

ОЦІНЮВАННЯ СТРУКТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ М'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ У ПОРАНЕНИХ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ІЗ САРКОПЕНІЄЮ ТА НАСЛІДКАМИ ТРАНСТІБІАЛЬНОЇ АМПУТАЦІЇ ПІД ВПЛИВОМ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ

Лісовський Р.Р., Мокров К.О.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Актуальність. Інтенсивна терапія поранених військовослужбовців із політравмами та ампутаціями супроводжується ризиком розвитку вторинної саркопенії внаслідок тривалої іммобілізації, системного запалення, гіперкатаболізму та недостатнього харчування.

Мета. Визначити ефективність розробленої програми фізичної терапії за структурно-функціональними показниками м'язової тканини у поранених військовослужбовців з ампутацією та вторинною саркопенією.

Матеріали та методи. До контрольної групи увійшло 36 здорових чоловіків. До досліджуваної групи увійшло 59 поранених військовослужбовців із транстібіальною ампутацією та саркопенією, яких поділили на дві підгрупи. Група 1 проходила стандартну 12-тижневу реабілітацію, група 2 – 12-тижневу комплексну програму фізичної терапії з компонентами корекції саркопенії (силові тренування, корекція харчування). Для оцінювання використовували антропометричні методи, ультразвукове дослідження м'язів та комп'ютерну томографію. Робота є фрагментом дослідження Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника «Покращення функціонального стану, якості життя та корекція патологічних станів різного походження засобами терапії та реабілітації» (2023–2026), № державної реєстрації 0123U01534.

Етика дослідження. Дослідження проводилося з урахуванням принципів Гельсінської декларації, з отриманням інформованої згоди на участь у ньому; протокол затверджений комісією з біоетики.

Результати. При первинному обстеженні у поранених було визначено зменшення обхватних розмірів кінцівок, зменшення товщини м'язових волокон (за даними ультразвукового визначення товщини двоголового м'яза, триголового м'яза, плечепроменевого м'яза, прямого м'яза стегна та їх ехогенності) та їх площі (за результатами визначення площі поперечного перерізу m. psoas методом комп'ютерної томографії та розрахунку скелетно-м'язового індексу). Після реабілітації в обох підгрупах спостерігали позитивну динаміку, однак у групі 2 результати були статистично кращими. Приріст маси тіла становив $[6,03 \pm 0,39]$ кг проти $[4,63 \pm 0,50]$ кг у групі 1; достовірно більше зростали обхватні розміри сегментів кінцівок, товщина основних м'язових груп за даними УЗД, покращувалася їх ехогенність. Скелетно-м'язовий індекс у групі 2 зріс до $[54,12 \pm 1,44]$ cm^2/m^2 , перевищивши нижню межу саркопенії.

Висновки. Розроблену програму фізичної терапії доцільно призначати для корекції антропометричних, ультразвукових, томографічних ознак саркопенії у поранених військовослужбовців з наслідками транстібіальної ампутації.

Ключові слова: реабілітація, м'язова тканина, військова травма, опорно-руховий апарат.

Відповідальний автор: Лісовський Р.Р.
✉ 57, вул. Шевченка, м. Івано-Франківськ,
76018, Україна.
E-mail: ifrehabplus@gmail.com

Corresponding author: Lisovskyi R.R.
✉ 57, Shevchenko str., Ivano-Frankivsk,
76018, Ukraine.
E-mail: ifrehabplus@gmail.com



Цитуйте українською: Лісовський РР, Мокров КО.

Оцінювання структурних показників м'язової тканини у поранених військовослужбовців із саркопенією та наслідками транстібіальної ампутації під впливом фізичної терапії. Експериментальна і клінічна медицина. 2025;94(3):98-110.

<https://doi.org/10.35339/ekm.2025.94.3.lim>

Cite in English: Lisovskyi RR, Mokrov K.O.

Assessment of structural parameters of muscle tissue in wounded military with sarcopenia and consequences of transtibial amputation under the influence of physical therapy. Experimental and Clinical Medicine. 2025;94(3):98-110.

<https://doi.org/10.35339/ekm.2025.94.3.lim> [in Ukrainian].

Вступ

Інтенсивна терапія та реабілітація поранених військовослужбовців із політравмами та ампутаціями є тривалим процесом і пов'язана з подоланням численних ускладнень. Особливу роль відіграє втрата м'язової маси тіла та розвиток білково-енергетичної недостатності, що є частим станом, який розвивається у пацієнтів реанімаційного відділення у випадку більш-менш тривалої потреби в інтенсивній терапії [1; 2].

Саркопенія є одним із найважчих ускладнень критичних станів. Вона є синдромом, що характеризується прогресуючою та генералізованою втратою маси скелетної мускулатури та порушенням її нормального функціонування зі збільшенням ризику розвитку таких несприятливих наслідків, як виражене зниження фізичної активності, зменшення якості життя та збільшення ризику летального результату [1; 3]. Цей феномен пов'язаний із старінням (первинна саркопенія) або може бути наслідком різних патологічних станів (вторинна саркопенія) – захворювань, травм, відсутності м'язової активності, неповноцінного харчування [1; 4; 5].

Причинами саркопенії у поранених можуть бути такі фактори: іммобілізація (обмеження рухової активності призводить до атрофії м'язів через 5–10 днів), системне запалення (після травми активується імунна відповідь – підвищуються рівні цитокінів (IL-6, TNF- α), що спричиняє розпад м'язового білка), гіперкатаболізм (травматичне ураження спричиняє стресову відповідь організму з підвищеним рівнем кортизолу, що стимулює розщеплення м'язової тканини), недостатнє харчування (поранені часто мають порушення апетиту, проблеми з травленням або потребують штучного харчування; дефіцит білка й енергії пришвидшує втрату

м'язів), психологічні фактори (депресія, пост-травматичний стресовий розлад та інші психоемоційні стани після поранення можуть знижувати мотивацію до руху та прийому їжі) [3; 5; 6]. Функціональними наслідками саркопенії є слабкість м'язів, пов'язані з нею утруднення при вставанні, ходьбі, підтриманні рівноваги, зменшення маси тіла (особливо м'язового її компонента) та підвищений ризик ускладнень: інфекцій, тромбозів, пролежнів [1; 6; 7].

