

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет медицини і фармації
Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини та валеології

Соломенко Анна Михайлівна
Прізвище, ім'я, по батькові здобувача освіти

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРЕНУВАННЯ НА СТАБІЛОМЕТРИЧНІЙ
ПЛАТФОРМІ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ ПАДІННЯ У ПАЦІЄНТІВ
З ТРАНСФЕМОРАЛЬНОЮ АМПУТАЦІЄЮ**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра
за спеціальністю 227 «Терапія та реабілітація»
спеціалізація 227.01 Фізична терапія

Науковий керівник:
НЕХАНЕВИЧ Олег Борисович
доктор медичних наук,
професор
(підпис) _____

Рецензент:
ПІВНИК Алла Петрівна
посада, науковий ступінь,
вчене звання
(підпис) _____

Роботу рекомендовано до захисту
на засіданні кафедри фізичної реабілітації,
спортивної медицини та валеології
Протокол № ____ від «__» ____ 20__ р.
Завідувач кафедри _____

Роботу захищено на засіданні ЕК
з оцінкою ____ / ____ / ____
(за 200-бальною шкалою / шкалою ЄКТС)
Протокол № __ від «__» ____ 20__ р.
Голова ЕК _____

Дніпро – 2025

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	2
АНОТАЦІЯ.....	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ У ПАЦІЄНТІВ З ТРАНСФЕМОРАЛЬНОЮ АМПУТАЦІЄЮ	10
1.1. Сучасні підходи до фізичної терапії після ампутації нижньої кінцівки	10
1.1.1. Клінічні особливості пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки	11
1.1.2. Вплив ампутації на баланс і ризик падіння	15
1.1.3. Сучасні аспекти фізичної реабілітації пацієнтів після протезування нижньої кінцівки	19
1.2. Доказове обґрунтування застосування стабілометричних платформ у фізичній терапії пацієнтів з ампутаціями нижніх кінцівок.....	23
1.2.1. Механізми роботи стабілометричної платформи.....	24
1.2.2. Обґрунтування використання тренувань на стабілометричній платформі для зниження ризику падіння.....	28
Висновки до розділу 1	31
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	32
2.1. Методи дослідження.....	32
2.2. Організація дослідження	47
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	54
3.1. Вплив тренувань на стабілометричній платформі на покращення балансу у реальній клінічній практиці	54
3.2. Порівняльний аналіз ефективності традиційної фізичної реабілітації та реабілітації із застосуванням стабілометричної платформи у пацієнтів із протезованою нижньою кінцівкою після ампутації	59
Висновки до розділу 3	67
ВИСНОВКИ.....	69
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

АНОТАЦІЯ

Соломенко А.М. Ефективність тренування на стабілометричній платформі для зниження ризику падіння у пацієнтів з трансфеморальною ампутацією. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 227 Терапія та реабілітація, спеціалізація 227.01 Фізична терапія – Дніпровський державний медичний університет, Дніпро, 2025.

Науковий керівник: професор кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини та валеології Дніпровського державного медичного університету, доктор медичних наук, професор Неханевич О. Б.

Актуальність роботи продиктована прогресивним збільшенням населення з травматичними ампутаціями нижніх кінцівок в Україні серед військового та цивільного населення внаслідок тривалої воєнної агресії сусідньої держави. Кількість ампутацій, у тому числі нижніх кінцівок, за підрахунками Міністерства охорони здоров'я зросла в 6-7 разів від початку вторгнення. Оскільки збільшилися можливості, доступність та постійно вдосконалюються технології протезування, підвищується необхідність у адаптації до нових функціональних умов мобільності пацієнта та потребі фахової допомоги щодо запобігання пов'язаних ускладнень. Таке завдання покликане виконувати сучасна фізична терапія шляхом використання новітніх реабілітаційних технологій. Перспективним напрямком у фізичній терапії відновлення навичок утримання рівноваги та запобігання падінь є залучення стабілометричних платформ. Метою роботи була оцінка ефективності тренувань на стабілометричній платформі для зниження ризику падінь у пацієнтів із трансфеморальною ампутацією та розробка практичних рекомендацій для їх реабілітації.

