

©Т. Г. Бакалюк <https://orcid.org/0000-0002-7619-0264>

©Н. Р. Макаруч <https://orcid.org/0000-0001-5196-1619>

©О. М. Василевський <https://orcid.org/0009-0004-4605-188X>

©Г. О. Стельмах <https://orcid.org/0000-0003-2992-3274>

©В. В. Вощенко <https://orcid.org/0009-0006-2010-3543>

*Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України,
Тернопіль, Україна*

ВПЛИВ КІНЕЗІОТЕРАПІЇ НА ВІДНОВЛЕННЯ РУХОВИХ ФУНКЦІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ З РАДИКУЛОПАТІЄЮ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА

РЕЗЮМЕ. Лікування радикулопатії поперекового відділу хребта є складним і багатогранним. Одним із методів є кінезіотерапія, яка сприяє зміцненню м'язового корсета, покращенню стабільності хребта та зменшенню болю.

Мета – оцінити вплив кінезіотерапії із застосуванням бігової доріжки з біологічним зворотним зв'язком та розширеними налаштуваннями на больовий синдром, відновлення рухових функцій та рівновагу у пацієнтів з радикулопатією поперекового відділу хребта під час проведення реабілітації.

Матеріал і методи. У дослідженні взяв участь 41 пацієнт з діагнозом радикулопатія поперекового відділу хребта, віком від 45 до 55 років (середній вік (47,53±2,22) роки), 29 чоловіків та 12 жінок, тривалість захворювання від 1 до 6 років. Пацієнти, включені в дослідження, проходили амбулаторну реабілітацію протягом 14 днів. Пацієнти були поділені на дві групи за методом «послідовних номерів» із використанням таблиці випадкових чисел, щоб забезпечити об'єктивність та систематизацію результатів. Пацієнти 1 групи (20 осіб) отримували реабілітаційний комплекс із терапевтичних вправ, електростимуляції та тренування на біговій доріжці. Пацієнтам 2 групи (21 особа) в реабілітаційному комплексі реабілітаційну бігову доріжку AXELERO стандартної комплектації замінили на модель з біологічним зворотним зв'язком та розширеними налаштуваннями Philips 7.0 T.

Результати. Отримані результати свідчать про зменшення больового синдрому, функціональних обмежень та покращення статичної та динамічної рівноваги в обох групах. Проте статистично достовірні значення були в 2-й групі, що може свідчити про переваги реабілітаційного комплексу із включенням тренування на біговій доріжці з біологічним зворотним зв'язком і розширеними налаштуваннями.

Висновки. Включення бігової доріжки з біологічним зворотним зв'язком та розширеними налаштуваннями у реабілітаційний комплекс для пацієнтів із радикулопатією поперекового відділу хребта сприяє значному зменшенню больового синдрому, покращенню функціонального стану та відновленню рівноваги. Врахування розширених налаштувань у сучасних моделях бігових доріжок, таких як сенсори для моніторингу рухів та програми з біологічним зворотним зв'язком, є ефективним доповненням до кінезіотерапії, що підвищує якість реабілітаційного процесу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: радикулопатія; рухова функція; реабілітація; кінезіотерапія; бігова доріжка; біологічний зворотний зв'язок.

Вступ. Радикулопатія поперекового відділу хребта (РПВХ) – це порушення функції корінця спинномозкового нерва, що може супроводжуватися болем, слабкістю, розладами чутливості та рефлексу в ураженій анатомічній ділянці [1]. Ці симптоми, зокрема біль, негативно впливають на самостійність людини, що є проблемою сучасного суспільства [2]. РПВХ діагностують у 3–5 % населення, як у чоловіків, так і в жінок. Вік є основним фактором ризику, оскільки впливає на дегенеративний процес в структурах хребта. Симптоми, як правило, починаються в середньому віці, причому чоловіки часто страждають у віці 40 років, тоді як жінки – у віці 50–60 років [3]. Цей стан спричиняє фізичну інвалідність, яка впливає на якість життя людини.