Саркопенія швидко виникає та прогресує упродовж перебування пацієнта у критичному стані; чим більша тривалість перебування пацієнта у критичному стані, тим менше м'язової маси у нього залишається. Це один з основних синдромів, що зустрічаються в осіб, які перебували у відділенні інтенсивної терапії – упродовж 10 днів перебування хворого в реанімації він втрачає 17 % м'язової маси стегна [3]. Характерно, що м'язова атрофія відбувається при критичному захворюванні протягом усього періоду госпіталізації. Середня швидкість втрати площі поперечного перерізу м'язів не сповільнюється після виписки з відділення інтенсивної терапії, навіть за умови активної реабілітації [8].

Транстібіальна ампутація кінцівки призводить до порушення статодинамічної функції даної кінцівки й тіла загалом, а також до цілого ряду загальних змін в організмі. Аналіз результатів протезування пацієнтів з ампутаціями нижніх кінцівок продемонстрував появу типових для них порушень здоров'я, перелік і структура яких змінюються залежно від віку, рівня ампутації, виразності анатомо-функціональних порушень, наявності надлишкової маси тіла, супутніх захворювань, травм контралатеральної кінцівки, стану кукси, протезування тощо [9; 10].

Все перераховане змінює функціональний стан м'язової тканини та подальшу переносимість фізичного навантаження, що є важливим фактором повноцінної реабілітації.

Ситуацію у поранених військовослужбовців посилюють ускладнення внаслідок політравми, які можуть бути пов'язані з початковою тяжкістю травми, психологічними порушеннями, супутніми соматичними захворюваннями, вадами та захворюваннями кукси, травмами суглобів, помилками у виборі рівня та способу ампутації, нераціональним протезуванням. Все вищезгадане негативно впливає на біомеханіку ходи, енерговитрати при ходьбі на протезі, ступінь толерантності до фізичного навантаження, якість життя та перспективи працевлаштування [9; 10].

Фізична терапія в поєднанні з адекватним протезуванням є основним чинником успішної реабілітації осіб з ампутаціями [9–11]. Ефективність корекції саркопенії засобами фізичної терапії в осіб похилого віку з різною коморбідною патологією як показник геріатричного статусу висвітлено в ряді робіт [12–14]. Разом з тим, методам фізичної терапії осіб молодого віку з вторинною саркопенією, зокрема поранених військовослужбовців із наслідками політравми та ампутаціями, приділено недостатньо уваги, що визначило актуальність представленого дослідження.

Метою дослідження було визначення ефективності розробленої комплексної програми фізичної терапії за структурно-функціональними показниками м'язової тканини у поранених військовослужбовців із саркопенією та наслідками ампутації нижньої кінцівки на рівні гомілки.

Матеріали та методи

У дослідженні взяли участь 95 чоловіків-військовослужбовців Збройних сил України.

До контрольної групи (КГ) увійшли 36 чоловіків віком $[28,4 \pm 2,7]$ років ($[22–42]$ року) з відсутністю виражених скелетно-м'язових порушень (здорові особи).

До досліджуваної групи (ДГ) увійшли 59 чоловіків віком $[30,5 \pm 3,0]$ років ($[24–46]$ років) – поранені військовослужбовці з транстібіальною ампутацією та саркопенією. Рандомізовано вони були поділені

на дві підгрупи. Досліджувану групу 1 (ДГ1) склали 30 чоловіків, які проходили реабілітацію тривалістю 12 тижнів згідно зі стандартними принципами підготовки кукси до протезування та адаптації кукси до тимчасового протеза, навчання пересуванню на ньому (терапевтичні вправи на зміцнення м'язів кукси; вправи для збільшення діапазону рухів у колінному та кульшовому суглобах; тренування статичної та динамічної рівноваги в положенні стоячи; підготовка кукси до протезування; опанування технік безпечного переміщення на милицях та навчання користування протезом). Для представників досліджуваної групи 2 (ДГ2) – 29 чоловіків – була розроблена комплексна програма фізичної терапії тривалістю 12 тижнів, яка, крім цього, включала комплекс втручань із подолання саркопенії.

Критеріями включення були:

- в анамнезі суворий ліжковий режим з обмеженням рухової активності не менше 28 днів (включно з лікуванням у відділенні інтенсивної терапії – стан, асоційований з перебігом політравми; передумова виникнення саркопенії, асоційованої з критичним станом та гіподинамією);

- вторинна саркопенія;

- ампутація гомілки (транстібіальна) на рівні верхньої або середньої третини;

- когнітивна збереженість;

- залишковий біль у куksі не більше 5 балів;

- збереженість функцій верхніх кінцівок (осьове навантаження, хапання та утримання предметів);

- можливість самостійного пересування за допомогою двох милиць;

- підгострий період реабілітації – підготовка до первинного протезування та період адаптації до тимчасового протеза;

- згода на участь у дослідженні.

Критеріями виключення були:

- черепно-мозкова травма середнього або важкого ступеня;

- когнітивні порушення середнього або важкого ступеня;

- опікова травма II–IV ступеня;

- спинно-мозкова травма;

- некориговане ушкодження збереженої нижньої кінцівки на момент обстеження,

що впливало на можливість вертикалізації та самостійного пересування;

– наявність гастро- або колостоми на момент первинного обстеження;

– вік старше 60 років (первинна саркопенія);
– відмова від участі у дослідженні.

Була розроблена програма фізичної терапії тривалістю 12 тижнів (табл. 1).

