной мышцы (ТМ), широчайшей мышцы спины (ШМ), мышцы, выпрямляющей позвоночник (МВП) слева/справа. Параметры: средняя амплитуда (Аср, мВ), турны (порог 100 мкВ). Анализ: турн-амплитудный, симметрия визуально [4, 5]. Упражнения: максимальное напряжение 4-5 с.

2. Кардиоинтервалография (ВСР): аппарат «Поли-Спектр-Ритм.NET». Регистрация электрокардиограммы (ЭКГ) сидя (60 с) и стоя (40 с). Параметры: индекс напряжения (SI, усл.ед.), вагосимпатический баланс (LF/HF) [6].

3. Реография: комплекс «Рео-Спектр» (НейроСофт). Центральная гемодинамика: минутный объем кровообращения (МОК, л/мин), ударный индекс (УИ, мл/м²).

Статистика: пакет программ Statistica 10.0. Нормальность – тест Шапиро-Уилка. Сравнения: Вилкоксона-Манна-Уитни, Краскела-Уоллиса ($p<0,05$). Корреляции: Пирсона.

Результаты исследования и их обсуждение. На первом этапе нашего исследования мы оценили биоэлектрическую активность мышц, то есть среднюю амплитуду и турны в контрольной группе, группе людей с нарушением осанки, выполняющих комплекс лечебной физкультуры с применением авторской программы коррекции осанки (А), и аналогичной группе добровольцев с применением общей программы лечебных мероприятий (О). В контрольной группе статистически значимых различий в биоэлектрической активности мышц не было.

На рисунке 1 показана группа А, где добровольцы выполняли авторскую программу тренировок в трех временных точках измерения, соответственно были выявлены статистически значимые различия в ТМ с левой и правой стороны, наблюдается увеличение средней амплитуды данных мышц в процессе выполнения тренировок. Отмечается рост средней амплитуды мышцы, выпрямляющей позвоночник с левой и правой сторон. Статистически значимые различия установлены для мышцы с левой стороны, и показана связь на уровне выраженной тенденции справа ($p=0,09$).

При исследовании турнов установлены различия только в группе мышц, выпрямляющих позвоночник с левой стороны ($p=0,008$). С правой стороны так же, как и для средней амплитуды, установлена только выраженная тенденция к увеличению показателей ($p=0,1$).

При исследовании показателей энергетического обмена (рис. 2) было показано, что до выполнения каких-либо мероприятий МОК в группе А был статистически значимо выше по сравнению с контрольной группой и группой О. После выполнения и через неделю наблюдалось выравнивание данных показателей. Исследование УИ показало статистически значимое низкое значение

для третьей группы, также после выполнения тренировок наблюдается выравнивание данного показателя по сравнению с контрольной группой.

При исследовании SI статистически значимых различий установлено не было, для LF/HF было показано, что его уровень статистически значимо ниже в группах А и О по сравнению с контролем до выполнения каких-либо комплексов упражнений. После выполнения упражнений наблюдается статистически низкий LF/HF для групп ЛФК соответственно. Через неделю после прекращения выполнения комплексов ЛФК мы наблюдаем выравнивание показателей.

Результаты подтверждают, что нарушения осанки вызывают асинхронность паравертебральных мышц (низкая Аср, турны), дисбаланс вегетативной нервной системы (снижено LF/HF) и гипер-/гипокинетический тип кровотока [7]. Авторская программа ЛФК, учитывая биокинематическую цепь, усиливает активацию двигательных единиц (рост Аср/турнов), синхронизируя мышцы (ТМ, МВП), что согласуется с данными о постуральном контроле [4]. Это приводит к стабилизации гемодинамики (устанавливается эукинетический тип) и улучшению вагосимпатического баланса, снижая утомляемость [6].

