

ТРЕНУВАННЯ БАЛАНСУ ПІД ЧАС ПРОТЕЗУВАННЯ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

©Г. О. Стельмах, Т. Г. Бакалюк, Н. Р. Макачук, А. Б. Пташнік

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України

РЕЗЮМЕ. Мета – оцінити ефективність методів фізичної терапії в передпротезній реабілітації щодо рівноваги та функціональних результатів у користувачів транстібіальних протезів.

Матеріал і методи. В дослідження включено 16 осіб після транстібіальної ампутації, які були оснащені транстібіальними протезами. Пацієнти проходили передпротезну підготовку в підгострому періоді реабілітації та навчались користуватись тимчасовими протезами. Діапазон віку пацієнтів становив від 24 до 44 років (середній вік $(32,2 \pm 2,2)$ років). Період після ампутації становив від 30 до 40 днів (в середньому $(36,4 \pm 1,7)$ дні). Було створено 2 групи: контрольну групу (КГ) в яку входило 7 осіб, яким проводилась планова стандартна реабілітація, яка включала базове тренування; експериментальну групу (ЕГ), в якій було 9 пацієнтів, яким до програми планової реабілітації додали вправи для тренування рівноваги на стабілоплатформі ТУМО.

Результати. На початку дослідження показники ВАШ, шкала балансу Берга та індекс Бартела статистично не відрізнялися між групами ($p > 0,05$). Після проведеного дослідження через 2 тижні відбулись зміни ВАШ, як в КГ, так і в ЕГ, показник ВАШ у КГ зменшився на 15,5 % в ЕГ зменшився на 37,5 %, достовірна різниця була в ЕГ ($p < 0,05$). Використання вправ на стабілоплатформі в ЕГ сприяло рівномірному розподілу навантаження на ампутований відрізок, що зменшило тиск та подразнення на тканини, які оточують куку, і допомогло зменшити больовий синдром. Також відбулись зміни через 14 днів в показниках шкали балансу Берга та індексу Бартела в ЕГ ($p < 0,05$). Додаткове застосування вправ на стабілоплатформі сприяє не тільки покращенню балансу, а й більшій функціональності ампутованої кінцівки.

Висновки. Включення в програму реабілітації у пацієнтів після транстібіальної ампутації, під час передпротезного навчання, тренування на стабілоплатформі сприяє зменшенню больового синдрому під час фізичної активності, покращенню рівноваги та якості повсякденного життя.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: транстібіальна ампутація; стабілоплатформа; тренування балансу; протезування; передпротезна реабілітація.

Вступ. Втрата нижньої кінцівки має серйозні наслідки для рухливості та виконання повсякденних обов'язків постраждалої особи. Це негативно впливає на її здатність до участі у суспільному житті та інтеграції. Найважливішою метою реабілітації людини з ампутацією нижньої кінцівки є відновлення рухливості та оптимального фізичного функціонування. Кінцевою метою реабілітації після втрати кінцівки є успішне пересування з використанням протеза [1].

Заміна рухів тіла людини протезними компонентами є складним завданням. Ампутація кінцівки збільшує потребу в постуральному контролі через збільшення асиметричного навантаження на неампутовану кінцівку [2].

Дефіцит контролю рівноваги є однією з найпоширеніших і серйозних проблем рухливості, з якою стикаються люди з втратою нижніх кінцівок. Тим не менш, динамічний постуральний контроль балансу серед осіб із втратою нижніх кінцівок залишається недостатньо вивченим [3].

Система постурального контролю повинна пристосуватися до втрати пропріоцептивної та соматосенсорної інформації з ампутованої кінцівки, а також до зміненої симетрії ваги, жорсткості суглобів і обмежень, пов'язаних із протезом [4]. Ці фактори порушують стратегії постурального контролю і можуть негативно вплинути на успішне ви-

конання відповідних реакцій, особливо в більш складних умовах.

Люди після ампутації нижньої кінцівки падають через низку різних причин, включаючи порушення опорної основи та внутрішні дестабілізуючі фактори, а також внаслідок зісковзування, спотикання та неадекватного перенесення ваги [5]. Незважаючи на високу частоту падінь у цій популяції, небагато досліджень щодо впливу фізичних вправ для покращення постурального контролю.