Таблиця 1. Структура розробленої програми фізичної терапії для поранених військовослужбовців із саркопенією та транстігальною ампутацією

Компонент/ період втручання	1–4 тиждень (допротезна підготовка)	5–8 тиждень (період адаптації)	9–12 тиждень
Формат втручання	Стаціонарний	Амбулаторний, самостійні заняття	Самостійні заняття за наданою програмою, контроль – телереабілітація
Частота втручання	Щоденно (90 хв)	Щоденно (60 хв)	Тричі на тиждень (60 хв)
Мета реабілітації	Підготовка кукси до протезування. Навчання користування протезом. Зменшення явищ саркопенії. Покращення рівноваги. Збільшення сили верхніх та нижніх кінцівок, тулуба. Покращення діапазону рухів у суглобах. Збільшення витривалості. Покращення психоемоційного стану.	Адаптація кукси до протеза. Навчання ходи на протезі з використанням допоміжних засобів пересування. Збільшення сили верхніх та нижніх кінцівок, тулуба. Покращення діапазону рухів у суглобах. Збільшення витривалості. Покращення психоемо- ційного стану.	Навчання ходи на протезі з обмеженим використанням допоміжних засобів пересування. Збільшення сили верхніх та нижніх кінцівок, тулуба. Збільшення фізичної витривалості та працездатності.
Тривалість сесії	90 хв	60 хв	60 хв
1. Програма терапевтичних вправ			
1.1. Обов'язкова частина (корекція змін, пов'язаних із саркопенією та ампутацією) – колове тренування	Силові вправи для верхніх та нижніх кінцівок ([25–30] % часу заняття). Вправи для покращення діапазону рухів в ампутованій кінцівці ([10–15] %). Тренування рівноваги і ходи ([15–20] % часу заняття). Вправи для покращення координації рухів.	Силові вправи ([30–40] % часу заняття). Вправи для покращення діапазону рухів в ампутованій кінцівці ([10–15] %). Тренування рівноваги і ходи ([25–30] % часу заняття).	Силові вправи ([40–50] % часу заняття). Вправи для покращення діапазону рухів в ампутованій кінцівці ([5–10] %). Тренування рівноваги і ходи ([10–15] % часу заняття).
Варіативна частина (індивідуалізована реабілітація ознак політравми)	Дихальні вправи (подолання наслідків дихальних дисфункцій після перебування у критичному стані). Силові вправи для тулуба. Вправи для покращення діапазону рухів у суглобах хребта, кінцівок. Вправи для покращення координації рухів.	Силові вправи для тулуба. Вправи для покращення діапазону рухів у суглобах хребта, кінцівок. Вправи для покращення координації рухів.	
2. Втручання в ділянці кукси	Протинабрякові заходи (компресійне бинтування). Мобілізація рубця. Інструментальна мобілізація м'яких тканин кукси. Загартування кукси вагою, фактурою. Електроімістимуляція. Самоменеджмент кукси (самостійне загартування, самоконтроль стану кукси).	Самоменеджмент кукси.	
3. Освітній компонент	Розширення щоденної фізичної активності (прогулянки, пересування сходами тощо) та побутових активностей (зменшення вираженості залежності від інших осіб). Рекомендації щодо харчування (збільшення кількості споживаного білка [1,2–2,0] г на 1 кг на добу, енергетична та компонентна повноцінність (вітаміни Д, С, цинк тощо))		

Застосовані вправи були призначені для розвитку витривалості та швидкості ходи (зі збільшенням відстані, можливістю піднімання на вищі поверхи), гнучкості (динамічного та статичного розтягування основних груп м'язів), сили (концентричні/ексцентричні динамічні вправи для зміцнення ключових груп м'язів (підшовні згиначі, розгиначі коліна, розгиначі стегна, згиначі, відвідні та привідні м'язи, м'язи живота) – присідання, підйоми гантелей, підйоми на ноги, відведення стегон, з додатковим використанням еспандерів, гантелей, вправ з медицинболом на терапевтичному ребондері), динамічної рівноваги (піднімання предметів з підлоги, балансування на нестабільній поверхні), витривалості (хода, велоергометр). Заняття були персоналізовані відповідно до ступеня опору, положення тіла (наприклад, щодо руху під дією сили тяжіння або проти неї, або сидячи чи стоячи) та індивідуально оцінені відповідно до прогресу.

Стан обстежених пацієнтів досліджуваної групи оцінювали в динаміці: перше – вихідне, перед застосуванням розробленої програми фізичної терапії (ФТ) (первинне), друге – етапне, через 4 тижні впровадження програми (на етапі первинного протезування), третє – заключне (через 12 тижнів втручання) – за показниками, які характеризують структурно-функціональний стан м'язової системи. У процесі впровадження програми здійснювали поточне оцінювання стану пацієнтів та повноти досягнення ними індивідуальних цілей.

Обстеження пацієнтів здійснювали за такою схемою:

1. Антропометричні виміри використані для визначення індивідуальної динаміки порівняно з попереднім показником маси тіла, середніх між правою та лівою кінцівками обхватних розмірів на рівні середини плеча, передпліччя; різниці обхватних розмірів травмованої та збереженої кінцівок на рівні середини стегна; обхвату на рівні середини гомілки збереженої кінцівки; середньої товщини підшкірної складки триголового м'яза, животі на рівні пупка.

2. Ультразвукова діагностика (УЗД) виконана на апараті експертного класу "TOSHIBA APLIO 500" (Toshiba, Японія) лікарем функціональної діагностики для вимірювання товщини двоголового м'яза, триголового м'яза, плечепроменевого м'яза та їх ехогенності усереднено між двома верхніми кінцівками, прямого м'яза стегна – диференційовано для збереженої та травмованої кінцівок, за критеріями модифікованої шкали Гекматта за стандартними правилами [15]. Враховуючи відсутність нормативних діагностичних критеріїв з ультразвукової діагностики саркопенії, було проведено оцінку контрольної групи [16].