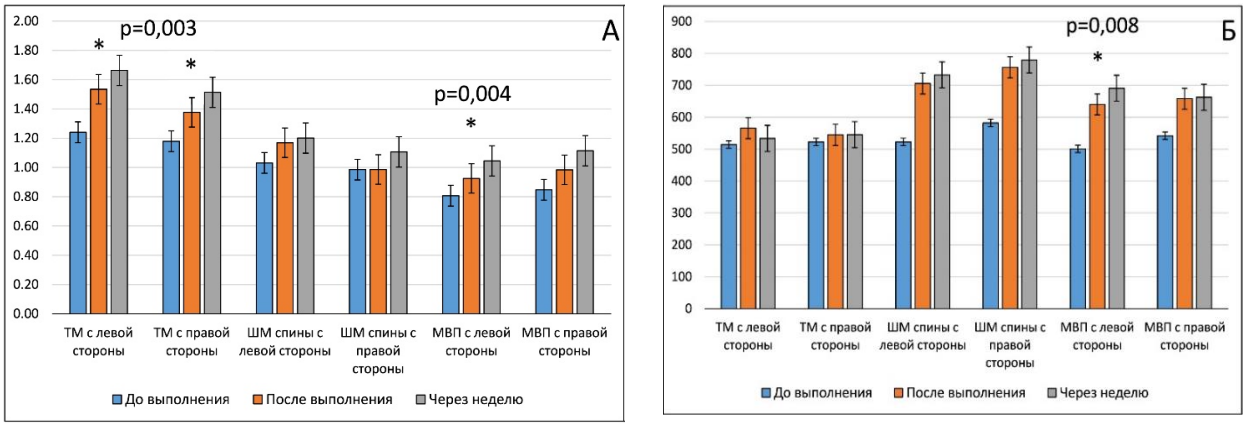


Рис. 1. Показатели средней амплитуды (А) и турнов (Б) в группе людей, выполняющих авторскую программу тренировок в трех временных точках измерения

Примечание: * – статистические различия между исследуемыми группами данных; ТМ – трапециевидная мышца; ШМ – широчайшая мышца спины; МВП – мышца выпрямляющая позвоночник.

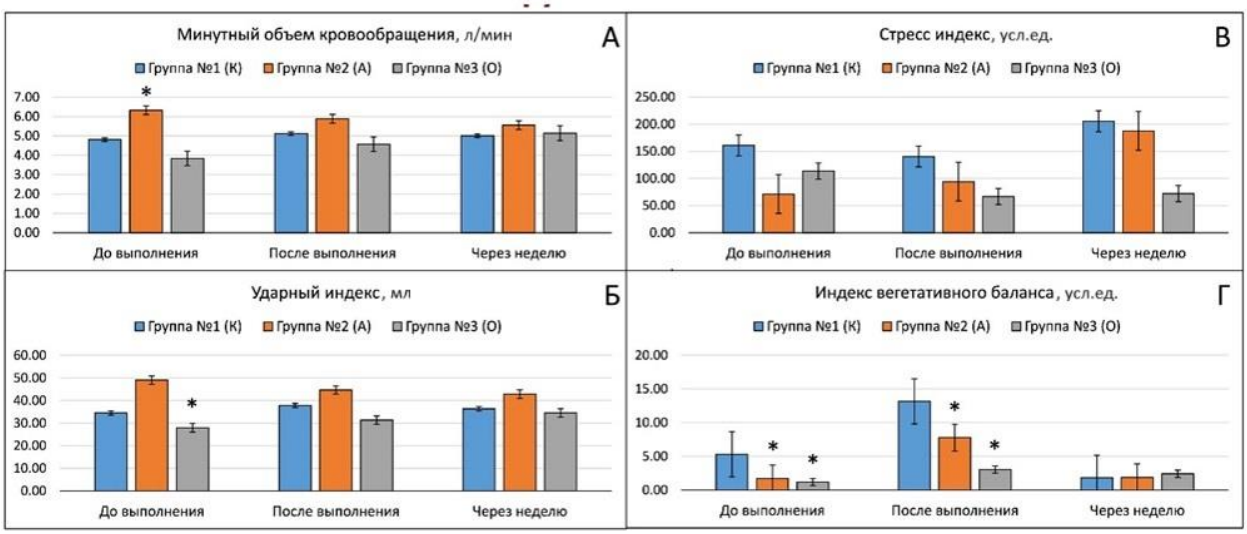


Рис. 2. Показатели кардиогемодинамики (А-Б) и показатели вегетативного тонуса (В-Г) в исследуемых группах в трех временных точках измерения