Дизайну наукового дослідження передбачав проведення рандомізованого контрольованого дослідження із залученням двох груп пацієнтів із протезованою унілатеральною трансфеморальною ампутацією нижньої кінцівки, в яких проводилася фізична терапія за спеціально розробленою програмою. У одній груп застосовувалися тренування на стабілометричній платформі ALFA. Функціональна оцінка проводилася за візуальною аналоговою шкалою для фантомного болю, прогностичним тестом мобільності особи з ампутацією (Amputee Mobility Predictor, AMP), шкалою балансу Берга (Berg Balance Scale, BBS) та визначенням швидкості за десятиметровим тестом ходи (Ten-Meter Walk Test, 10MWT). Дослідження тривало 21 день із тренуваннями 5 днів на тиждень по 120 хв та 40 хв на платформі ALFA у основній групі.

Наукова новизна та практична значимість роботи полягають у проведенні вперше в Україні подібного комплексного експериментального дослідження, отриманні позитивних результатів на практиці та можливості використання результатів у клінічній практиці для розробки індивідуальних реабілітаційних програм в подальшому.

Основні результати. У основній групі реєструвалося значне зниження болю за ВАШ на 40.7% (до 1.6 балів), тоді як у контрольній групі, лише на 10.3% (до 2.6 балів) при рівних вихідних значеннях. Швидкість ходи за 10MWT в основній групі зросла з 0,744 до 0,818 м/с, в контрольній – з 0,76 до 0,803 м/с. Аналіз мобільності за AMP показав підвищення середнього балу в експериментальній групі з 34,7 до 41,9, у контрольній – з 34,9 до 38,0. За шкалою BBS оцінки рівноваги в основній групі виявлено приріст у 8.04% (з 44,3 до 48,8 балів), а у групі контролю – приріст у 4.11% (від 40,4 до 42,7 балів). Також виявлено підвищений ризик падінь у пацієнтів із більшим індексом маси тіла.

Висновки проведеної роботи. Застосування стабілометричної платформи сприяє ефективнішій реабілітації та швидшому розвитку компенсаторних механізмів рівноваги. У порівнянні зі стандартною фізичною терапією, досягнуто кращих результатів щодо попередження падінь, утримання балансу, швидкості ходи та позбавлення проявів фантомного болю.

Ключові слова: ампутація нижньої кінцівки, фізична терапія, стабілометрична платформа, мобільність пацієнта, реабілітаційні технології.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

10MWT	– Ten-Meter Walk Test, десятиметровий тест ходи
ALFA	– Стабілометрична платформа ALFA
AMP	– Amputee Mobility Predictor, Прогностичний тест мобільності особи з ампутацією
BBS	– Berg Balance Scale, шкала балансу Берга
NA	– Not applicable, не стосується (в таблицях)
АНК	– Ампутація нижньої кінцівки
ВООЗ	– Всесвітня організація охорони здоров'я
ДМ	– Доказова медицина
ІМТ	– Індекс маси тіла
КН	– Клінічна настанова
КП	– Клінічний протокол
МКФ	– Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я
ММТ	– Мануальне м'язове тестування
МОЗ	– Міністерство охорони здоров'я
ОЗ	– Охорона здоров'я
РКД	– Рандомізовані контрольовані дослідження
ФР	– Фізична реабілітація
ФТ	– Фізична терапія
ЯЖ	– Якість життя

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Ампутація нижньої кінцівки (АНК) є серйозним хірургічним втручанням, яке суттєво впливає на якість життя пацієнтів, обмежуючи їх функціональні можливості та соціальну активність [1]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щорічно у світі виконується близько 1,5-2 мільйони ампутацій нижніх кінцівок, що становить приблизно 200-300 випадків на 1 мільйон населення [1-3]. В Україні до початку повномасштабного вторгнення щорічно виконувалось близько 9-10 тисяч таких операцій, з показником 200-250 випадків на 1 мільйон населення, що відповідало середньоєвропейському рівню [4]. Частота ампутацій нижніх кінцівок демонструє стійку тенденцію до зростання в усьому світі, що пов'язано з підвищенням середньої тривалості життя та зростанням поширеності хронічних захворювань [1].

