Огляди літератури, ***оригінальні дослідження***

DOI 10.11603/1811-2471.2026.v.i2.16409

УДК 616-001-036.82/.85:617.58-001:616.379-008.64:004.738.5

©Андрій Цвях https://orcid.org/0000-0003-0884-4024
©Володимир Лук'яненко https://orcid.org/0009-0000-1714-405X

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

ОПТИМІЗАЦІЯ ВІДНОВНОГО ЛІКУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛИХ ІЗ УРАЖЕННЯМ НИЖНІХ КІНЦІВОК ТА ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ ПРИ ПОЛІТРАВМІ ШЛЯХОМ ТЕЛЕРЕАБІЛІТАЦІЇ: КЛІНІКО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ АСПЕКТИ

РЕЗЮМЕ. Політравма з ураженням нижніх кінцівок є однією з провідних причин тривалої втрати працездатності та інвалідизації. Особливо складним є перебіг травматичної хвороби у пацієнтів із цукровим діабетом, що асоціюється з порушенням мікроциркуляції, сповільненим загоєнням тканин, підвищеним ризиком інфекційних ускладнень та погіршенням функціональних результатів лікування. У сучасних умовах телереабілітація розглядається як перспективний напрямок оптимізації післятравматичного відновлення.

Мета роботи – дослідити ефективність телемедичної моделі для реабілітації постраждалих з цукровим діабетом після травм нижніх кінцівок.

Матеріал і методи. Проведено аналіз результатів лікування 96 пацієнтів із травмами нижніх кінцівок на тлі політравми та цукрового діабету. Ретроспективну групу склали 74 пацієнти, які проходили традиційну реабілітацію, основну – 22 пацієнти, у яких додатково застосовували телереабілітаційну модель із використанням портативного пристрою для дистанційного моніторингу функціонального стану кінцівки. Ефективність реабілітації оцінювали за допомогою Lower Extremity Functional Scale. Додатково аналізували середню тривалість щоденних вправ, кількість візитів до медичного закладу та загальний час роботи фахівця з реабілітації з одним пацієнтом протягом трьох тижнів.

Результати. У ретроспективній групі було 54 (72,97 %) чоловіки та 20 (27,03 %) жінок, в основній – 16 (72,73 %) чоловіків та 6 (27,27 %) жінок. Через 21 день реабілітації в основній групі спостерігалася більша частка пацієнтів із відмінними функціональними результатами за шкалою LEFS – 13,64 % проти 9,46 % у ретроспективній групі. Середній час виконання вправ на добу був більшим у групі телереабілітації – (41±3) хв проти (29±7) хв у групі традиційної реабілітації ($p<0,005$). Водночас кількість візитів до медичного закладу зменшилася з (12±3) до (4±2) ($p<0,005$), а загальний час роботи фахівця з реабілітації на одного пацієнта – з (253±18) хв до (112±11) хв ($p<0,005$). Запропонована модель забезпечувала дистанційний контроль виконання вправ, індивідуалізацію навантаження та підвищення прихильності пацієнтів до лікування.

Висновки. Інтеграція телереабілітації у комплексне лікування пацієнтів із політравмою, ураженням нижніх кінцівок та цукровим діабетом сприяє покращенню клініко-функціональних результатів, зменшенню потреби в очних консультаціях та оптимізації використання медичних ресурсів. Телемедичні технології можуть розглядатися як ефективний компонент безперервного відновного лікування та перспективний напрямок розвитку сучасної реабілітації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: політравма; нижня кінцівка; цукровий діабет; телереабілітація; LEFS; дистанційний моніторинг; реабілітація.

Вступ. Політравма є однією з провідних причин тривалої інвалідизації, причому ушкодження нижніх кінцівок відіграють ключову роль у формуванні функціонального дефіциту та зниженні якості життя пацієнтів. Останнім часом спостерігається зростання розповсюдженості та абсолютної кількості політравматичних пошкоджень як в Україні, так і у світі [1]. Особливо складною є когорта хворих із супутнім цукровим діабетом, для яких характерні порушення мікроциркуляції, периферична нейропатія, зниження імунної відповіді та уповільнені репаративні процеси [2, 3]. Як показано у сучасних дослідженнях, ці патофізіологічні зміни значно підвищують ризик інфекційних ускладнень, хронізації ран та затримки відновлення функції кінцівки, що ускладнює перебіг посттравматичного періоду та подовжує реабілітацію [4].

Згідно з даними клінічних спостережень, у пацієнтів із цукровим діабетом відзначається суттєво гірше загоєння тканин і вищий ризик розвитку ускладнень після травм і хірургічних утручань [5]. Зокрема, порушення ангіогенезу, оксидативний стрес і хронічне запалення призводять до формування стійких дефектів м'яких тканин і кісток [6]. Це особливо актуально при ураженнях нижніх кінцівок, де механічне навантаження поєднується з судинними та метаболічними порушеннями [7]. Таким чином, стандартні підходи до відновного лікування часто виявляються недостатньо ефективними для цієї категорії пацієнтів і потребують модифікації з урахуванням коморбідності [8].