Примечание: * – статистические различия между исследуемыми группами данных, при $p<0,05$.

Таким образом, общая программа менее эффективна: минимальные изменения указывают на отсутствие индивидуализации, что может усугублять дисбаланс. По сравнению с данными литературы [8], авторская программа ЛФК оптимизирует энергетический обмен, предотвращая перегрузку сердечно-сосудистой системы. С учетом полученных нами данных представляется перспективным интеграция результатов исследования как в программы физвоспитания студентов, так и для проведения коррекции нарушений осанки.

Заключение:

1. Авторская методика ЛФК (по сравнению с общей методикой) повысила среднюю амплитудутрапециевидноймышцы(p=0,003), амплитуду (p=0,004) и турны мышцы, выпрямляющей позвоночник (p=0,008).
2. В группе А амплитуда ТМ/МВП больше, чем в группах К и О (p<0,05).
3. МОК/УИ в группе А стабилизировались (p=0,03), LF/HF улучшился (p=0,01).
4. Авторская программа ЛФК показала большую эффективность для коррекции мышечной активности и энергетического обмена при сколиотической осанке.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка здоровья студенческой молодежи на начальном этапе обучения в вузе / В.Н. Пушкина, В.В. Калгин, И.Н. Гернет [и др.] // Валеопедагогические проблемы формирования здоровья детей, подростков, молодежи, населения: матер. 11-й междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов (04.12.2015). – Екатеринбург: Рос. гос. проф.-пед. унт, 2015. – С. 224-225.
2. Alcan, V. Current developments in surface electromyography / V. Alcan, M. ZiNnuroğlu // Turkish Journal of Medical Sciences. – 2023. – Vol. 53. – No. 5. – P. 1019-1031.
3. Кашмина, Е.О. Индивидуализация физической нагрузки у студентов с отклонениями в состоянии здоровья / Е.О. Кашмина, Ю.Л. Веневцева // Известия ТулГУ: Серия гуманитарные науки. – 2012. – № 1. – С. 50-58.
4. Прянишникова, О.А. Спортивная электронейромиография / О.А. Прянишникова // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 9. – С. 6, 55.
5. Surface electromyographic analysis of the low back muscles during rehabilitation exercises / R.A. Ekstrom, R.W. Osborn, P.L. Hauer // J Orthop Sports Phys Ther. – 2008. – Vol. 38(12). – P. 736-745. DOI: 10.2519/jospt.2008.2865.
6. Методы исследования сердечного ритма по данным ЭКГ: вариабельность сердечного ритма и дисперсионное картирование (обзорная статья) / Е.М. Новиков, С.В. Стеблецов, В.Н. Ардашев [и др.] // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2019. – № 4. – С. 81-89.
7. Сабирьянов, А.Р. Структура медленноволновой вариабельности показателей гемодинамики, как интегральная характеристика активности уровней регуляции системы кровообращения у детей младшего и среднего школьного возраста: дис. ... доктора мед. наук / Артур Раисович Сабирьянов. – Курган, 2005. – 41 с.
8. Тесаков, Д.К. Классификация методов лечения больных с деформациями позвоночника при идиопатическом (диспластическом) сколиозе / Д.К. Тесаков, И.Р. Воронович // Мед. новости. – 2008. – № 10. – С. 82-85.