Протезна реабілітація має певні труднощі, що вимагає співпраці між фахівцями різних спеціальностей у межах міждисциплінарної реабілітаційної команди. Важливою умовою для мобільності користувача протеза є стабільна рівновага у вертикальному положенні, а вивчення рівноваги стоячи допомагає приймати клінічні рішення [6].

Мета роботи. Оцінити ефективність методів фізичної терапії в передпротезній реабілітації щодо рівноваги та функціональних результатів у користувачів транстібіальних протезів.

Матеріал і методи дослідження. В дослідження включено 16 осіб після транстібіальної ампутації, які були оснащені транстібіальними протезами. Пацієнти знаходились на передпротезній підготовці в підгострому періоді реабілітації та навчались користуватись тимчасовими протезами. Діапазон віку пацієнтів становив від 24 до

44 років (середній вік ($32,2 \pm 2,2$) років), всі пацієнти чоловічої статі. Період після ампутації становив від 30 до 40 днів (в середньому ($36,4 \pm 1,7$) дні). Пацієнти були хорошими кандидатами на протезування завдяки своїй мотивації та хорошему стану кукси.

Критерії включення пацієнтів у дослідження: транстібіальна ампутація однієї кінцівки; повне загоєння ампутованої кінцівки; залишковий біль у куксі за ВАШ не більше 5 балів за попередній тиждень під час фізичної активності; когнітивний рівень за шкалою MMSE не менше 20 балів; надання інформованої згоди на участь у дослідженні.

Критерії виключення пацієнтів з дослідження: нестабільні захворювання (наприклад, неконтрольований діабет, некомпенсовані серцеві проблеми, серцева недостатність або хронічне обструктивне захворювання легень); тяжка депресія (бал >30 в інвентаризації депресії Бека); відмова від участі у дослідженні.

Ціль реабілітації на досліджуваний період (14 днів перебування в стаціонарі під час передпротезної підготовки): тренування балансу, підтримання діапазону рухів, збільшення м'язової сили та витривалості в ампутованій кінцівці для максимально ефективного використання протеза, навчання користування протезом.

Застосовувались такі методи оцінювання: для оцінки больового синдрому під час фізичної активності – візуальна аналогова шкала (ВАШ); для оцінки рівноваги – шкала балансу Берга; для оцінки повсякденного життя – індекс Бартел.

Усі пацієнти підписали інформовану згоду і були дотримані правила безпеки пацієнтів, збереження прав та канонів людської гідності, а також морально-етичні норми відповідно до основних положень GCP, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1977 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964–2000 рр.) і наказом МОЗ України № 281 від 01.11.2000 р.

Методом рандомізації пацієнтів було поділено на 2 групи. Пацієнтам контрольної групи (КГ), в яку входило 7 осіб, проводилась планова стандартна реабілітація, яка включала базове тренування: вправи на зміцнення м'язів ампутованої кінцівки; вправи на збільшення діапазону рухів у колінному та кульшовому суглобі; тренування навичок рівноваги в положенні стоячи; опанування технік безпечного переміщення та навчання використання виготовленої протезної кінцівки. Реабілітація проводилась щоденно, 5 разів на тиждень по 90 хвилин (10 занять протягом досліджуваного періоду). До основної стандартної програми реабілітації в експериментальній групі (ЕГ), в якій було

9 пацієнтів, додали вправи для тренування рівноваги на стабілоплатформі ТУМО.

Стабілоплатформа ТУМО забезпечує безпечне середовище для балансування. Зусилля з балансування людини, що стоїть, доповнюються стабілізуючими силами, що діють на рівні таза в сагітальній і фронтальній площинах руху, що сприяють балансувальній діяльності м'язів колінного та кульшового суглобів. Опорні сили генеруються повністю за рахунок пасивних матеріалів, що піддаються деформації. Рівень підтримувальної сили можна змінювати від нуля до рівня, коли не потрібна ніяка балансуєча активність з боку суб'єкта, що стоїть. Крім того, рух у сагітальній та фронтальній площинах, який вимірюється датчиками, подається на електронний інтерфейс.

Пацієнти ЕГ виконували комп'ютерні завдання в ігровій формі щоденно протягом 20 хвилин 5 разів на тиждень (10 занять протягом досліджуваного періоду).