Сучасні стратегії реабілітації при політравмі базуються на принципах раннього початку, безперервності та мультидисциплінарності [9]. Водночас традиційна модель, що передбачає переважно стаціонарне або амбулаторне лікування з обмеженим контактом із пацієнтом після виписки, не забезпечує належного контролю за динамікою функціонального відновлення та метаболічного стану. У цьому контексті телереабілітація набуває все більшого значення як інструмент, що дозволяє подолати просторові та організаційні обмеження [10].

Результати сучасних досліджень свідчать, що використання телемедичних технологій у реабілітації забезпечує порівнянну або навіть вищу ефективність щодо функціональних результатів, порівняно з традиційними підходами [11]. Зокрема, дистанційний моніторинг та керовані програми фізичної терапії сприяють покращенню рухової активності, відновленню функції кінцівок і підвищенню прихильності пацієнтів до лікування [12, 13]. Окремо підкреслюється значення телереабілітації у пацієнтів із хронічними захворюваннями, включаючи цукровий діабет, у яких вона дозволяє інтегрувати контроль глікемії, поведінкові інтервенції та фізичну активність у єдину систему ведення [14].

Водночас наявні літературні дані вказують на недостатню кількість досліджень, присвячених застосуванню телереабілітації саме у пацієнтів із політравмою на тлі цукрового діабету. Незважаючи на доведену ефективність окремих компонентів дистанційної реабілітації, відсутні стандартизовані підходи, що враховують специфіку поєднання тяжкої травми та метаболічних порушень. Це обумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на оцінку клініко-функціональних результатів і розробку оптимізованих моделей відновного лікування.

Метою роботи було дослідити ефективність телемедичної моделі для реабілітації постраждалих з цукровим діабетом після травм нижніх кінцівок.

Матеріал і методи. В результаті аналізу медичної документації щодо пацієнтів, які проходили лікування в КНП «ТМКЛШД» ТМР та КНП «ТОКЛ» ТОР протягом 2014–2024 років було відібрано 74 карти стаціонарного хворого з травмою нижньої кінцівки, в основному отриманої при дорожньо-транспортних пригодах, та цукровим діабетом, які сформували ретроспективну групу. В основній групі 22 пацієнти з травмою нижньої кінцівки та цукровим діабетом послідовно залучалися до дослідження протягом двох років у КНП "Тернопільська міська комунальна лікарня швидкої допомоги" – з вересня 2024 року по листопад 2025 року. Особливу увагу приділяли пацієнтам із супутніми метаболічними порушеннями, оскільки цукровий діабет асоціюється зі зниженням репаративного потенціалу тканин, погіршенням мікроциркуляції, периферичною нейропатією та підвищеним ризиком інфекційних ускладнень, що може суттєво впливати на ефективність реабілітаційного процесу.

Було проведене оцінювання ефективності реабілітації в обох групах за допомогою опитувальника LEFS, що дозволило виявити відмінності в процесі реабілітації між основною групою, яка отримувала лікування із застосуванням телемедичних технологій, та ретроспективною групою, де використовувалися традиційні методи реабілітації. Шкала функціонального стану нижніх кінцівок (LEFS – Lower Extremity Functional Scale) – це анкета з 20 пунктів, яка використовується для оцінки здатності пацієнта виконувати повсякденні завдання при патологіях нижніх кінцівок. Вона вимірює рівень функціональних обмежень. Максимальний бал 80 (найкраща функція), мінімальний 0. Шкала офіційно затверджена та використовується в Україні для моніторингу реабілітації.

Дослідження виконано з використанням комбінованого дизайну, що передбачав порівняння ретроспективної та проспективної (основної) груп пацієнтів із політравмою та переважним ураженням нижніх кінцівок. До ретроспективної групи увійшли 74 пацієнти, яким проводили стандартні реабілітаційні заходи після травми, тоді як основну групу сформували 22 пацієнти, залучені до програми телереабілітації. Тривалість реабілітаційного періоду в обох групах становила 3 тижні після виписування зі стаціонару.

Функціональний стан нижніх кінцівок оцінювали за допомогою Lower Extremity Functional Scale. В основній групі оцінювання проводили двічі: у день виписування зі стаціонару та через 3 тижні після завершення телереабілітаційної програми. У ретроспективній групі первинні значення LEFS визначали за даними медичної документації (щоденники стаціонарного хворого), тоді як повторну оцінку через 3 тижні здійснювали шляхом анкетування під час амбулаторних візитів і додатково за допомогою цифрових форм, створених на платформі Google Forms.