Отримані в контрольній групі значення товщини м'язів (наприклад, двоголового м'яза плеча – $[1,72 \pm 0,26]$ см) є нижчими за окремі літературні референтні дані $[2,5-4,0]$ см, що пояснюється особливостями застосованої методики: вимірювання проводилось без компресії м'язних тканин датчиком, у суворо стандартизованих анатомічних точках, у положенні пацієнта лежачи з розслабленими м'язами. Референтні значення в літературі суттєво варіюють залежно від методики (ступінь компресії, позиція пацієнта, рівень вимірювання, тип обладнання), що унеможливорює пряме порівняння абсолютних цифр без урахування протоколу дослідження. У межах даної роботи всі вимірювання виконані одним фахівцем за уніфікованим протоколом, що забезпечує внутрішню валідність та коректність порівняння між групами. Крім того, контрольна група була сформована з військовослужбовців, що могло вплинути на морфофункціональні характеристики м'язової тканини порівняно із загальнопопуляційними нормами.

3. Комп'ютерна томографія (КТ) на апараті "SOMATOM go.Up" ("Siemens Healthineers", Німеччина) на рівні $L_{III}-L_{IV}$ хребців: вимір площі поперечного перерізу m. psoas (поперековий м'яз), визначення скелетно-м'язового індексу SMI (skeletal muscle index, співвідношення площі поперечного перерізу m. psoas до квадрата зросту (в нормі для чоловіків становить $[52-55]$ cm^2/m^2);

оцінювання результатів здійснено лікарем-рентгенологом [17]. КТ виконували у підгрупах пацієнтів, відібраних із досліджуваних груп (ДГ1 та ДГ2), по 15 осіб у кожній ($n=30$). Відбір здійснювали з урахуванням можливості проведення інструментального обстеження та з метою зменшення променевого навантаження на загальну вибірку. Відбір пацієнтів здійснювали методом простої випадкової вибірки (simple random sampling) із числа осіб, які відповідали критеріям включення та не мали додаткових протипоказань до проведення КТ. Для зменшення променевого навантаження дослідження проводили двічі: на початковому етапі та після завершення 12-тижневого курсу фізичної терапії. Використовували стандартні клінічні протоколи комп'ютерної томографії з контрольованою дозою опромінення, що відповідає принципам ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Очікуване сумарне променеве навантаження не перевищувало допустимих діагностичних рівнів і було обґрунтоване клінічною необхідністю оцінки динаміки м'язової тканини.

Статистичну обробку здійснювали у програмному пакеті Statistica 12 (Tibco Software, США). Оцінку нормальності розподілу здійснювали з допомогою критерію Шапіро–Вілкса. Дані, розподілені згідно із законом нормального розподілу, представлені у вигляді «середнє $\pm$ стандартне квадратичне відхилення», а для даних, розподіл яких відрізняється від нормального, наведені медіанні значення та 25 %, 75 % квантілі. Для порівняння двох вибірок з ненормальним розподілом використовували критерій Манна–Уїтні. Для порівняння двох вибірок із нормальним розподілом використовували t-критерій.

Етика дослідження

Протокол дослідження було обговорено та схвалено на засіданні комісії з біоетики Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Усі пацієнти підписали інформовану згоду; були дотримані правила безпеки пацієнтів, збереження прав та канонів людської гідності, а також морально-етичні норми відповідно до

основних положень належної клінічної практики (Good Clinical Practice), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1977), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964–2024 рр.) та наказу Міністерства охорони здоров'я України № 281 від 01.11.2000.

Результати

Показники антропометричного та соматометричного обстеження є групою методик, які характеризують стан тканин, зокрема м'язової, в динаміці. Проте втрата сегмента кінцівки частину з них (визначення маси тіла, біоімпедансне обстеження) зробила невалідними, що звузило ресурс методів діагностики.

Враховуючи різницю в первинному стані пацієнтів (до поранення), а також можливість різного клінічного перебігу політравми, частину антропометричних досліджень оцінювали як різницю приросту показників порівняно з первинним обстеженням та параметрами на момент виконання первинного протезування.

Маса тіла є найпростішим методом оцінки, який характеризує динаміку параметрів саркопенії, оскільки засвідчує збільшення у більшій або меншій мірі всіх компонентів. При визначенні маси тіла відзначено, що її приріст у ДГ2 упродовж 12 тижнів спостереження становив $[6,03 \pm 0,39]$ кг, що було статистично кращим результатом порівняно з ДГ1 ($[4,63 \pm 0,50]$ кг), $p < 0,05$ (табл. 2). Зазначений приріст маси тіла є результатом комплексних змін складу тіла і не може розглядатися виключно як збільшення жирової тканини. Зокрема, поряд зі збільшенням товщини підшкірної жирової складки, що відображає відновлення енергетичних резервів організму після тривалого катаболічного стану, було зафіксовано достовірне покращення показників м'язової тканини за даними інструментальних методів дослідження.

Аналіз динаміки обхватних розмірів продемонстрував, що вже на момент другого обстеження (етап первинного протезування) була визначена статистично значуща ($p < 0,05$) перевага в обхватних розмірах плеча,

передпліччя, збережених гомілки та стегна у поранених, реабілітація яких передбачала корекцію саркопенії, порівняно із загальною програмою ФТ. Ця тенденція зберігалася упродовж періоду опанування первинного протеза у вигляді приросту абсолютних цифрових показників обхватних розмірів кінцівок, що поєднувалося зі зменшенням різниці обхватних розмірів стегон збереженої та травмованої кінцівок (табл. 2).

Зменшення явищ виснаження та саркопенії також супроводжувалося збільшенням упродовж періоду реабілітації товщини підшкірної жирової складки на біцепсі в ДГ1 – на 47,3%, у ДГ2 – на 84,8%, на животі на рівні пупка – відповідно на 55% та 67,5% (табл. 2).