Аналіз й обробку статистичних даних результатів клінічних обстежень проводили на персональному комп'ютері з використанням пакета прикладних програм STATISTICA 10 та MS Excel 2021. Порівняння показників в групі проводилися за допомогою непараметричного методу Вілкоксона, а між групами – Манна – Уїтні. Різницю показників вважали вірогідною при показнику $p < 0,05$.

Результати. На початку дослідження показники ВАШ, шкала балансу Берга та індекс Бартела статистично не відрізнялися між групами ($p > 0,05$).

При визначенні больового синдрому під час фізичної активності на початку дослідження середній бал вираженості больового синдрому за ВАШ становив в КГ $4,5 \pm 0,2$; в ЕГ $4,8 \pm 0,2$. Після проведеного дослідження через 2 тижні відбулись зміни ВАШ, як в КГ, так і в ЕГ, показник ВАШ в КГ зменшився на 15,5 % в ЕГ зменшився на 37,5 %, достовірною різницею була в ЕГ ($p < 0,05$). Динаміка показників болю за ВАШ в КГ та ЕГ при проведенні реабілітації показана на рисунку 1.

Результати проведеного дослідження продемонстрували, що включення в програму реабілітації вправ на стабілоплатформі сприяло достовірному зменшенню больового синдрому під час фізичної активності, порівняно з базовою програмою реабілітації, оскільки вправи в ігровій формі допомагають кращій залученості пацієнта в реабілітацію і адаптації до використання протеза. Окрім того, під час виконання вправ на стабілоплатформі рівномірно розподіляється навантаження на ампутований відрізок, що зменшує тиск та подразнення на тканини, які оточують куксу, і, отже, також сприяє зменшенню болю.

Через 14 днів відбулись зміни в показниках шкали балансу Берга, в КГ показник збільшився

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення

на 9,2 %, в той час як ЕГ збільшився на 20 %, достовірною різниця була в ЕГ ($p < 0,05$). Динаміка показників шкали балансу Берга в КГ та ЕГ при проведенні реабілітації показана на рисунку 2.

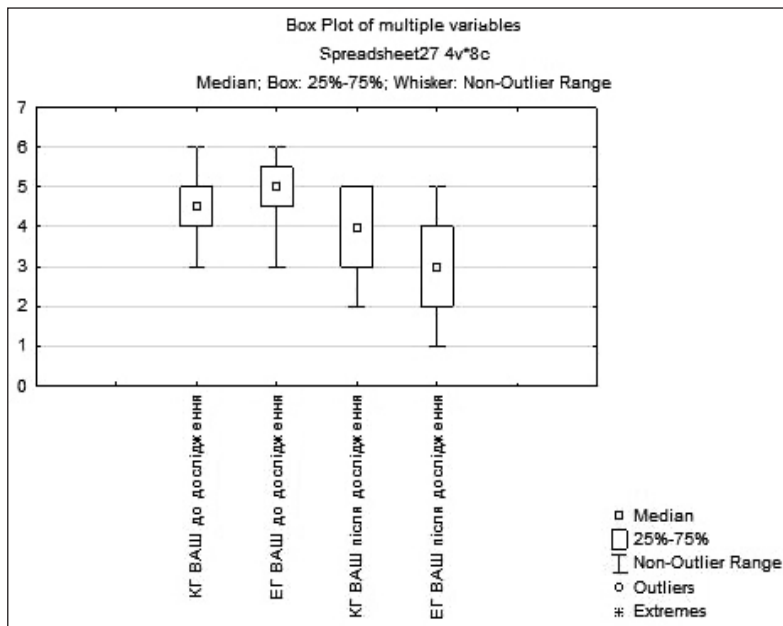


Рис. 1. Коробкова діаграма динаміки показників болю за ВАШ в КГ та ЕГ.