Лікування РПВХ є складним і багатогранним. Одним із методів є кінезіотерапія, яка сприяє

зміцненню м'язового корсета, покращенню стабільності хребта та зменшенню болю. Це допомагає відновити рухову активність і знижує ризик розвитку ускладнень, таких як м'язова слабкість та обмеження рухливості [4].

Кінезіотерапія також має знеболювальний ефект, сприяє зміцненню глибоких м'язів тулуба, таких як поперечні м'язи живота та багатороздільні м'язи спини, що підтримують стабільність хребта. Крім того, кінезіотерапія покращує кровопостачання м'язів, відновлює їх тонус і еластичність, знижує м'язову напругу та покращує рухливість поперекового відділу, що допомагає зменшити застійні явища в тканинах [5]. Регулярні фізичні навантаження покращують координацію та зменшують навантаження на міжхребцеві диски та зв'язки.

Поява інноваційних підходів у кінезіотерапії вимагає оцінки їхньої ефективності в реабілітаційній практиці, що й стало основою для нашого дослідження.

Мета – оцінити вплив кінезіотерапії із застосуванням бігової доріжки з біологічним зворотним зв'язком та розширеними налаштуваннями на больовий синдром, відновлення рухових функцій та рівновагу у пацієнтів з радикулопатією поперекового відділу хребта під час проведення реабілітації.

Матеріал і методи дослідження. У дослідженні взяв участь 41 пацієнт з радикулопатією поперекового відділу хребта, вік обстежених склав 45–55 років (середній вік $47,53 \pm 2,22$ роки), 29 чоловіків та 12 жінок, тривалість захворювання становила від 1 до 6 років. Пацієнти, включені в дослідження, проходили амбулаторну реабілітацію протягом 14 днів.

Критерії включення пацієнтів у дослідження були наступними: верифікований діагноз радикулопатії поперекового відділу хребта, вік від 45 до 55 років, больовий синдром у поперековому відділі хребта не більше 6 балів за ВАШ.

Критерії виключення: гостра стадія захворювання, травми хребта, подагра, онкологічні захворювання, вроджені аномалії розвитку хребта, хвороба Бехтерева, відмова від участі в дослідженні, участь в іншому дослідженні або наявність інших травм.

Пацієнти були поділені на дві групи за методом «послідовних номерів» із використанням таблиці випадкових чисел, щоб забезпечити об'єктивність та систематизацію результатів. Пацієнти 1 групи (20 осіб) отримували реабілітаційний комплекс із терапевтичних вправ, електростимуляції та тренування на біговій доріжці. Пацієнтам 2 групи (21 особа) в реабілітаційному комплексі реабілітаційну бігову доріжку AXELERO стандартної комплектації замінили на модель з біологічним зворотним зв'язком та розширеними налаштуваннями Philips 7.0 T.

При проведенні тренування на бігових доріжках враховували індивідуальні обмеження пацієнта, включаючи рівень болю, стабільність та загальну фізичну підготовленість; поступове збільшення швидкості залежно від стану пацієнта та його адаптації до навантаження; завершувались заняття вправами на розтягнення для розслаблення м'язів поперекового відділу хребта та кінцівок.

Розширені налаштування для бігової доріжки Philips 7.0 T, які відсутні в моделі AXELERO і були нами використані в дослідженні, включали: можливість плавного регулювання швидкості та відображення профілю швидкості на дисплеї; моделювання різних типів поверхонь з переднім і заднім

нахилом, що дозволяє ходити вгору і вниз; автоматичне збереження результатів кожного сеансу з можливістю подальшого аналізу; графічний дисплей біологічного зворотного зв'язку мотивує пацієнтів підтримувати рівномірну симетрію кроків між лівою та правою ногою; на дисплеї відобразився час, що залишався до завершення заняття.

Тренування на обох видах бігових доріжок проводилось під наглядом фізичного терапевта.