Етіологічна структура ампутацій нижніх кінцівок характеризується регіональними відмінностями, проте у глобальному масштабі провідною причиною залишаються судинні ускладнення цукрового діабету та облітеруючих захворювань судин, що становлять 70-85% усіх випадків ампутацій у розвинених країнах [5]. На другому місці знаходяться травматичні ампутації (10-15%), спричинені дорожньо-транспортними пригодами, виробничими травмами та іншими нещасними випадками [6]. Рідше зустрічаються ампутації, зумовлені онкологічними захворюваннями, вродженими вадами розвитку та інфекційними ускладненнями. В Україні до 2022 року ця структура була подібною до загальносвітової, з переважанням судинних патологій та діабетичних ускладнень (75-80%), травматичних ампутацій (12-15%) та інших причин (5-8%) [4-6].

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну, що розпочалося 24 лютого 2022 року, призвело до різкого зростання кількості травматичних ампутацій та суттєво змінило етіологічну структуру. За даними Міністерства охорони здоров'я України, за період з лютого 2022 року кількість ампутацій нижніх кінцівок внаслідок мінно-вибухових та вогнепальних

поранень зросла в 6-7 разів порівняно з довоєнним періодом та продовжує зростати. Особливо гостро ця проблема постала для військовослужбовців, серед яких ампутації нижніх кінцівок становлять близько 45% усіх отриманих важких бойових травм. Проте і серед цивільного населення, особливо у прифронтових регіонах та на деокупованих територіях, спостерігається значне зростання травматичних ампутацій внаслідок мінних та артилерійських уражень [6, 9, 12].

Одним із найбільш актуальних аспектів реабілітації пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки є підвищений ризик падінь, який за різними дослідженнями у 2-3 рази перевищує аналогічний показник у загальній популяції відповідного віку. Статистичні дані свідчать, що до 52% пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки повідомляють про падіння протягом першого року після протезування, а 75% пацієнтів висловлюють постійний страх падіння, що призводить до зниження фізичної активності, обмеження соціальної участі та погіршення якості життя [7-8]. Наслідки падінь можуть бути особливо серйозними для цієї групи пацієнтів, включаючи переломи, пошкодження культі, травми голови та довготривалу госпіталізацію, що підкреслює важливість ефективних стратегій профілактики.

Стабілометричні платформи є сучасним інструментом об'єктивної оцінки та тренування постурального контролю, що використовують принцип біологічного зворотного зв'язку для покращення балансу та координації [44, 100]. Інтеграція тренувань на стабілометричній платформі в реабілітаційні програми для пацієнтів з неврологічними та ортопедичними порушеннями призводить до зниження ризику падінь на 30-45% [26]. Проте, незважаючи на перспективність цього методу, в Україні бракує досліджень, які б систематизували та обґрунтовували протоколи тренувань на стабілометричній платформі специфічно для пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки, особливо в контексті сучасних реалій та зростаючої кількості травматичних ампутацій, зумовлених воєнними діями [14].