Аналіз динаміки параметрів ультразвукового обстеження м'язової тканини продемонстрував, що явища саркопенії проявлялися у зменшенні товщини м'язових волокон та у патологічній зміні їхньої ехогенності, що засвідчує наявність дистрофічних та дегенеративних змін (табл. 3).

Позитивний вплив програми фізичної терапії проявився у достовірному ($p < 0,05$) збільшенні товщини волокон основних м'язових груп на етапах підготовки та проведення первинного протезування у поранених військовослужбовців із саркопенією: усередненої між двома боками товщини двоголового м'яза плеча в ДГ1 – на 70,8 %, ДГ2 – на 118,2 %, триголового м'яза плеча – відповідно на 96,2 % та 112,5 %, плечепроменевого м'яза – на 68,5 % та 127,5 %, прямого м'яза стегна збереженої кінцівки – на 128,6 % та 141,5 %, прямого м'яза стегна травмованої кінцівки – на 156,8 % та 180,0 % (табл. 3).

Одночасно зі збільшенням товщини покращилася ехогенність досліджуваних м'язів, що засвідчує зменшення у них дистрофічних та запальних змін тощо. Найменшу неоднорідність структури м'язових волокон під час заключного обстеження продемонстрували представники ДГ2, що засвідчує переваги її використання (табл. 3).

Таблиця 2. Динаміка параметрів антропометричного обстеження військовослужбовців із саркопенією та наслідками транстібіальної ампутації під впливом фізичної терапії

Параметр антропометрії	КГ	ДГ1			ДГ2		
		1-ше обстеження	2-ге обстеження	3-тє обстеження	1-ше обстеження	2-ге обстеження	3-тє обстеження
Маса тіла, збільшення в кг			2,62±0,15	4,63±0,50●		3,55±0,49	6,03±0,39●*
Обхват плеча, збільшення в см			1,48±0,32	3,01±0,54●		2,08±0,40	4,12±0,25●*
Обхват передпліччя, збільшення в см			1,12±0,16	2,53±0,38●		1,88±0,42	3,41±0,29●*
Обхват збереженого стегна, збільшення в см			2,13±0,50	3,66±0,67●		3,82±0,66	5,42±0,74●*
Різниця між обхватами стегон, порівняно зі збереженим, см			-2,64±0,40	-1,76±0,25●		-1,76±0,51	1,12±0,20●*
Обхват збереженої гомілки, збільшення в см			1,58±0,36	2,29±0,79●		2,26±0,48	4,12±0,51●*
Товщина жирової складки на триголовому м'язі плеча, мм	19,67±2,16	8,21±0,65*	9,29±0,51*○	12,09±0,43*●	8,56±0,37*	10,60±0,46*○	15,82±1,06*●*
Товщина жирової складки на животі, мм	29,56±2,08	13,10±2,31*	16,51±1,28*○	20,30±1,41*●	14,16±2,37*	19,19±2,15*○	23,72±1,08*●*

Примітки:

КГ – контрольна група;

ДГ1 – досліджувана група 1;

ДГ2 – досліджувана група 2;

* – $p < 0,05$ порівняно з КГ;

○ – $p < 0,05$ порівняно з 1-м обстеженням;

● – $p < 0,05$ порівняно з 2-м обстеженням;

* – $p < 0,05$ порівняно з відповідним показником ДГ.

Таблиця 3. Динаміка параметрів ультразвукового обстеження м'язової тканини військовослужбовців із саркопенією та наслідками транстібіальної ампутації під впливом фізичної терапії

УЗД параметр м'язового волокна	КГ	ДГ1			ДГ2		
		1-ше обстеження	2-ге обстеження	3-тє обстеження	1-ше обстеження	2-ге обстеження	3-тє обстеження
Товщина двоголового м'яза плеча, см	1,72±0,26	0,72±0,09*	1,05±0,06*○	1,23±0,08*●	0,66±0,08*	1,19±0,07*○	1,44±0,11*●*
Ехогенність двоголового м'яза плеча, ступінь	1 [1,0; 1,0]	2,5 [2,0; 3,0]*	2,0 [1,0; 3,0] *○	1,0 [1,0; 2,0] *●	2,0 [1,0; 3,0]*	1,0 [1,0; 2,0] *○	1 [1,0; 1,0] *●*
Товщина триголового м'яза плеча, см	1,36±0,41	0,52±0,06*	0,79±0,10*○	1,02±0,07*●	0,56±0,09●	1,01±0,09*○	1,19±0,06*●*
Ехогенність триголового м'яза плеча, ступінь	1 [1,0; 1,0]	2,5 [2,0; 3,0]*	2,0 [2,0; 3,0] *○	1,0 [1,0; 2,0] *●	2,0 [2,0; 3,0]*	1,5 [1,0; 2,0] *○	1 [1,0; 2,0] *●*
Товщина плечепроменевого м'яза, см	1,45±0,26	0,54±0,08*	0,66±0,05*	0,91±0,06*●	0,51±0,11*	0,81±0,08*○	1,16±0,08*●*
Ехогенність плечепроменевого м'яза, ступінь	1 [1,0; 1,0]	2,0 [2,0; 3,0]*	1,5 [1,0; 2,0] *○	1,0 [1,0; 1,0] *●	2,0 [2,0; 3,0]*	1,0 [1,0; 2,0] *○	1 [1,0; 1,0] *●*
Товщина прямого м'яза стегна збереженої кінцівки, см	1,71±0,15	0,49±0,08*	0,65±0,06*○	1,12±0,06*●	0,53±0,08*	0,90±0,07*○	1,28±0,08*●*
Ехогенність прямого м'яза стегна збереженої кінцівки, ступінь	1 [1,0; 1,0]	2,0 [2,0; 3,0]*	2,0 [1,0; 3,0] *○	1,0 [1,0; 2,0] *●	2,0 [2,0; 3,0]*	1,0 [1,0; 2,0] *○	1 [1,0; 1,0] *●*
Товщина прямого м'яза стегна травмованої кінцівки, см	1,71±0,14	0,37±0,04*	0,59±0,09*○	0,95±0,05*●	0,40±0,07*	0,92±0,08*○	1,12±0,06 *●*
Ехогенність прямого м'яза стегна травмованої кінцівки, ступінь	1 [1,0; 1,0]	2,5 [2,0; 3,0]*	2,0 [2,0; 3,0] *○	1,0 [1,0; 2,0] *●	2,0 [2,0; 3,0]*	1,5 [1,0; 2,0] *○	1 [1,0; 2,0] *●*