Для оцінки ефективності застосування реабілітаційних комплексів використовували візуальну аналогову шкалу (ВАШ), яка є інструментом для вимірювання інтенсивності болю; для оцінки змін у функціональному стані заповнювали опитувальник Roland Morris Disability Questionnaire (RMDQ) – це 24 питання для оцінки функціональних обмежень через біль у спині, кожне питання має відповіді "так" або "ні", вищий бал свідчить про більші обмеження в повсякденному житті; для оцінки статичної та динамічної рівноваги, а також ризику падінь, застосовували шкалу балансу Берга (Berg Balance Scale, BBS), яка дозволяє зібрати кількісну оцінку від 0 до 56 балів, де вищий бал свідчить про кращий баланс.

Аналіз та обробку статистичних даних клінічних обстежень виконували з використанням програмного забезпечення STATISTICA 10. Було побудовано коробкові діаграми для оцінки варіабельності показників між групами до та після втручання. Відмінності між групами оцінювали за допомогою критерію значущості, вірогідними вважали результати при $p < 0,05$. Корбова діаграма ілюструє медіану, міжквартильний розмах (25–75 %), а також діапазон значень без викидів (Non-Outlier Range). Виявлені викиди (outliers) та екстремальні значення (extremes) позначені відповідно окремими символами.

Результати й обговорення. У проведеному дослідженні були оцінені показники болю за шкалою ВАШ у пацієнтів, які брали участь у дослідженні до та після реабілітації.

На початку дослідження середній показник болю у пацієнтів 1 групи становив $(4,94 \pm 1,08)$ бали, тоді як після проходження реабілітаційної програми цей показник знизився до $(3,5 \pm 1,42)$ балів ($p > 0,05$). У пацієнтів 2 групи середній рівень болю до початку реабілітації був $(5,05 \pm 1,05)$ балів, а після завершення реабілітаційних заходів зменшився до $(1,05 \pm 0,83)$ балів ($p < 0,05$) (рис. 1). Результати у 1 групі покращилися на 29,1 %, а в 2 групі – на 79,2 %.

Отримані результати свідчать про зменшення больового синдрому в обох групах. Проте статистично достовірне зниження інтенсивності болю спостерігалось у 2-й групі, що може свідчити про переваги реабілітаційного комплексу в цій групі пацієнтів.

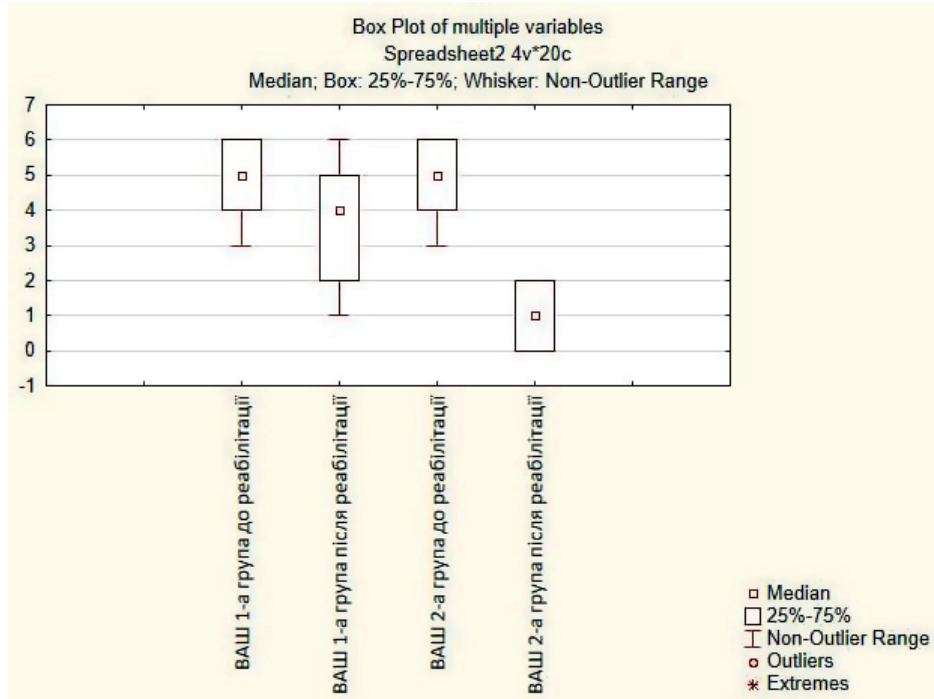


Рис. 1. Порівняння даних за шкалою ВАШ до та після реабілітації між групами.