Усі учасники дослідження дотримувалися однакового базового реабілітаційного протоколу, адаптованого до особливостей пацієнтів із цукровим діабетом та спрямованого на відновлення функції нижніх кінцівок. Програма включала комплекс вправ, орієнтованих на покращення гнучкості, м'язової сили, пропріоцепції та нейром'язового контролю, і складалася з пасивних та активних рухів, зокрема вправ на згинання та розгинання, а

також вправ на зміцнення м'язів. Пацієнти виконували вправи тричі на день протягом 3 тижнів. При формуванні індивідуального навантаження враховували загальний соматичний стан пацієнта, вираження больового синдрому, функціональні обмеження, а також особливості перебігу цукрового діабету, зокрема ризик перевантаження тканин, трофічних порушень та можливих судинно-неврологічних ускладнень.

У ретроспективній групі реабілітаційна програма виконувалася самостійно в домашніх умовах упродовж приблизно 15 хвилин тричі на добу. За потреби пацієнти зверталися до медичних закладів для додаткових консультацій. Призначення комплексу вправ та визначення їх інтенсивності здійснювали фізіотерапевти відповідно до клінічного стану пацієнта та вираженості симптомів.

Для пацієнтів основної групи була впроваджена розроблена авторами телереабілітаційна модель, що передбачала використання портативного пристрою для домашнього застосування. Цей пристрій оснащений тривісним датчиком положення кінцівки в просторі, сенсорами кута згинання, локальної температури, об'єму тканин і пульсу, що дозволяло здійснювати об'єктивний моніторинг функціонального стану кінцівки в реальному часі. Такий підхід дозволяв не лише оцінювати біомеханіку рухів, але й контролювати показники, важливі для пацієнтів із цукровим діабетом, зокрема локальні температурні зміни та ознаки порушення мікроциркуляції, які можуть бути ранніми маркерами запальних або трофічних ускладнень. Створений прототип включав ортез із системою переносних сенсорів, призначених для безперервного збору біомеханічних і фізіологічних показників під час виконання реабілітаційних вправ. Отримані дані передавалися для подальшого аналізу, що забезпечувало можливість індивідуалізації навантаження та корекції реабілітаційної програми відповідно до динаміки стану пацієнта (рис. 1).

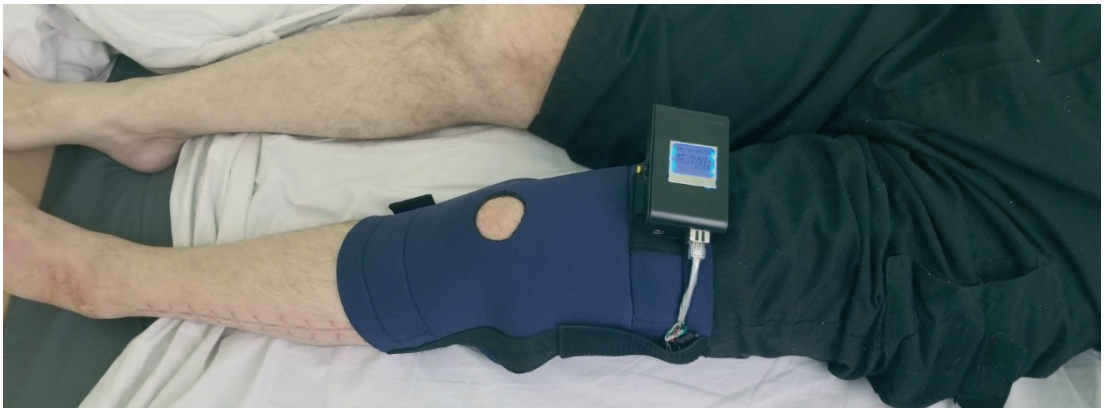

Рис. 1. Портативний пристрій для дистанційного моніторингу фізіологічних параметрів нижньої кінцівки.

У групі телереабілітації пацієнтам було надано інструкції щодо застосування прототипу та виконання програми вправ тричі на день по 15 хвилин під дистанційним моніторингом. Відповідальні фізіотерапевти могли надавати консультації та настанови щодо прогресу вправ, підтримання щоденної активності та поліпшення симптомів через текстові повідомлення та телефонні дзвінки. Також фізичні терапевти контролювали дотримання домашньої програми вправ та за потреби здійснювали корекцію програми навантажень вправ. Такий підхід дозволяв не лише оцінювати біомеханіку рухів, але й контролювати показники, важливі для пацієнтів із цукровим діабетом, зокрема локальні температурні зміни та ознаки порушення мікроциркуляції, які можуть бути ранніми маркерами запальних або трофічних ускладнень.