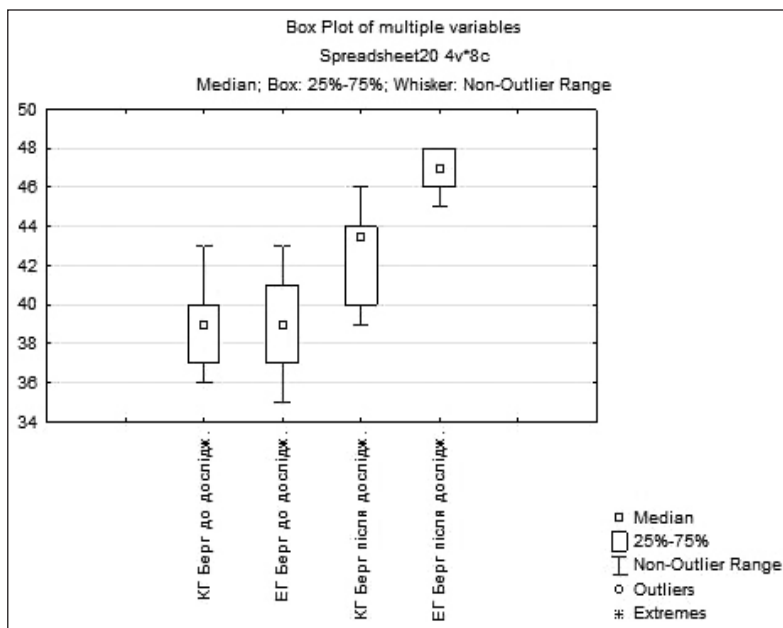


Рис. 2. Коробкова діаграма динаміки показників шкали балансу Берга в КГ та ЕГ.

Покращення показників за шкалою балансу Берга в ЕГ може свідчити про те, що тренування рівноваги за допомогою вправ на стабілоплатформі позитивно впливають на тренування м'язів, які підтримують проксимальні ділянки ампутованої кінцівки, і це покращує стабільність ампутованої кінцівки та зменшує ризик втрати рівноваги. Вправи на стабілоплатформі допомагають покращити координацію рухів та баланс, що, в свою чергу, сприяє покращенню показників шкали балансу

Берга. З покращенням стабільності та координації зменшується страх пацієнта перед падінням, що може дозволити йому більш впевнено виконувати завдання та вправи, які вимагають балансу.

Оцінювання повсякденного життя за допомогою індексу Бартела, не дивлячись на короткий проміжок часу, показало достовірні зміни в ЕГ ($p < 0,05$). Після проведеного дослідження індекс Бартела в КГ змінився на 4,9 %, в той час як в ЕГ на 17,9 % (рис. 3).

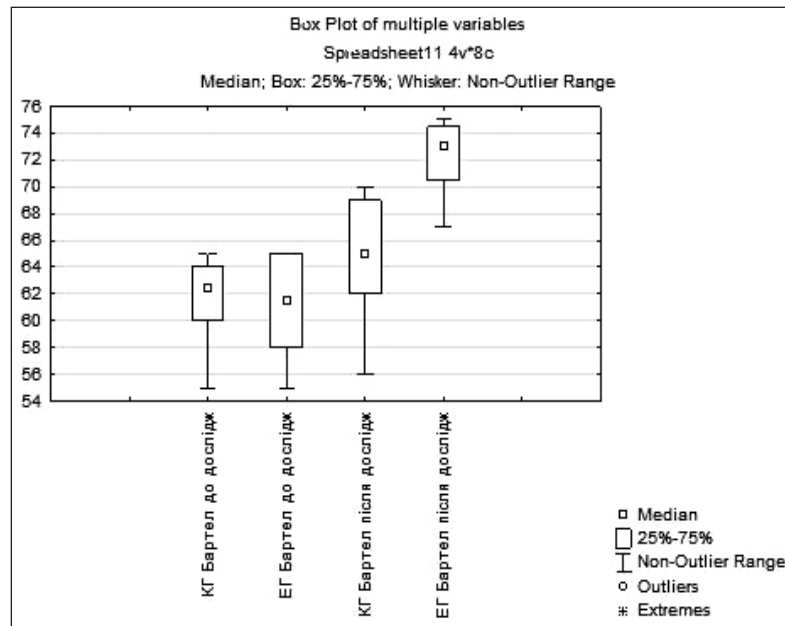


Рис. 3. Коробкова діаграма динаміки індексу Бартела в КГ та ЕГ.

Достовірне покращення показників індексу Бартела в ЕГ свідчить про те, що додаткове застосування вправ на стабілоплатформі сприяє покращенню функціональності ампутованої кінцівки і пацієнт стає більш самостійним у виконанні різних завдань повсякденного життя, а саме при одяганні та здійсненні гігієнічних процедур, в той час як пацієнти з КГ справлялись з такими завданнями менш ефективно.