REFERENCES

1. Pushkina V.N., Kalgin V.V., Garnet I.N., Dzhgarkava O.V., Olyashev N.V. Assessment of the health of student youth at the initial stage of university education. In Valeopedagogical Problems of Health Formation in Children, Adolescents, Youth, Population: Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference for Young Scientists and Students (04.12.2015). Ekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University, 2015. pp. 224-225 (in Russ.)
2. Alcan V., Zinnuroğlu M. Current developments in surface electromyography. Turkish Journal of Medical Sciences, 2023, vol. 53(5), pp. 1019-1031.
3. Kashmina E.O., Venevtseva Yu.L. Individualization of physical activity for students with health deviations. *Izvestia Tula State University: Series Humanities*, 2012, no. 1, pp. 50-58. (in Russ.)
4. Pryanichnikova O.A. Sports electroneuromyography. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2005, no. 9, p. 6, 55. (in Russ.)
5. Ekstrom R.A., Osborn R.W., Hauer P.L. Surface electromyographic analysis of the low back muscles during rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2008, vol. 38(12), pp. 736-745. DOI: 10.2519/jospt.2008.2865.

6. Novikov E.M., Stebletsov S.V., Ardashev V.N., Kirillova T.B., Tarabarina N.B. Research of heart rate by ECG: heart rate variability and dispersion mapping. *Kremlin Medicine Journal*, 2019, no. 4, pp. 81-89. (in Russ.)
7. Sabiryanov A.R. Structure of slow-wave variability of hemodynamic indicators as an integral characteristic of the activity of regulation levels of the circulatory system in children of primary and secondary school age: an author's dissertation. Kurgan, 2005. 41 p. (in Russ.)
8. Tesakov D.K., Voronovich I.R. Classification of treatment methods for patients with spinal deformities in idiopathic (dysplastic) scoliosis. *Meditsinskie novosti*, 2008, no. 10, pp. 82-85. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексей Валерьевич Носарев – доктор медицинских наук, доцент кафедры биофизики и функциональной диагностики, СибГМУ, Томск, e-mail: avnosarev@yandex.ru.
Дарья Алексеевна Степанова – студент СибГМУ, Томск, e-mail: stepanova180600@mail.ru.
Игорь Викторович Ковалев – доктор медицинских наук, профессор кафедры биофизики и функциональной диагностики, СибГМУ, Томск, e-mail: kovalev.iv@ssmu.ru.
Ирина Викторовна Петрова – доктор биологических наук, профессор кафедры биофизики и функциональной диагностики, СибГМУ, Томск, e-mail: petrova.iv@ssmu.ru.
Татьяна Викторовна Ласукова – доктор биологических наук, профессор кафедры нормальной физиологии, СибГМУ, Томск, e-mail: lasukova.tv@ssmu.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Aleksej V. Nosarev – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Biophysics and Functional Diagnostics, Siberian State Medical University, Tomsk, e-mail: nosarev.av@ssmu.ru.
Daria A. Stepanova – Student, Siberian State Medical University, Tomsk, e-mail: stepanova180600@mail.ru.
Igor V. Kovalev – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Biophysics and Functional Diagnostics, Siberian State Medical University, Tomsk, e-mail: kovalev.iv@ssmu.ru.
Irina V. Petrova – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biophysics and Functional Diagnostics, Siberian State Medical University, Tomsk, e-mail: petrova.iv@ssmu.ru.
Tatyana V. Lasukova – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Normal Physiology, Siberian State Medical University, Tomsk, e-mail: lasukova.tv@ssmu.ru.

Для цитирования: Исследование биоэлектрической активности мышц и энергетического обмена при коррекции нарушений осанки методиками лечебной физической культуры / А.В. Носарев, Д.А. Степанова, И.В. Ковалев [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № S1(35). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_S1_18

For citation: Nosarev A.V., Stepanova D.A., Kovalev I.V., Petrova I.V., Lasukova T.V. Study of muscle bioelectric activity and energy metabolism during posture disorder correction using therapeutic exercise techniques. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. S1(35). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_S1_18