Доказова фізична терапія (ФТ) є невід'ємною складовою сучасної системи охорони здоров'я, яка забезпечує впровадження в клінічну практику методів та

технологій з підтвердженою ефективністю та безпечністю. В умовах обмежених ресурсів та великої кількості пацієнтів, що потребують реабілітації після АНК, особливо важливим є формування реабілітаційних підходів, заснованих на принципах доказової медицини [10-13]. Це дозволяє оптимізувати процес реабілітації, максимально ефективно використовувати наявне обладнання та ресурси, скоротити терміни відновлення функціональних можливостей пацієнтів та забезпечити стійкі довготривалі результати. Розробка та впровадження стандартизованих протоколів тренування на стабілометричній платформі для пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки сприятиме підвищенню якості реабілітаційної допомоги та відповідатиме сучасним вимогам до організації реабілітаційного процесу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження відповідає національним пріоритетам у сфері охорони здоров'я, спрямованим на розробку новітніх реабілітаційних технологій для пацієнтів з ампутаціями та виконується в рамках наукової програми кафедри, присвяченої покращенню якості життя пацієнтів із травматичними ураженнями.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є оцінка ефективності тренувань на стабілометричній платформі для зниження ризику падінь у пацієнтів із трансфеморальною ампутацією та розробка практичних рекомендацій для їх реабілітації.

Для досягнення мети дослідження було сформульовано завдання, що включають:

- 1) Дослідити проблеми актуальності та поширеності травматичних ампутацій нижніх кінцівок. Вивчення анатомо-фізіологічних особливостей пацієнтів із унілатеральною трансфеморальною ампутацією нижньої кінцівки;
- 2) Дослідити вплив ампутації нижньої кінцівки на баланс та ризик падіння;
- 3) Визначити сучасні напрямки фізичної реабілітації (ФР) пацієнтів із ампутаціями нижніх кінцівок, засновані на доказах;
- 4) Розробити програму тренувань пацієнтів із ампутаціями нижніх кінцівок із використанням стабілометричної платформи;

- 5) Здійснити порівняльний аналіз ефективності тренувань на стабілометричній платформі та традиційних методів фізичної реабілітації при ампутаціях нижньої кінцівки на рівні стегна;
- 6) Сформулювати рекомендації щодо впровадження стабілометричних платформ у систему реабілітації пацієнтів із ампутаціями нижніх кінцівок.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є процес фізичної реабілітації пацієнтів із трансфеморальною ампутацією. Предметом дослідження є вплив тренувань на стабілометричних платформах на показники рівноваги, координації та ризик падінь у пацієнтів із трансфеморальною ампутацією.

Методи дослідження. У магістерській роботі застосовано комплекс методів: аналіз наукової літератури, клінічні методи, у тому числі інструментальні, статистичний аналіз одержаних даних. Основними інструментами оцінки виступили: десятиметровий тест ходи, прогностичний тест мобільності особи з ампутацією, шкала балансу Берга, візуальна аналогова шкала.

Наукова новизна роботи: вперше в Україні проведено комплексне дослідження, яке оцінює ефективність тренувань на стабілометричних платформах у пацієнтів із трансфеморальною ампутацією. Отримано нові дані про вплив цих тренувань на зниження ризику падінь, покращення балансу та якості життя пацієнтів. На основі отриманих даних сформовано практичні рекомендації щодо застосування методики у практичній діяльності фізичного терапевта.

Теоретична значущість. Уточнено механізми порушення балансу у пацієнтів із ампутаціями. Досліджено та обґрунтовано застосування стабілометричних платформ як інструмента покращення балансу та попередження падінь у пацієнтів із ампутацією. Це сприятиме подальшому розвитку теоретичних основ вдосконалення реабілітаційних технологій вітчизняної фізичної терапії.

Практична значущість. Результати дослідження можуть бути використані у клінічній практиці для розробки індивідуальних реабілітаційних

програм для пацієнтів із ампутаціями нижніх кінцівок, зокрема трансфеморальних. Запропонована програма тренувань покликана сприяти покращенню функціональної незалежності пацієнтів та зниженню ризику травм.

Особистий внесок здобувача полягає в розробці програми фізичної терапії пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки із використанням стабілометричної платформи, самостійному укладанні методології експериментального дослідження з її застосуванням, безпосередньому проведенні експерименту у групах дослідження та контролю. Здобувачка особисто реєструвала результати та здійснювала їх опрацювання.