Дані проведеного дослідження продемонстрували, що додаткове включення в програму передпротезної реабілітації вправ для тренування рівноваги за допомогою стабілоплатформи створює умови для покращення не тільки балансу, але і функціональності ампутованої кінцівки, це полегшує виконання різних повсякденних завдань та сприятиме більш активному та незалежному способу життя.

Наш підхід у проведенні реабілітації із застосуванням вправ на стабілоплатформі узгоджується і з іншими дослідженнями, а саме Volger D. et al. показали в своїй роботі, що дефіцит контролю рівноваги в осіб із втратою транстибіальної кінцівки може бути наслідком їхньої нездатності використовувати протезну ногу для створення сил, які за величиною та напрямком є такими ж, як і у здорових осіб. Усунення цього дефіциту, що створює силу, за допомогою технологічних або реабілітаційних інновацій може покращити контроль балансу [3].

Yigitler K. et al. на основі своїх досліджень обґрунтували, що пропріоцепція збільшується завдяки навантаженню на всю залишкову кінцівку та хорошему розподілу тиску на стінки лунки, що, у свою чергу, дозволяє людині з ампутацією мати кращий баланс із відкритими чи закритими очима [7].

Таким чином, фізичні вправи на стабілоплатформі можуть бути додатковим втручанням для покращення балансу під час повсякденної діяльності після втрати кінцівки.

Висновок. Включення в програму реабілітації у пацієнтів після транстибіальної ампутації, під час передпротезного навчання, тренування на стабілоплатформі сприяє зменшенню болювого синдрому під час фізичної активності, покращенню рівноваги та якості повсякденного життя.

Використання стабілоплатформи може бути частиною комплексної програми реабілітації, яка спрямована на зменшення болю, покращення балансу та вдосконалення функціональних можливостей ампутованої кінцівки. Це може допомогти пацієнтові вивчити нові стратегії руху та компенсувати втрату балансу через ампутацію.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується провести дослідження балансу у пацієнтів після ампутації нижньої кінцівки в період післяпротезної реабілітації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jamieson A. G. The Use of Physical Activity Outcomes in Rehabilitation Interventions for Lower Limb Amputees: a Systematic Review / A. G. Jamieson, L. Murray, A. Buis // *Canadian prosthetics & orthotics journal*. – 2020. – Vol. 3 (1). – P. 33931. DOI: 10.33137/cpoj.v3i1.33931.
2. Dynamic Balance Control (DBC) in lower leg amputee subjects; contribution of the regulatory activity of the prosthesis side / M. J. Nederhand, E. H. F. Van Asseldonk, H. van der Kooij, H. S. Rietman // *Clin. Biomech.* – 2012. – Vol. 27. – P. 40–45. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2011.07.008.
3. Bolger D. Individuals with transtibial limb loss use interlimb force asymmetries to maintain multi-directional reactive balance control / D. Bolger, L. H. Ting, A. Sawers // *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. – 2014. – Vol. 29 (9). – P. 1039–1047. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2014.08.007.
4. Schafer Z. A. A block randomised controlled trial investigating changes in postural control following a personalised 12-week exercise programme for individuals with lower limb amputation / Z. A. Schafer, N. Vanicek // *Gait & posture*. – 2021. – Vol. 84. – P. 198–204. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.12.001.
5. Risk Factors for Falls in Individuals With Lower Extremity Amputations During the Pre-Prosthetic Phase: A Retrospective Cohort Study / K. Vu, M. W. C. Payne, S. W. Hunter, R. Viana // *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*. – 2019. – Vol. 11 (8). – P. 828–833. DOI: 10.1002/pmrj.12046.
6. Guerra G. Correlates of Balance and Aerobic Indices in Lower-Limb Prosthesis Users on Arm Crank Exercise / G. Guerra, J. D. Smith // *Sensors (Basel)*. – 2021. – Vol. 21 (20). – P. 6917. DOI: 10.3390/s21206917.
7. Yiğiter K. Comparison of the effects of patellar tendon bearing and total surface bearing sockets on prosthetic fitting and rehabilitation / K. Yiğiter, G. Sener, K. Bayar // *Prosthetics and orthotics international*. – 2002. – Vol. 26 (3). – P. 206–212. DOI: 10.1080/03093640208726649.