Примітки:

УЗД – ультразвукове дослідження;

КГ – контрольна група;

ДГ1 – досліджувана група 1;

ДГ2 – досліджувана група 2;

* – $p < 0,05$ порівняно з КГ;

○ – $p < 0,05$ порівняно з 1-м обстеженням;

● – $p < 0,05$ порівняно з 2-м обстеженням;

* – $p < 0,05$ порівняно з відповідним показником ДГ1.

Результати КТ засвідчили успішність реабілітаційного втручання, спрямованого на покращення стану м'язової тканини: збільшення товщини маркерного м'яза саркопенії m. psoas справа становило в ДГ1 – 16,4 %, ДГ2 – 28,5 %, зліва – відповідно 17,1 % та 28,9 % (табл. 4).

Також визначена позитивна динаміка ($p < 0,05$) інструментального маркера саркопенії – SMI – збільшення якого становило в ДГ1 – 10,5 %, ДГ2 – 22,1 % (абсолютний цифровий показник ДГ2 перетнув нижню межу рівня саркопенії у чоловіків – 52,4 см²/м²).

Таблиця 4. Динаміка параметрів м'язової тканини за даними комп'ютерної томографії у військовослужбовців із саркопенією та наслідками транстібіальної ампутації під впливом фізичної терапії

Площа поперечного перерізу m. psoas, см ²	КГ	ДГ1		ДГ2	
		1-ше обстеження	3-тє обстеження	1-ше обстеження	3-тє обстеження
справа	11,23±1,14	7,52±1,03*	8,75±0,96*○	7,48±1,16*	9,61±0,76*○*
зліва	11,08±1,06	7,60±1,15*	8,90±0,83*○	7,55±1,12*	9,73±0,80*○*
SMI, см ² /м ²	69,46±4,22	45,11±2,13*	49,84±2,53*○	44,33±1,83*	54,12±1,44*○*

Примітки:

SMI – skeletal muscle index, скелетно-м'язовий індекс;

КГ – контрольна група;

ДГ1 – досліджувана група 1;

ДГ2 – досліджувана група 2;

* – $p < 0,05$ порівняно з КГ;

○ – $p < 0,05$ порівняно з 1-м обстеженням;

● – $p < 0,05$ порівняно з 2-м обстеженням;

* – $p < 0,05$ порівняно з відповідним показником ДГ1.

Загальний аналіз досліджуваних параметрів м'язової тканини продемонстрував, що хоча позитивний приріст відносно обстежень, проведених раніше (першого та другого), відбувався послідовно в обох досліджуваних групах ($p < 0,05$), але врахування особливостей корекції саркопенії в процесі фізичної терапії засвідчило її швидше нівелювання за досліджуваними показниками в процесі фізичної терапії осіб ДГ2 порівняно з представниками ДГ1 ($p < 0,05$). У той же час рівня здорових осіб не було досягнуто за жодним показником, що відображає потребу в довготривалій етапній реабілітації поранених військовослужбовців із політравмою, саркопенією, ампутацією.

Обговорення результатів

В результаті проведеного дослідження відзначено виражені зміни м'язових волокон та їхньої структури у поранених військовослужбовців із саркопенією, особливо на боці ампутації. Враховуючи, що на етапі підготовки до первинного протезування фізичний терапевт працює з наслідками первинного ушкодження та подальшого прогресування ускладнень у даних пацієнтів, актуальним є сфокусуватися на боротьбі з саркопенією ще на первинній стадії лікування та реабілітації. Це зумовлюється тим, що, незважаючи на реабілітаційні заходи, які проводяться у відділенні інтенсивної терапії та реанімації (терапевтичні вправи, позиціонування тощо),

м'язова дистрофія та тяжкість політравми виявляються настільки вираженими, що досягти швидкого збільшення м'язової маси часто не тільки не вдається, але й відзначається подальше її зниження [18; 19]. Цей процес може ускладнюватися переведенням поранених до різних закладів охорони здоров'я в процесі медичної евакуації та подальшого лікування.

Проблема реабілітації поранених військовослужбовців із саркопенією внаслідок політравми та ампутації залишається ще маловивченою. Перспективним для корекції їхнього стану є мультидисциплінарний та багатокомпонентний підхід, що може сприяти змінам у статусі даної групи пацієнтів, відновленню максимальної працездатності та інтегрованості у суспільство. Кількість поранених із політравмою, саркопенією різного поєднаного походження, ампутаціями зростає внаслідок бойових дій; тому необхідна подальша розробка методів лікування та реабілітації даного контингенту для того, щоб зменшити термін їхньої непрацездатності та покращити якість життя.

Дані проведеного нами дослідження показали, що включення в програму фізичної терапії періоду підготовки та адаптації до тимчасового протеза втручання для корекції саркопенії створює умови для позитивних структурних змін м'язової тканини, що, у свою чергу, сприятиме покращенню функціональності тіла та, зокрема, ампутованої

кінцівки, полегшує виконання різних повсякденних завдань та сприяє активнішому та більш незалежному способу життя. Наш підхід у проведенні реабілітації із корекцією ознак саркопенії узгоджується з іншими дослідженнями, які засвідчують важливість корекції саркопенії для полегшення виконання активностей повсякденного життя [12–14], а також необхідність функціональної рухової реабілітації при ампутаціях [9–11].