Апробація матеріалів кваліфікаційної роботи. Результати дослідження, одержані в ході виконання магістерської роботи будуть представлені на наукових конференціях різного рівня та опубліковані у фахових виданнях у вигляді наукових статей.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційну роботу представлено такими структурними елементами: вступ, 3 розділи із відповідними підрозділами, що становлять основний зміст роботи, загальні висновки, практичні рекомендації, список використаних джерел (n=101). Текст роботи викладено на 85 сторінках, з них основна частина складає 68 сторінок.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ У ПАЦІЄНТІВ З АМПУТАЦІЄЮ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

1.1. Сучасні підходи до фізичної терапії після ампутації нижньої кінцівки

АНК – це хірургічне видалення частини або всієї нижньої кінцівки, що проводиться з метою лікування важких травм, гангрени, інфекцій, злоякісних пухлин або судинних захворювань, коли інші методи лікування виявилися неефективними [16]. За типами ампутації поділяються на відкриті (з формуванням кукси для подальшого протезування) та закриті (з використанням клаптів для закриття рани), планові та екстрені, а за рівнем ампутації виділяють: ампутацію пальців стопи, трансметатарзальну (через плеснові кістки), ампутацію стопи за Лісфранком (через суглоб Лісфранка), ампутацію стопи за Шопаром (через суглоб Шопара), ампутацію стопи за Саймом (через гомілково-ступневий суглоб), транстибіальну ампутацію (нижче коліна через гомілкові кістки), екзартикуляційну в колінному суглобі, трансфеморальну ампутацію (вище коліна), та екзартикуляційну в кульшовому суглобі [17-18].

Сучасні підходи до ФТ після АНК базуються на міжнародних стандартах реабілітації та передбачають комплексний підхід до відновлення пацієнта. Основними напрямками є навчання ходьбі з протезом, розвиток м'язової сили та витривалості, сенсомоторна інтеграція, стабілізаційні тренування та когнітивно-моторна адаптація [19-20]. Особливу увагу приділяють ранньому втручанню для збереження функціональних можливостей, профілактиці вторинних ускладнень і поступовому підвищенню рівня фізичної активності [62]. Реабілітаційний процес орієнтований не лише на фізичну адаптацію, а й на соціальну інтеграцію пацієнтів, що включає підготовку до повсякденної активності та повернення до професійної діяльності [14, 20].

Попри значний прогрес у цій галузі, існує низка проблем, які ускладнюють ефективність ФТ [47, 62]. Відсутність уніфікованої системи реабілітаційного

супроводу, нерівномірний доступ до сучасного протезування та недостатня кількість фахівців із ФТ ускладнюють процес відновлення пацієнтів. Багато осіб після ампутації не отримують належного супроводу на всіх етапах реабілітації, що може призводити до функціональних обмежень, формування неправильних рухових стратегій та зниження якості життя [1, 6]. Крім того, недосконале фінансування реабілітаційних програм та недостатня інтеграція мультидисциплінарного підходу також залишаються актуальними викликами.

В Україні реабілітація осіб після АНК зазнала стрімкого розвитку у зв'язку зі зростанням кількості травматичних ампутацій унаслідок військових дій. Відбувається масштабне впровадження міжнародних стандартів реабілітації, зокрема ранньої ФТ, сучасного протезування та використання цифрових технологій для контролю рівноваги й моторної адаптації [4, 6]. З'являються спеціалізовані реабілітаційні центри, що впроваджують комплексний підхід до відновлення пацієнтів, залучаючи мультидисциплінарні команди. Зростає кількість фахівців, які проходять міжнародні навчальні програми, що сприяє покращенню якості реабілітації та інтеграції інноваційних методик у клінічну практик [6, 12].