Результати. У ретроспективній групі було 54 (72,97 %) чоловіки та 20 (27,03 %) жінок, а в основній групі було 16 (72,73 %) чоловіків та 6 (27,27 %) жінок. Характер травми в обох групах був різноманітним, проте залишався подібним за структурою. Серед усіх пацієнтів переважали постраждалі внаслідок дорожньо-транспортних пригод, зокрема велосипедисти та пішоходи, незалежно від статі.

Аналіз розподілу постраждалих за характером травми свідчить про чітко виражену гендерну асиметрію ризику. У чоловіків обох груп провідні позиції займають травми, отримані внаслідок участі у дорожньому русі як велосипедистів і пішоходів. Водночас у жінок домінує травматизм серед пішоходів, тоді як участь у дорожньому русі як водіїв або велосипедистів представлена значно меншою мірою.

Привертає увагу, що в ретроспективній групі частка жінок серед пішоходів є особливо високою, що може свідчити про більшу вразливість цієї категорії в умовах дорожньо-транспортного травматизму. В основній групі спостерігається подібна тенденція, хоча абсолютні значення є меншими через

меншу чисельність вибірки. При цьому частка травм серед жінок, пов'язаних із використанням транспортних засобів (водії, пасажири), залишається низькою в обох групах, що узгоджується з загальними епідеміологічними спостереженнями.

Гендерний розподіл у вибірках є статистично зіставним, що вказує на однорідність груп за цією ознакою та підвищує коректність їх порівняння (табл. 1).

В аспекті вікового розподілу в обох групах переважають пацієнти працездатного віку – 25–44 роки (41,89 % у ретроспективній та 54,55 % – в основній групі), що відповідає типовій структурі політравми. Найменшу частку становлять особи віком 18–24 років у ретроспективній групі (21,62 %) та пацієнти старше 60 років в основній групі (9,09 %). Такий розподіл свідчить про відносну однорідність вибірок.

Таблиця 1. Характеристика дослідницьких груп щодо відмінностей порівнюваних показників

Показник	Ретроспективна група, n (%) (n=74)	Основна група, n (%) (n=22)
Чоловіки	54 (72,97)	16 (72,73)
Жінки	20 (27,03)	6 (27,27)
Вік		
18–24	6 (27,27)	3 (13,64)
25–44	31 (41,89)	12 (54,55)
45–60	15 (20,27)	5 (22,73)
>60	12 (16,22)	2 (9,09)
Зайнятість		
студент	3 (4,05)	1 (4,55)
працює	29 (39,19)	10 (45,45)
не працює	32 (43,24)	9 (40,91)
пенсіонер	10 (13,51)	2 (9,09)

У ретроспективній групі реабілітація базувалася на ранній дозованій функціональній мобілізації, медикаментозній корекції больового синдрому та набряку, а також призначенні фізіотерапевтичного лікування за місцем проживання протягом трьох тижнів. Цей підхід відповідає стандартній клінічній практиці, однак обмежений у можливостях постійного контролю та оперативної індивідуалізації навантаження.

В основній групі стандартну програму було доповнено телереабілітаційною моделлю, що забезпечувала дистанційний моніторинг і корекцію виконання вправ у режимі реального часу (рис. 2). Це дозволило персоналізувати реабілітаційний процес, підвищити прихильність пацієнтів до лікування та забезпечити більш ефективне відновлення завдяки безперервній взаємодії між лікарем і пацієнтом незалежно від місця перебування.

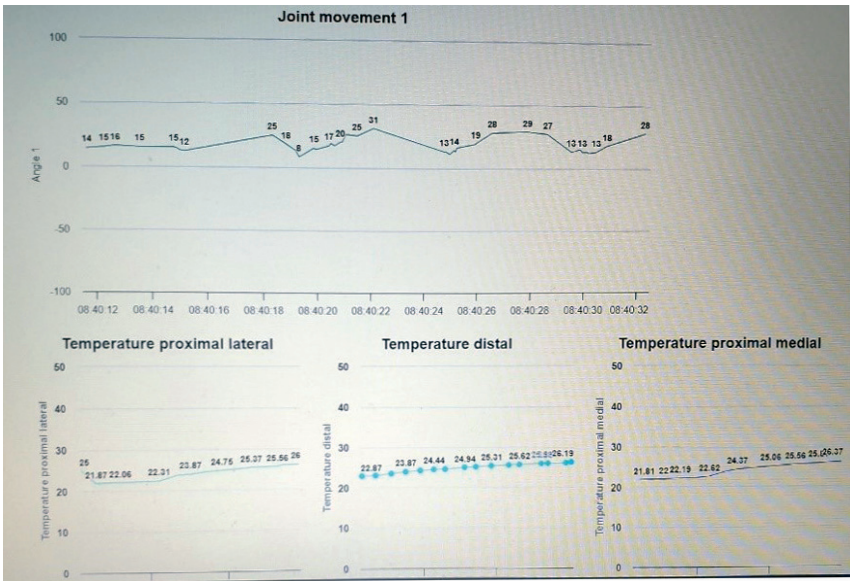

Рис. 2. Візуалізація методики телереабілітації, яка дає можливість за допомогою графіків оцінювати фізіологічні параметри нижньої кінцівки.