Висновки

1. У поранених військовослужбовців з саркопенією та наслідками транстібіальної ампутації визначено наявність структурно-функціональних ознак м'язової дисфункції у вигляді зменшення різниці обхватних розмірів (плеча, передпліччя, стегна, збереженої гомілки), зменшення товщини м'язових волокон (за даними ультразвукового визначення товщини двоголового м'яза, триголового м'яза, плечепроменевого м'яза, прямого м'яза стегна та їх ехогенності) та їх площі (за результатами визначення площі поперечного перерізу m. psoas методом комп'ютерної томографії та розрахунку скелетно-м'язового індексу).

2. Досліджувані антропометричні, ультразвукові та томографічні характеристики м'язової тканини у поранених військовослужбовців з саркопенією та наслідками транстібіальної ампутації були статистично гіршими ($p < 0,05$) порівняно з аналогічним контингентом здорових військовослужбовців.

3. Апробована комплексна програма фізичної терапії тривалістю 12 тижнів із застосуванням терапевтичних вправ різної направленості, тренування ходи, втручання в ділянці кукси, освітнього компонента (зокрема щодо модифікації харчування) з урахуванням індивідуальних цілей реабілітації сприяла покращенню стану поранених військовослужбовців.

Фінансування та подяки

Робота є фрагментом дослідження Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника «Покращення функціонального стану, якості життя та корекція патологічних станів різного походження засобами терапії та реабілітації» (2023–2026), номер державної реєстрації 0123U01534.

службовців завдяки впливу на збільшення обхватних розмірів кінцівок, збільшення товщини шкірної складки на рівні плеча та пупка, визначене за допомогою ультразвуку збільшення товщини волокон основних м'язових груп та нормалізацію їх ехогенності, збільшення площі поперечного перерізу m. psoas та величини скелетно-м'язового індексу. Отримані зміни були значущими порівняно з вихідними показниками ($p < 0,05$), а також показниками групи, що проходила відновлення за загальнолікарняною програмою фізичної терапії.

4. Засоби фізичної терапії доцільно призначати для корекції антропометричних, ультразвукових, томографічних ознак саркопенії у поранених військовослужбовців з наслідками транстібіальної ампутації.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні ефективності розробленої програми фізичної терапії на функціональні рухові показники у поранених військовослужбовців з саркопенією та наслідками транстібіальної ампутації.

Декларації

Конфлікт інтересів відсутній.

Усі автори надали згоду на публікацію статті на умовах ліцензії Creative Commons BA-NC-SA 4.0 International License та публічного договору з редакцією, на обробку та публікацію їхніх персональних даних.

Автори підтверджують, що під час підготовки, написання та редагування даного рукопису не застосовувалися інструменти або сервіси генеративного штучного інтелекту для виконання будь-яких завдань, визначених у Таксономії делегування генеративного штучного інтелекту (III) (GAIDeT, 2025). Усі етапи роботи над статтею – від формування наукової ідеї до фінального опрацювання тексту – були здійснені без залучення технологій генеративного ШІ та виконані виключно авторами.

Внесок авторів

Внесок Автори	A	B	C	D	E	F
Лісовський Р.Р.	+	+	+	+	+	+
Мокров К.О.				+	+	+

Примітка:

A – концепція;

B – дизайн;

C – збір даних;

D – статистична обробка та інтерпретація даних;

E – написання або критичне редагування статті;

F – схвалення фінальної версії до публікації та згода нести відповідальність за всі аспекти роботи.

Література

1. Fazzini B, Märkl T, Costas C, Blobner M, Schaller SJ, Prowle J, et al. The rate and assessment of muscle wasting during critical illness: a systematic review and meta-analysis. Crit Care. 2023;27(1):2. DOI: 10.1186/s13054-022-04253-0. PMID: 36597123.
2. Cederholm T, Barazzoni R, Austin P, Ballmer P, Biolo G, Bischoff SC, et al. ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. Clin Nutr. 2017;36(1):49-64. DOI: 10.1016/j.clnu.2016.09.004. PMID: 27642056.
3. Puthucherry ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. JAMA. 2013;310(15):1591-600. DOI: 10.1001/jama.2013.278481. PMID: 24108501.
4. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age Ageing. 2019;48(1):16-31. DOI: 10.1093/ageing/afy169. PMID: 30312372.
5. Wahlen BM, Mekkodathil A, Al-Thani H, El-Menyar A. Impact of sarcopenia in trauma and surgical patient population: A literature review. Asian J Surg. 2020;43(6):647-53. DOI: 10.1016/j.asjsur.2019.10.010. PMID: 31796260.
6. Fairchild B, Webb TP, Xiang Q, Tarima S, Brasel KJ. Sarcopenia and frailty in elderly trauma patients. World J Surg. 2015;39(2):373-79. DOI: 10.1007/s00268-014-2785-7. PMID: 25249011.
7. Rakaieva AE, Aravitska MG. Study of the effectiveness of rehabilitation intervention for the correction of symptoms of asteno-vegetative syndrome in elderly persons with the consequences of coronavirus infection. Rehabilitation and Recreation. 2024;18(3):41-50. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2024.18.3.4>.
8. Rollinson TC, Connolly B, Denehy L, Hepworth G, Berlowitz DJ, Berney S. Ultrasound-derived rates of muscle wasting in the intensive care unit and in the post-intensive care ward for patients with critical illness: Post hoc analysis of an international, multicentre randomised controlled trial of early rehabilitation. Aust Crit Care. 2024;37(6):873-81. DOI: 10.1016/j.aucc.2024.03.007. PMID: 38834392.
9. Jamieson AG, Murray L, Buis A. The Use of Physical Activity Outcomes in Rehabilitation Interventions for Lower Limb Amputees: a Systematic Review. Can Prosthet Orthot J. 2020;3(1):33931. DOI: 10.33137/cpoj.v3i1.33931. PMID: 37614661.
10. Matsumoto ME, Cave J 2nd, Shaffer J. Innovations in Amputation Rehabilitation and Prosthetic Design. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2024;35(4):879-96. DOI: 10.1016/j.pmr.2024.06.008. PMID: 39389642.