REFERENCES

1. Jamieson, A. G., Murray, L., & Buis, A. (2020). The Use of Physical Activity Outcomes in Rehabilitation Interventions for Lower Limb Amputees: a Systematic Review. *Canadian prosthetics & orthotics journal*, 3(1), 33931. DOI: 10.33137/cpoj.v3i1.33931.
2. Nederhand, M.J., Van Asseldonk, E.H.F., van der Kooij, H., & Rietman, H.S. (2012). Dynamic Balance Control (DBC) in lower leg amputee subjects; contribution of the regulatory activity of the prosthesis side. *Clin. Biomech.*, 27, 40-45. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2011.07.008.
3. Bolger, D., Ting, L. H., & Sawers, A. (2014). Individuals with transtibial limb loss use interlimb force asymmetries to maintain multi-directional reactive balance control. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 29(9), 1039-1047. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2014.08.007.
4. Schafer, Z.A., & Vanicek, N. (2021). A block randomised controlled trial investigating changes in postural control following a personalised 12-week exercise programme for individuals with lower limb amputation. *Gait & posture*, 84, 198-204. DOI: 10.1016/j.gaitpost. 2020.12. 001.
5. Vu, K., Payne, M. W. C., Hunter, S. W., & Viana, R. (2019). Risk Factors for Falls in Individuals With Lower Extremity Amputations During the Pre-Prosthetic Phase: A Retrospective Cohort Study. *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*, 11(8), 828-833. DOI: 10.1002/pmrj.12046.
6. Guerra, G., & Smith, J.D. 2021 Correlates of Balance and Aerobic Indices in Lower-Limb Prosthesis Users on Arm Crank Exercise. *Sensors (Basel)*, 21(20), 6917. DOI: 10.3390/s21206917.
7. Yiğiter, K., Sener, G., & Bayar, K. (2002). Comparison of the effects of patellar tendon bearing and total surface bearing sockets on prosthetic fitting and rehabilitation. *Prosthetics and orthotics international*, 26(3), 206-212. DOI: 10.1080/03093640208726649.

BALANCE TRAINING DURING LOWER LIMB PROSTHESIS

©H. O. Stelmakh, T. H. Bakaliuk, N. R. Makarchuk, A. B. Ptashnik

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University

SUMMARY. The aim – to assess the effectiveness of physical therapy methods in pre-prosthetic rehabilitation regarding balance and functional outcomes in users of transtibial prostheses.

Material and Methods. The study included 16 people after transtibial amputation who were equipped with transtibial prostheses. The patients were in pre-prosthetic training in the subacute period of rehabilitation and were learning to use temporary prostheses. The age range of the patients was from 24 to 44 years (mean age 32.2±2.2 years). The period after amputation was 30 to 40 days (on average 36.4±1.7 days). 2 groups were created: the control group (CG), which included 7 people who underwent planned standard rehabilitation, which included basic training; the experimental group (EG), in which there were 9 patients, who were added to the scheduled rehabilitation program with balance training exercises on the TYMO stability platform.

Results. At the beginning of the study, the VAS indicators, the Berg balance scale and the Barthel index did not statistically differ between the groups ($p>0.05$). After the study, after 2 weeks there were changes in VAS, both in CG and

Огляди літератури, оригінальні дослідження, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення

in EG, the indicator of VAS in CG decreased by 15.5 % in EG decreased by 37.5 %, there was a significant difference in EG ($p < 0.05$). The use of exercises on a stable platform in EG contributed to the even distribution of the load on the amputated segment, which reduced pressure and irritation on the tissues surrounding the stump and helped to reduce the pain syndrome. There were also changes after 14 days in the indicators of the Berg balance scale and the Barthel index in EG ($p < 0.05$). Additional use of exercises on a stable platform contributes not only to improving balance, but also to greater functionality of the amputated limb.

Conclusions. Inclusion in the rehabilitation program of patients after transtibial amputation, during preprosthetic training, training on a stable platform contributes to the reduction of pain syndrome during physical activity, improvement of balance and quality of everyday life.

KEY WORDS: transtibial amputation; stable platform; balance training; prosthetics; pre-prosthetic rehabilitation.

Отримано 15.04.2024

Електронна адреса для листування: tanita5d@ukr.net