Опитувальник Роланда-Морріса (RMDQ) для оцінки функціональних обмежень, викликаних болем у спині, був використаний для аналізу стану пацієнтів до та після реабілітації.

У 1 групі середній показник за RMDQ до початку реабілітації становив $13,11 \pm 3,26$, що свідчило про помірні функціональні обмеження. Після завершення реабілітації цей показник знизився

до $10,35 \pm 2,22$, демонструючи покращення стану пацієнтів і зменшення обмежень у повсякденному житті. Середній показник у 2 групі до реабілітації становив $13,2 \pm 3,44$. Після завершення реабілітації цей показник значно знизився, до $3,35 \pm 1,73$, що відображає достовірне зменшення обмежень та значне покращення функціонального стану (рис. 2).

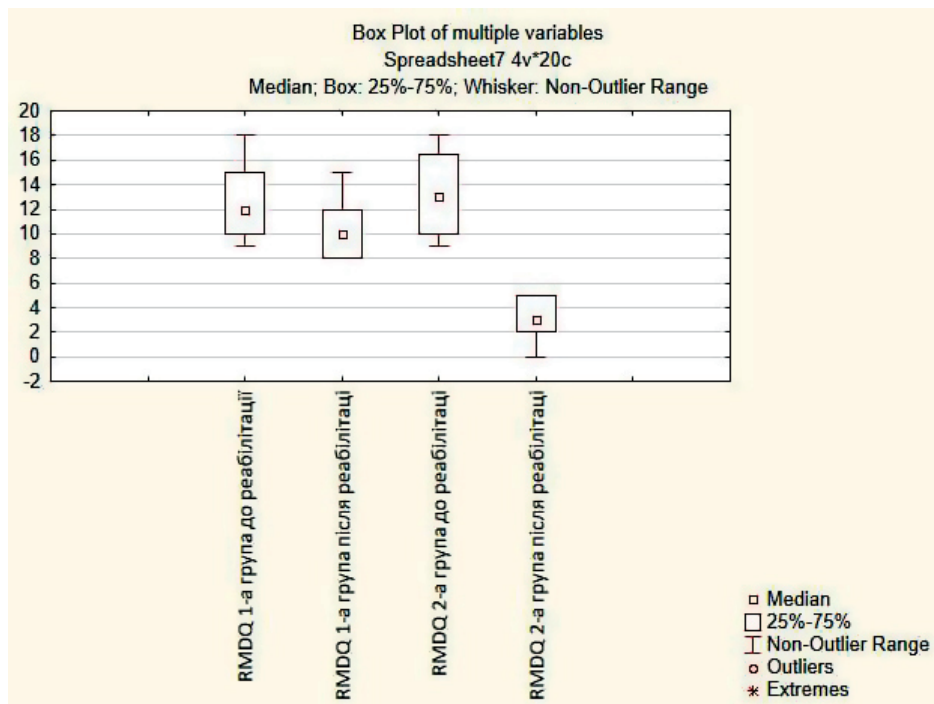


Рис. 2. Порівняння даних опитувальника RMDQ до та після реабілітації між групами.

Результати оцінки за опитувальником Роланда-Морріса підтверджують ефективність проведеної реабілітації у зменшенні функціональних обмежень через біль у спині в обох групах пацієнтів. Зниження показників у 2-й групі мало достовірні зміни, що вказує на більшу ефективність реабілітаційних заходів у цій групі.

Шкала балансу Берга була використана для оцінки рівня рівноваги пацієнтів до та після реабілітації (рис. 3). Середній бал у 1 групі до реабілітації становив $43,89 \pm 3,67$, що відповідає рівню, за

якого пацієнти здатні пересуватися самостійно, але з певними труднощами. Після завершення реабілітації середній бал зріс до $47,65 \pm 3,11$, демонструючи покращення статичної та динамічної рівноваги, а також зниження ризику падінь.