1.1.1. Клінічні особливості пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки

Адаптація організму до АНК супроводжується комплексними змінами у функціонуванні опорно-рухового апарату, що зумовлює порушення біомеханіки ходи та зміщення центру маси тіла [17, 72]. Втрата опорної функції кінцівки викликає необхідність перебудови моторних патернів, що призводить до змін у розподілі навантаження на суглоби здорової ноги, таза та хребта [96]. Пацієнти змушені компенсувати нестачу стабільності шляхом зміни довжини кроку, збільшення часу подвійної опори та зниження швидкості пересування [55, 74].

Порушення пропріоцептивної регуляції є наслідком втрати сенсорних рецепторів у ділянці ампутованої кінцівки, що ускладнює контроль рухів та зменшує здатність до адаптивних реакцій. Відсутність аферентної інформації від

стопи обмежує можливості пацієнта оцінювати положення тіла у просторі, що зумовлює підвищене навантаження на зорову та вестибулярну систему для компенсації нестачі сенсорного зворотного зв'язку [32, 71, 89].

Залежно від рівня АНК у пацієнтів після ампутації спостерігається прогресуюча атрофія м'язів кульшового та колінного суглобів, що пов'язано із зниженням фізичного навантаження та тривалою іммобілізацією. Відсутність регулярної активності призводить до зменшення м'язової маси та сили, що ускладнює процес ходи та користування протезом. Додатково може формуватися нерівномірний розвиток м'язів контралатеральної кінцівки через збільшене навантаження [17, 96].

Деформаційні зміни хребта є типовим наслідком порушеного розподілу навантаження, що зумовлює зміну постави та розвиток сколіотичних чи лордотичних викривлень. Зміщення центру маси спричиняє асиметричне напруження м'язів спини, що може спричиняти хронічний біль та порушення функції міжхребцевих суглобів. У пацієнтів, які не використовують протез або мають нерівномірне навантаження, ризик розвитку остеохондрозу та дегенеративних змін значно зростає [58, 64].

Больовий синдром у пацієнтів після ампутації може бути зумовлений декількома факторами, зокрема ушкодженням нервових структур, недостатньою васкуляризацією тканин кукси та м'язово-скелетними порушеннями. Біль може мати різний характер – від постійного тупого до гострого, що з'являється при навантаженні або використанні протеза. Фантомний біль є поширеним явищем у пацієнтів після ампутації та характеризується відчуттям дискомфорту або болю в відсутній кінцівці. Механізм цього феномену пов'язаний із нейропластичними змінами у центральній нервовій системі, що спричиняють хибне сприйняття збереження кінцівки. У деяких випадках фантомні відчуття можуть значно ускладнювати процес адаптації до протезування. Формування невром у ділянці кукси є наслідком патологічного розростання нервових закінчень після ампутації, що відбувається через порушення нормального процесу регенерації нервової тканини. Невроми можуть спричиняти інтенсивний біль, особливо при

механічному подразненні, що ускладнює використання протеза та може призводити до необхідності додаткових хірургічних втручань. Локалізація та вираженість больового синдрому залежать від рівня ампутації, індивідуальних особливостей іннервації та ступеня компресії оточуючих тканин [63, 98].

Порушення трофіки тканин у ділянці кукси є наслідком зміненого кровопостачання та іннервації. У пацієнтів можуть розвиватися трофічні виразки, що пов'язані з механічним тиском протеза, порушенням венозного відтоку та інфекційними ускладненнями. Ризик розвитку пролежнів у пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки зростає через зміну розподілу навантаження на м'які тканини, особливо у випадках тривалого сидіння або використання неправильно підбраного протеза. Підвищений тиск у ділянці кукси може призводити до локального порушення кровопостачання, що є передумовою формування некротичних змін та виразкових дефектів. Відсутність своєчасної корекції механічного подразнення та недостатній догляд за шкірою можуть спричиняти вторинні інфекційні ускладнення, що значно погіршують загальний стан пацієнта та ускладнюють процес реабілітації. Профілактика та рання діагностика цих станів є важливими для успішного використання протезного пристрою [33, 57].