В основній групі фахівець з реабілітації здійснював систематичний моніторинг функціонального стану пацієнта із використанням Lower Extremity Functional Scale, що дозволяло об'єктивно оцінювати динаміку відновлення нижньої кінцівки. Аналіз включав оцінку здатності до ходьби, виконання повсякденних активностей, рівня болю та обмеження рухливості. На основі отриманих даних дистанційно вносили корективи до реабілітаційного протоколу з урахуванням індивідуального прогресу пацієнта, що забезпечувало оптимізацію навантаження, тривалості та структури вправ.

У ретроспективній групі оцінка функціональних результатів також проводилася за допомогою шкали LEFS, однак без можливості динамічного контролю в режимі реального часу. Первинні показники визначалися на момент виписування зі стаціонару, тоді як подальша оцінка через 3 тижні здійснювалася під час амбулаторних візитів та шляхом анкетування. Такий підхід обмежував можливості своєчасної корекції реабілітаційного процесу та індивідуалізації лікування.

Порівняльний аналіз у ретроспективній та основній групах проводили з використанням показників LEFS, що дозволило оцінити ефективність відновлення функції нижніх кінцівок у динаміці. Додатково аналізували середній щоденний час, який пацієнти витрачали на виконання реабілітаційних вправ, кількість звернень до медичного закладу протягом тритижневого періоду, а також сумарний час, який фахівець витрачав на ведення одного пацієнта, що дало змогу комплексно оцінити ефективність і ресурсозатратність запропонованої моделі реабілітації (табл. 2).

Таблиця 2. Функціональні результати пацієнтів у ретроспективній та основній групах

Показники	Ретроспективна група	Основна група
LEFS початок реабілітації		
Відмінно (0–20 балів), n (%)	0 (0)	0 (0)
Добре (21–40 балів), n (%)	28 (37,84)	7 (31,82)
Задовільно (41–60 балів), n (%)	43 (58,11)	14 (63,64)
Незадовільно (61–80 балів), n (%)	3 (4,05)	1 (4,55)
LEFS 21-й день реабілітації		
Відмінно (0–20 балів), n (%)	7 (9,46)	3 (13,64)
Добре (21–40 балів), n (%)	46 (62,16)	16 (72,73)
Задовільно (41–60 балів), n (%)	18 (24,32)	2 (9,09)
Незадовільно (61–80 балів), n (%)	3 (4,05)	1 (4,55)
Середня тривалість реабілітації на день, хв	29±7	41±3
Кількість візитів пацієнта до медичного закладу за 3 тижні	12±3	4±2
Загальний час, витрачений фахівцем із реабілітації на одного пацієнта протягом 3 тижнів, хв	253±18	112±11

Отримані результати свідчать, що на 21-й день реабілітації в обох групах переважна більшість пацієнтів досягла позитивних функціональних результатів за Lower Extremity Functional Scale. Зокрема, частка пацієнтів із показниками «добре» та «задовільно» (21–60 балів) становила 86,48 % у ретроспективній групі та 81,82 % в основній групі. Водночас привертає увагу більша частка пацієнтів із відмінними результатами (0–20 балів) в основній групі – 13,64 %, порівняно з 9,46 % у ретроспективній, що свідчить про тенденцію до кращого функціонального відновлення при застосуванні телереабілітації. Кількість пацієнтів із незадовільними результатами (61–80 балів) залишалася низькою в обох групах і не продемонструвала суттєвої динаміки, однак в абсолютних значеннях була дещо меншою в основній групі.

Аналіз динаміки показників LEFS демонструє, що в основній групі відбувалося більш виражене зміщення пацієнтів у категорії кращих функціональних результатів, що можна пояснити можливістю постійного моніторингу та індивідуалізації реабілітаційного процесу. Використання телереабілітаційної моделі сприяло підвищенню комплаєнсу, більш точному дозуванню фізичного навантаження та своєчасній корекції програми вправ залежно від стану пацієнта.

Крім того, встановлено статистично значущі відмінності в організаційних показниках реабілітації. Середній час виконання вправ на добу був більшим в основній групі – (41±3) хв проти (29±7) хв у ретроспективній ($p<0,005$), що може свідчити про вищу залученість пацієнтів до процесу відновлення. Водночас кількість візитів до медичного закладу за 3 тижні зменшилася більш ніж удвічі – з (12±3) до (4±2) ($p<0,005$), що підтверджує ефективність дистанційного супроводу. Аналогічно, загальний час, який фахівець витрачав на одного пацієнта, знизився з (253±18) хв до (112±11) хв ($p<0,005$), що свідчить про оптимізацію використання медичних ресурсів при збереженні або покращенні клініко-функціональних результатів.