У 2 групі середній показник до реабілітації складав $42,25 \pm 3,15$, що також відповідає рівню самостійної мобільності з труднощами. Після реабілітації середній бал значно зріс і досяг $53,9 \pm 1,55$, що свідчить про достовірне покращення рівноваги та значне зниження ризику падінь.

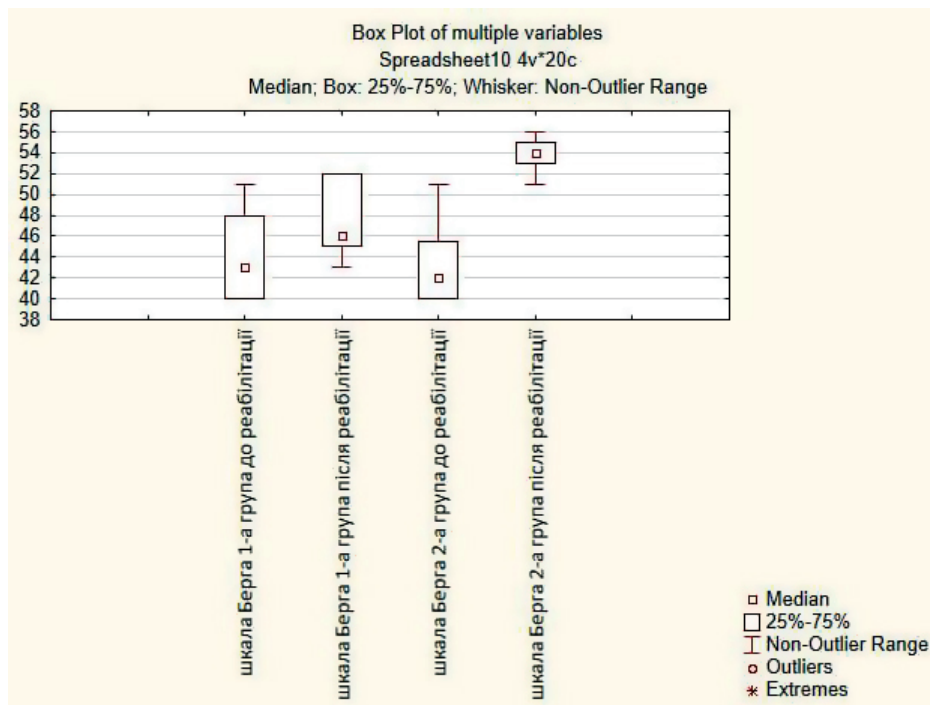


Рис. 3. Порівняння даних шкали Берга до та після реабілітації між групами.

Результати оцінки за шкалою Берга вказують на покращення статичної та динамічної рівноваги у пацієнтів обох груп після реабілітації. Хоча позитивні зміни спостерігалися в обох групах, пацієнти 2 групи продемонстрували достовірну зміну даних за шкалою Берга. Це свідчить про високу ефективність використаних реабілітаційних втручань у цій групі.

Розширені налаштування для бігової доріжки дозволяють адаптувати параметри тренування (швидкість, нахил) до індивідуальних потреб пацієнта, що сприяє вдосконаленню пропріоцепції та рівноваги. Також відображення на дисплеї допомагають пацієнту отримувати миттєвий візуальний зворотний зв'язок про свої рухи, що стимулює точніше виконання завдань.

Отже, застосування в реабілітаційному комплексі бігової доріжки з біологічним зворотним зв'язком і розширеними налаштуваннями для пацієнтів із радикулопатією поперекового відділу

хребта продемонструвало вищу ефективність, порівняно з застосуванням класичної реабілітаційної моделі бігової доріжки, сприяючи зменшенню больового синдрому, покращенню функціонального стану, статичної та динамічної рівноваги.

У фізичній терапії на сьогоднішній день широко використовуються технології для скорочення процесу реабілітації та підвищення його ефективності [6].