Формування контрактур у суглобах кукси є поширеним ускладненням, що обмежує рухливість та ускладнює протезування. Скорочення м'язів-згиначів кульшового суглоба та привідних м'язів стегна сприяє появі патологічних положень, що впливає на статику таза та біомеханіку ходи. Недостатня профілактика контрактур призводить до стійких деформацій, що значно ускладнює процес реабілітації [21, 28, 30, 96].

Психологічні зміни, що супроводжують ампутацію, включають реакції адаптації до втрати кінцівки, порушення сприйняття власного тіла та зміни емоційного стану. Часто у пацієнтів виникають депресивні розлади, підвищений рівень тривожності та соціальна ізоляція. Відсутність можливості повернення до звичного рівня активності сприяє зниженню самооцінки та втраті мотивації до реабілітації [17, 66].

Зміни у вісцеральних системах можуть включати порушення функції серцево-судинної системи, що проявляється нестабільністю артеріального тиску та підвищеним ризиком серцево-судинних ускладнень через зниження загальної фізичної активності. Крім того, спостерігаються зміни у функціонуванні шлунково-кишкового тракту через зміну рухового режиму та порушення обміну речовин [17].

Модифікація стереотипів рухової активності відбувається під впливом нових умов пересування, зокрема використання допоміжних засобів або протезування. Пацієнти змушені освоювати нові способи руху, що вимагає значних зусиль для контролю рухів та координації. У перші місяці після ампутації відзначається значне зростання енергетичних витрат під час пересування. У пацієнтів після ампутації часто розвиваються зміни у структурі та функціонуванні мускулатури куукси, що супроводжується порушенням тонуусу та зниженням силових характеристик. Це може зумовлювати складнощі у процесі реабілітації та потребує включення спеціалізованих методик для відновлення функції кінцівки. Зниження толерантності до фізичних навантажень є типовим явищем у пацієнтів після ампутації, що обумовлено зниженням загальної фізичної активності та адаптаційними змінами серцево-судинної системи. Прогресивне тренування та залучення до ФТ сприяють поступовій нормалізації фізичних можливостей та адаптації до повсякденного навантаження [30, 88].

Втрата активної участі у соціальному житті та обмеження професійної діяльності є поширеними наслідками ампутації, що впливають на загальну якість життя пацієнтів. Адаптація до змінених умов потребує комплексної психосоціальної підтримки та залучення до програм реабілітації [17].

1.1.2. Вплив ампутації на баланс і ризик падіння

АНК призводить до суттєвих змін у системі постурального контролю, що зумовлює порушення балансу та підвищений ризик падіння. Втрата дистального відділу опорно-рухового апарату змінює механізми збереження стійкості тіла як у статиці, так і в динаміці [7, 100]. Пацієнти після ампутації змушені адаптувати моторні стратегії до нових умов, що потребує підвищеної активності компенсаторних механізмів. До основних причин порушення балансу і ризику падіння відносяться [55]:

- 1) Порушення рівноваги та пропріоцепції
- 2) Зміщення центру маси тіла
- 3) Використання протеза
- 4) Слабкість м'язів кукси
- 5) Психологічні чинники.

Перерозподіл ваги після ампутації спричиняє зміщення центру маси тіла у напрямку контралатеральної кінцівки. Це ускладнює підтримання рівноваги, особливо під час переходу з однієї позиції в іншу, таких як стояння, ходьба або змінення напрямку руху. Втрата симетричності навантаження може призводити до нерівномірного розподілу напруження у м'язах тулуба та нижніх кінцівок, що ускладнює підтримання стабільної постави [53].