Додатковий аналіз клінічної динаміки у пацієнтів із цукровим діабетом продемонстрував позитивні зміни метаболічних і трофічних показників в обох групах, однак більш виражені в основній групі телереабілітації. Зокрема, середній рівень глюкози крові натще за тритижневий період знизився в ретроспективній групі орієнтовно з (9,4±1,8) ммоль/л до (8,1±1,5) ммоль/л, тоді як в основній групі – з (9,2±1,6) ммоль/л до (7,3± 1,2) ммоль/л. Така динаміка узгоджується з літературними даними, згідно з якими підвищення фізичної активності, структурована реабілітація та кращий контроль прихильності до лікування сприяють покращенню глікемічного контролю вже протягом перших тижнів відновного періоду. Кращі результати в основній групі, ймовірно, обумовлені регулярним дистанційним моніторингом та вищою відповідальністю пацієнтів.

Позитивна динаміка спостерігалася також щодо трофічного стану тканин та показників периферичної гемодинаміки. У пацієнтів основної групи зменшення локального набряку та покращення температурної симетрії кінцівок реєструвалися раніше й були більш вираженими, що опосередковано свідчило про покращення мікроциркуляції. Ознаки трофічних порушень (сухість шкіри, помірний ціаноз, локальна гіпотермія, уповільнене відновлення після навантаження) зберігалися у 29,7 % пацієнтів ретроспективної групи, порівняно з 13,6 % в основній групі наприкінці спостереження. Це можна пояснити більш точним дозуванням фізичного навантаження та регулярною корекцією програми вправ, що сприяло активації периферичного кровообігу без перевантаження ураженої кінцівки.

Щодо проявів діабетичної периферичної нейропатії, то істотного регресу неврологічного дефіциту за такий короткий термін очікувано не відзначалося, однак спостерігалося зменшення суб'єктивних симптомів (парестезій, відчуття оніміння та нічного дискомфорту). У ретроспективній групі зменшення вираження нейропатичних симптомів відзначили 24,3 % пацієнтів, тоді як в основній групі – 40,9 %. Така тенденція відповідає сучасним уявленням про те, що покращення глікемічного контролю, фізична активність і оптимізація периферичної перфузії можуть сприяти ранньому функціональному полегшенню симптомів нейропатії, навіть без швидких структурних змін нервової тканини.

Обговорення. Отримані результати узгоджуються з сучасними уявленнями про ефективність телереабілітації як інструменту безперервного ведення пацієнтів після тяжкої травми. Запропонована модель забезпечує постійний зв'язок між лікарем і пацієнтом, що дозволяє уникнути затримок у корекції лікування та мінімізує необхідність частих очних візитів. Це особливо важливо для пацієнтів із обмеженою мобільністю після політравми. Вища тривалість щоденних занять у групі телереабілітації, поряд із зменшенням кількості візитів до медичного закладу та часу роботи фахівця, свідчить про підвищення комплаєнсу та оптимізацію ресурсів. Крім того, дистанційний моніторинг і можливість оперативної корекції програми сприяють більш персоналізованому підходу до відновлення, що відображається у тенденції до кращих функціональних результатів.

Важливим аспектом є поєднання політравми з цукровим діабетом, що значно ускладнює перебіг відновного періоду. Наявні дані свідчать, що діабет є незалежним предиктором несприятливих наслідків при політравмі, включаючи підвищену летальність. Гіперглікемія в гострому періоді асоціюється з гіршими післяопераційними результатами, водночас надмірно агресивна її корекція може бути небезпечною через ризик гіпоглікемії, що обумовлює необхідність контрольованого, збалансованого підходу. У контексті травм нижніх кінцівок у пацієнтів із ЦД відзначається підвищений ризик інфекцій, порушення зрощення переломів, формування незрощень та необхідності повторних втручань.

Отримані результати свідчать, що телереабілітація у пацієнтів із політравмою та цукровим діабетом асоціюється не лише з кращим функціональним відновленням нижніх кінцівок, а й із позитивнішою динамікою метаболічних показників, трофічного стану тканин і проявів периферичної нейропатії. Це узгоджується з сучасними літературними даними, які вказують, що структурована фізична активність, регулярний моніторинг і підвищення довіри до лікування сприяють покращенню глікемічного контролю та периферичної мікроциркуляції. Водночас обмежена тривалість спостереження не дозволяє зробити остаточні висновки щодо довгострокового впливу телереабілітації на структурні прояви діабетичної нейропатії.