Потенціал використання передових технологій для покращення рухових навичок у спорті та прискорення фізичної реабілітації було продемонстровано в ряді досліджень [7,8]. Застосування розширених налаштувань та біологічного зворотного зв'язку підвищує точність під час виконання функціональних завдань, збільшує участь пацієнтів у їх реабілітації та зменшує потребу в постійному контакті з медичними працівниками для моніторингу виконання програм реабілітації.

Висновки. Включення бігової доріжки з біологічним зворотним зв'язком та розширеними налаштуваннями у реабілітаційний комплекс для пацієнтів із радикулопатією поперекового відділу хребта сприяє значному зменшенню больового синдрому, покращенню функціонального стану та відновленню рівноваги.

Урахування розширених налаштувань в сучасних моделях бігових доріжок, таких як сенсори для моніторингу рухів та програми з біологічним зворотним зв'язком, є ефективним доповненням до кінезіотерапії, що підвищує якість реабілітаційного процесу.

Перспективи подальших досліджень. Вивчення довгострокових ефектів застосування тренувань на бігівій доріжці з біологічним зворотним зв'язком, зокрема оцінка стійкості отри-

маних покращень і їхнього впливу на якість життя пацієнтів після завершення курсу реабілітації.

Джерела фінансування. Власні кошти авторів.

Внесок авторів:

Т. Г. Бакалюк – розробка ідеї та дизайну дослідження;

Н. Р. Макаруч – проведення огляду літератури та написання тексту;

О. М. Василевський – формування концепції дослідження;

Г. О. Стельмах – аналіз та обговорення результатів дослідження;

В. В. Вощенко – аналіз та обговорення результатів дослідження.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dolores musculoesqueléticos. Radiculopatías. Afectación de partes blandas. Artritis aguda / D. Sánchez Sendín et al. *Medicine – Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*. 2011. Vol. 10, no. 89. P. 6023–6040. URL: [https://doi.org/10.1016/s03045-412\(11\)70215-3](https://doi.org/10.1016/s03045-412(11)70215-3)
2. Treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. Clinical practice guidelines endorsed by The Polish Society of Spinal Surgery / D. Latka et al. *Neurologia i Neurochirurgia Polska*. 2016. Vol. 50, no. 2. P. 101–108. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pjnns.2015.12.001>
3. Characterization of the Incidence and Risk Factors for the Development of Lumbar Radiculopathy / A. J. Schoenfeld et al. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. 2012. Vol. 25, no. 3. P. 163–167. URL: <https://doi.org/10.1097/bsd.0b013e3182146e55>
4. Walking Performance during Concurrent Cognitive and Motor Tasks in Individuals with Nonspecific Chronic Low Back Pain: A Case-Control Study / L. Valizadeh et al.

- Medical Journal of The Islamic Republic of Iran*. 2023. URL: <https://doi.org/10.47176/mjiri.37.81>
5. Low Back Pain, a Comprehensive Review: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment / I. Urits et al. *Current Pain and Headache Reports*. 2019. Vol. 23, no. 3. URL: <https://doi.org/10.1007/s11916-019-0757-1>
6. Giggins O. M., Persson U., Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2013. Vol. 10, no. 1. P. 60. URL: <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-60>
7. Review of Real-Time Biomechanical Feedback Systems in Sport and Rehabilitation / M. Hribernik et al. *Sensors*. 2022. Vol. 22, no. 8. P. 3006. URL: <https://doi.org/10.3390/s22083006>
8. The Validity and Reliability of a Real-Time Biofeedback System for Lumbopelvic Control Training in Baseball Players / S.-M. Wang et al. *Sensors*. 2024. Vol. 24, no. 10. P. 3060. URL: <https://doi.org/10.3390/s24103060>