11. Donaghy A, Miranda A. Insights and Innovations in Amputation Rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2024;35(4):XVII-XVIII. DOI: 10.1016/j.pmr.2024.08.006. PMID: 39389645.
12. Koval N, Aravitska M. Dynamics of kinesiophobia and physical functioning parameters in the elderly adults with sarcopenic obesity under the influence of the physical therapy program. *Clinical and Preventive Medicine*. 2023;4:88-95. DOI: 10.31612/2616-4868.4(26).2023.13.
13. Дідоха ІВ, Аравіцька МГ. Вплив засобів фізичної терапії на рівень кінезіофобії, соматичні маркери саркопенії та показники ризику падіння у осіб похилого віку з хворобою Паркінсона. *Art of Medicine*. 2021;2(18):50-8. DOI: 10.21802/artm.2021.2.18.50.
14. Ракаєва АЄ, Аравіцька МГ. Корекція геріатричного статусу, асоційованого з порушенням м'язової активності, в осіб похилого віку з постковідним синдромом засобами фізичної терапії. *Україна. Здоров'я нації*. 2024;1(75):172-78. DOI: 10.32782/2077-6594/2024.1/30.
15. Pillen S, van Alfen N. Skeletal muscle ultrasound. *Neurol Res*. 2011;33(10):1016-24. DOI: 10.1179/1743132811Y.0000000010. PMID: 22196753.
16. Stringer HJ, Wilson D. The Role of Ultrasound as a Diagnostic Tool for Sarcopenia. *J Frailty Aging*. 2018;7(4):258-61. DOI: 10.14283/jfa.2018.24. PMID: 30298175.
17. Kim JS, Kim WY, Park HK, Kim MC, Jung W, Ko BS. Simple age specific cutoff value for sarcopenia evaluated by computed tomography. *Ann Nutr Metab*. 2017;71(3-4):157-63. DOI: 10.1159/000480407. PMID: 28881338.
18. Connolly B, Salisbury L, O'Neill B, Geneen L, Douiri A, Grocott MP, et al.; ERACIP Group. Exercise rehabilitation following intensive care unit discharge for recovery from critical illness. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(6):CD008632. DOI: 10.1002/14651858.CD008632.pub2. PMID: 26098746.
19. Goddard S, Gunn H, Kent B, Dennett R. The Experience of Physical Recovery and Physical Rehabilitation Following Hospital Discharge for Intensive Care Survivors-A Qualitative Systematic Review. *Nurs Rep*. 2024;14(1):148-63. DOI: 10.3390/nursrep14010013. PMID: 38251191.

Lisovskyi R.R., Mokrov K.O.

ASSESSMENT OF STRUCTURAL PARAMETERS OF MUSCLE TISSUE IN WOUNDED MILITARY WITH SARCOPENIA AND CONSEQUENCES OF TRANSTIBIAL AMPUTATION UNDER THE INFLUENCE OF PHYSICAL THERAPY

Background. Intensive care of injured military personnel with polytrauma and amputations is associated with a high risk of developing secondary sarcopenia due to prolonged immobilization, systemic inflammation, hypercatabolism, and inadequate nutrition.

Aim. To determine the effectiveness of the developed physical therapy program based on structural and functional parameters of muscle tissue in injured military personnel with amputation and secondary sarcopenia.

Materials and Methods. The control group consisted of 36 healthy men. The study group included 59 injured military personnel with transtibial amputation and sarcopenia, who were divided into two subgroups. Group 1 underwent a standard 12-week rehabilitation program, while Group 2 received a 12-week comprehensive physical therapy program incorporating sarcopenia-targeted interventions (resistance training and nutritional correction). Assessment methods included anthropometry, muscle ultrasound, and computed tomography. The study constitutes a component of the Vasyl Stefanyk Precarpathian National University research project "Improvement of Functional Status, Quality of Life, and Correction of Pathological Conditions of Various Origins by Means of Therapy and Rehabilitation" (2023–2026), state registration No.0123U01534.

Research Ethics. The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki, with informed consent obtained from all participants. The study protocol was approved by the institutional bioethics committee.

Results. At baseline, injured participants demonstrated reduced limb circumferences, decreased muscle thickness (based on ultrasound measurements of the biceps brachii, triceps brachii, brachioradialis, and rectus femoris muscles), increased muscle echogenicity, and reduced muscle area (based on cross-sectional area of the psoas muscle and skeletal muscle index calculation). Following rehabilitation, both subgroups showed positive changes; however, the improvements were significantly greater in Group 2. Body mass gain was $[6.03 \pm 0.39]$ kg compared to $[4.63 \pm 0.50]$ kg in Group 1. Greater increases in limb circumferences, muscle thickness (ultrasound), and improved echogenicity were also observed. The skeletal muscle index in Group 2 increased to $[54.12 \pm 1.44]$ cm²/m², exceeding the lower threshold for sarcopenia.

Conclusions. The developed physical therapy program is recommended for correcting anthropometric, ultrasound, and tomographic manifestations of sarcopenia in injured military personnel with transtibial amputation.

Keywords: rehabilitation, muscle tissue, military trauma, musculoskeletal system.

Надійшла 15.07.2025

Прийнята до опублікування 29.09.2025

Опублікована 30.09.2025

Відомості про авторів

Лісовський Роман Романович – аспірант кафедри терапії, реабілітації та морфології, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна.

Поштова адреса: 57, вул. Шевченка, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна.

E-mail: ifrehabplus@gmail.com

ORCID: 0009-0000-2726-7109.

Мокров Кирил Олександрович – аспірант кафедри терапії, реабілітації та морфології, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна.

Поштова адреса: 57, вул. Шевченка, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна.

E-mail: ifrehabplus@gmail.com

ORCID: 0009-0009-0895-7361.