У цьому контексті телереабілітація виступає як логічне продовження стаціонарного етапу лікування, виконуючи роль «містка» між госпітальним і амбулаторним веденням. Вона не замінює гостру очну допомогу, але суттєво підсилює подальший етап відновлення. Дані літератури підтверджують, що дистанційні моделі реабілітації при травмах нижніх кінцівок і політравмі в поєднанні з ЦД асоціюються з високою задоволеністю пацієнтів та ефективним функціональним відновленням без збільшення частоти ускладнень. Особливо перспективним є застосування телемедицини для моніторингу стану ран і профілактики ускладнень у пацієнтів із цукровим діабетом, де

цифрові технології дозволяють здійснювати регулярну оцінку загоєння та своєчасно виявляти патологічні зміни. Водночас доказова база залишається неоднорідною, що потребує подальших досліджень.

Висновки. Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції телереабілітації у комплексне лікування пацієнтів із політравмою та цукровим діабетом.

Оптимальна клінічна стратегія передбачає стабілізацію стану пацієнта в гострому періоді з подальшим перенесенням значної частини реабілітаційного процесу в дистанційний формат із постійним контролем функціональних показників.

Основні переваги полягають у підвищенні мотивації до виконання реабілітаційних вправ та можливості проводити тренування у дистанційному контрольованому середовищі з більшою інтенсивністю, ніж при традиційній реабілітації.

Джерела фінансування. Власні кошти авторів.

Внесок авторів:

Андрій Цвях – розробка ідеї та дизайну дослідження, формування концепції дослідження.

Володимир Лук'яненко – проведення огляду літератури та написання тексту, аналіз та обговорення результатів.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Декларація про використання штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису ШІ використовувався виключно для покращення стилістичного викладу матеріалу; зміст і висновки є винятково авторськими.

REFERENCES

1. Kostyuk VP, Tsvyakh AI. Politravma: prychyny ta reabilitatsiya na piznikh stadiyakh travmatychnoyi khvoroby [Polytrauma: causes and rehabilitation in the late stages of traumatic disease]. Shpyt. Khirurhiya. Zhurn. im. L. Ya. Kovalchuka. 2023;1:63-68. Ukrainian. DOI: https://doi.org/10.11603/2414-4533.2023.1.13814.

2. Tebby J, Lecky F, Edwards A, Jenks T, Bouamra O, Dimitriou R, & Giannoudis PV. Outcomes of polytrauma patients with diabetes mellitus. BMC medicine. 2014; 12:111. DOI: 10.1186/1741-7015-12-111.

3. Tebby J, Giannoudis VP, Wakefield SM, Lecky F, Bouamra O, & Giannoudis PV. Do Patients with Diabetes Mellitus and Polytrauma Continue to Have Worse Outcomes? Journal of clinical medicine. 2023;12(10):3423. DOI: 10.3390/jcm12103423.

4. Kocuvan S, Brilej D, Stropnik D, Lefering R, & Komadina R. Evaluation of major trauma in elderly patients – a single trauma center analysis. Wiener klinische Wochenschrift. 2016;128(Suppl 7):535–542. DOI: 10.1007/s00508-016-1140-4.

5. Wong TH, Nadkarni NV, Nguyen HV, Lim GH, Matchar DB, Seow DCC, King NKK, & Ong MEH. One-year and three-year mortality prediction in adult major blunt trauma survivors: a National Retrospective Cohort Analysis. Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine. 2018;26(1):28. DOI: 10.1186/s13049-018-0497-y

6. Farr JN, Khosla S. Determinants of bone strength and quality in diabetes mellitus in humans. Bone. 2016;82:28–34. DOI: 10.1016/j.bone.2015.07.027.

7. Liou DZ, Singer MB, Barmparas G, Harada MY, Mirocha J, Bukur M, Salim A, & Ley EJ. Insulin-dependent diabetes and serious trauma. European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society. 2016;42(4):491–496. DOI: 10.1007/ s00068-015-0561-5.

8. Webb ML, Golinvaux NS, Ibe IK, Bovonratwet P, Ellman MS, & Grauer JN. Comparison of Perioperative Adverse Event Rates After Total Knee Arthroplasty in Patients With Diabetes: Insulin Dependence Makes a Difference. The Journal of arthroplasty. 2017;32(10):2947–2951. DOI: 10.1016/j.arth.2017.04.032.

9. Cottrell MA, Galea OA, O'Leary SP, Hill AJ, Russell TG. Real-time telerehabilitation for the treatment of musculoskeletal conditions is effective and comparable to standard practice: a systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil. 2017;31(5):625-638. DOI: 10.1177/0269215516645148.

10. Lee AY, Wong AK, Hung TT, Yan J, Yang S. Nurse-led Telehealth Intervention for Rehabilitation (Telerehabilitation) Among Community-Dwelling Patients With Chronic Diseases: Systematic Review and Meta-analysis. J Med Internet Res. 2022;24(11):e40364. DOI: 10.2196/40364.