REFERENCES

1. Sánchez SD, Calderón MM, García Leoni ME, Palazuelos MV Dolores musculoesqueléticos. Afectación de partes blandas. *Medicine – Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*. 2011; 10(89): 6023–6040. DOI: 10.1016/s0304-5412(11)70215-3
2. Latka D, Miekisiak G, Jarmuzek P, Lachowski M, & Kaczmarczyk J. Treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. *Clinical practice guidelines endorsed by The Polish Society of Spinal Surgery. Neurologia i neurochirurgia polska*. 2016;50(2):101–108. DOI:10.1016/j.pjnns.2015.12.001
3. Schoenfeld AJ, Laughlin M, Bader JO, & Bono CM. Characterization of the incidence and risk factors for the development of lumbar radiculopathy. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2012; 25(3): 163–167. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182146e55

4. Valizadeh L, Mofateh R, Zahednejad S, Salehi R, Karimi M, & Mehravar M. Walking Performance during Concurrent Cognitive and Motor Tasks in Individuals with Nonspecific Chronic Low Back Pain: A Case-Control Study. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*. 2023; 37:81. DOI: 10.47176/mjiri.37.81
5. Urits I, Burshtein A, Sharma M, Testa L, Gold PA, Orhurhu V, et al. Low Back Pain, a Comprehensive Review: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Current pain and headache reports*. 2019; 23(3):23. DOI: 10.1007/s11916-019-0757-1
6. Giggins OM, Persson UM, & Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2013; 10:60. DOI: 10.1186/1743-0003-10-60

7. Hribernik M, Umek A, Tomažič S, & Kos A. Review of Real-Time Biomechanical Feedback Systems in Sport and Rehabilitation. *Sensors* (Basel, Switzerland). 2022; 22(8):3006. DOI: 10.3390/s22083006

8. Wang SM, Jiang PH, Chan KY, & Hsu WL. The Validity and Reliability of a Real-Time Biofeedback System for Lumbopelvic Control Training in Baseball Players. *Sensors* (Basel, Switzerland). 2024; 24(10):3060. DOI: 10.3390/s24103060

T. H. Bakalyuk, N. R. Makarchuk, O. M. Vasilevsky, H. O. Stelmakh, V. V. Voshchenko

Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine

THE EFFECT OF KINESIOTHERAPY ON THE RESTORATION OF MOTOR FUNCTIONS IN THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH LUMBAR RADICULOPATHY

SUMMARY. Treatment of lumbar radiculopathy is complex and multifaceted. One of the methods is kinesiotherapy, which helps to strengthen the muscle corset, improve spinal stability and reduce pain.

The aim – to evaluate the effect of kinesiotherapy using a treadmill with biofeedback and advanced settings on pain, restoration of motor functions and balance in patients with lumbar radiculopathy during rehabilitation.

Material and Methods. The study involved 41 patients diagnosed with lumbar radiculopathy, aged 45 to 55 years (mean age 47.53 ± 2.22 years), 29 men and 12 women, duration of the disease from 1 to 6 years. Patients included in the study underwent outpatient rehabilitation for 14 days. Patients were divided into two groups according to the “sequential numbers” method using a random number table to ensure objectivity and systematization of the results. Group 1 (20 patients) received a rehabilitation complex of therapeutic exercises, electrical stimulation and treadmill training. As for the Group 2 (21 patients), the standard AXELERO rehabilitation treadmill was replaced with a model with biofeedback and advanced settings Philips 7.0 T.

Results. The results obtained indicate a decrease in pain, functional limitations, and improvement in static and dynamic balance in both groups. However, the statistically significant changes were observed in Group 2, which may indicate the benefits of a rehabilitation complex with the inclusion of treadmill training with biofeedback and advanced settings.

Conclusions. The inclusion of a treadmill with biofeedback and advanced settings in the rehabilitation complex for patients with lumbar radiculopathy contributes to a significant reduction in pain, improvement of functional status and restoration of balance. Taking into account advanced settings in modern models of treadmills, such as sensors for monitoring movements and programs with biofeedback, is an effective addition to kinesiotherapy, which improves the quality of the rehabilitation process.

KEY WORDS: radiculopathy; motor function; rehabilitation; kinesiotherapy; treadmill; biofeedback.

Отримано 22.01.2025.

Електронна адреса для листування: tanita5d@ukr.net