11. Seron P, Oliveros MJ, Gutierrez-Arias R, Fuentes-Aspe R, Torres-Castro RC, Merino-Osorio C, Nahuelhual P, Inostroza J, Jalil Y, Solano R, Marzuca-Nassr GN, Aguilera-Eguía R, Lavados-Romo P, Soto-Rodríguez FJ, Sabelle C, Villarroel-Silva G, Gomolán P, Huaiquilaf S, Sanchez P. Effectiveness of Telerehabilitation in Physical Therapy: A Rapid Overview. Phys Ther. 2021; 101(6):pzab053. DOI: 10.1093/ptj/pzab053.

12. Tsvyakh AI, Hospodarskyy AY, Marchenkova NO, Kopytchak IR, Kostjuk VP, Lymar YA, Gdanskyi SM. Telerehabilitation of the knee joints of patients with polytrauma. Wiad Lek. 2021;74(1):48-51. DOI: 10.36740/wlek202101109.

13. Jirasakulsuk N, Saengpromma P, Khruakhorn S. The Real-time Telerehabilitation in Elderly People with Musculoskeletal Conditions: a Systematic Review and Meta-analysis. JMIR Rehabil Assist Technol. 2022; 9(3):e36028. DOI: 10.2196/36028.

14. Tsvyakh AI, Hospodarskyy AJ. Telerehabilitation of Patients with Injuries of the Lower Extremities. Telemed E Health. 2017;23(12):1011-1015. DOI:10.1089/tmj.2016.0267.

Andriy Tsvyakh, Volodymyr Lukianenko

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

OPTIMIZATION OF REHABILITATION TREATMENT OF VICTIMS WITH LOWER LIMB INJURIES AND DIABETES MELLITUS IN POLYTRAUMA THROUGH TELEREHABILITATION: CLINICAL AND FUNCTIONAL ASPECTS

SUMMARY. Polytrauma with lower extremity injuries remains one of the leading causes of long-term disability and functional impairment. The clinical course becomes significantly more complicated in patients with diabetes mellitus due to impaired microcirculation, delayed tissue healing, peripheral neuropathy, and increased susceptibility to infectious complications. In this context, telerehabilitation is considered a promising approach for optimizing post-traumatic recovery and improving continuity of care between inpatient and outpatient treatment stages.

The aim – to investigate the effectiveness of a telemedicine model for the rehabilitation of patients with lower extremity injuries associated with polytrauma and diabetes mellitus.

Material and Methods. The study included 96 patients with lower extremity injuries and diabetes mellitus. The retrospective group consisted of 74 patients who underwent conventional rehabilitation, while the main group included 22 patients who additionally participated in a telerehabilitation program using a portable monitoring device. Functional recovery was assessed using the Lower Extremity Functional Scale. Additional parameters included the average daily duration of rehabilitation exercises, the number of visits to medical facilities during the 3-week rehabilitation period, and the total rehabilitation specialist time spent per patient.

Results. The retrospective group consisted of 54 men (72.97 %) and 20 women (27.03 %), while the main group included 16 men (72.73 %) and 6 women (27.27 %). Rehabilitation in the retrospective group was based on early functional mobilization, edema management, and physiotherapy for three weeks. In the main group, the standard rehabilitation protocol was supplemented with a telemedicine model incorporating a portable device for real-time monitoring of limb function and exercise performance. After 21 days of rehabilitation, the main group demonstrated a higher proportion of excellent functional outcomes according to the LEFS scale (13.64 % vs. 9.46 %). The average daily rehabilitation time was significantly higher in the telerehabilitation group ((41±3) min vs. (29±7) min; $p<0.005$). At the same time, the number of visits to medical institutions decreased from (12±3) to (4±2) ($p<0.005$), while the total rehabilitation specialist time per patient decreased from (253±18) min to (112±11) min ($p<0.005$). The telemedicine model enabled continuous remote supervision, individualized adjustment of rehabilitation exercises, and improved patient adherence.

Conclusions. The integration of telerehabilitation into the complex treatment of patients with polytrauma, lower extremity injuries, and type 2 diabetes mellitus contributes to improved clinical and functional outcomes, reduced need for in-person consultations, and optimization of healthcare resources. Telemedicine technologies may serve as an effective component of long-term rehabilitation and continuity of care for this category of patients.

KEY WORDS: polytrauma; lower extremity; diabetes mellitus; telerehabilitation; LEFS; remote monitoring; rehabilitation.

Надійшла до редакції 09.01.2026
Прийнята після рецензування 17.04.2026
Подана до друку 14.05.2026

Електронна адреса для листування: lukianenko_asp@tdmu.edu.ua