Дефіцит пропріоцептивного контролю є одним із основних факторів порушення балансу після ампутації. Відсутність сенсорного зворотного зв'язку від стопи позбавляє пацієнта можливості оцінювати контакт з опорною поверхнею, що ускладнює адаптацію до зміни положення тіла. В умовах недостатньої пропріоцептивної чутливості пацієнти змушені більше покладатися на зоровий та вестибулярний аналізатори для контролю рухів. Сенсорна інтеграція відіграє роль у підтриманні рівноваги, тож її порушення після ампутації вимагає компенсаторного залучення альтернативних джерел інформації про положення тіла. Пацієнти з ураженням зорової системи або

вестибулярного апарату відчують ще більші труднощі з балансом, оскільки їхні можливості для компенсації пропріоцептивного дефіциту обмежені [57].

Ризик падіння після ампутації значно зростає під час виконання рухів, що вимагають зміни пози або швидкої реакції на зовнішні подразники. Особливо це стосується ситуацій, коли пацієнт змушений балансувати на одній нозі або здійснювати несподівані корекційні рухи для збереження рівноваги. Недостатня реактивність компенсаторних механізмів може спричиняти нестабільність під час пересування нерівною поверхнею або при використанні допоміжних засобів для ходьби [28].

Особливості біомеханіки ходи у пацієнтів після ампутації включають зменшення швидкості пересування, збільшення часу подвійної опори та зміну довжини кроку. Ці фактори спрямовані на підвищення стабільності, однак водночас призводять до збільшення енергетичних витрат і зниження ефективності пересування. Дисбаланс у параметрах ходи може також впливати на стійкість під час руху по схилах або нерівних поверхнях. Втрата ефективних стратегій рівноваги після ампутації змушує пацієнтів використовувати альтернативні механізми стабілізації [53]. До них належать збільшене залучення м'язів тулуба та верхніх кінцівок, що може призводити до підвищеного м'язового напруження та втоми. Фізична втома є додатковим фактором, що впливає на рівновагу та ризик падіння. Висока енергетична вартість пересування у пацієнтів з ампутацією призводить до швидкої втоми м'язів, що обмежує ефективність компенсаторних реакцій та збільшує ймовірність втрати рівноваги при тривалих фізичних навантаженнях [47, 51]. Крім того, асиметричне навантаження на контралатеральну кінцівку може спричиняти перевантаження опорно-рухового апарату та розвиток вторинних ускладнень.

Використання протеза змінює умови балансу, оскільки створює нову біомеханічну структуру з іншими характеристиками стабільності. Пацієнти, які не звикли до протезування, можуть відчувати труднощі з рівновагою через необхідність адаптації до нових точок опори та обмежень рухливості штучного сегмента [95]. Неправильне налаштування протеза або невідповідний рівень

мобільності можуть додатково збільшувати ризик падіння. Відомо, що близько 60% пацієнтів із АНК відзначали хоча б одне падіння в перший рік після ампутації згідно досліджень [7-8]. Тому, рекомендації щодо навичок самостійної вертикалізації пацієнта повинні бути складовою кожної програми ФТ при АНК [77].

Психологічні фактори також відіграють роль у формуванні рівноважних стратегій після ампутації. Страх падіння може призводити до компенсаторного уникнення активності, що спричиняє подальше зниження м'язової сили та функціональних можливостей. Деякі пацієнти свідомо змінюють патерн ходи, намагаючись обмежити ризик втрати рівноваги, що, однак, може негативно впливати на загальну ефективність руху [95].

Динамічні аспекти рівноваги у пацієнтів після ампутації можуть ускладнюватися змінами у межах стабільності, тобто здатністю підтримувати рівновагу під час активного руху. Зменшення можливостей корекції пози може спричиняти нестабільність при раптових змінах швидкості, обертах або переходах між різними типами поверхонь [30].

Супутні вибухові або вогнепальні ураження у разі АНК внаслідок бойової травми у пацієнтів часто спричиняють політравму, що включає ураження верхніх кінцівок, хребта чи органів черевної порожнини, посилюючи функціональні обмеження та ускладнюючи адаптацію до протеза. Крім того, посттравматичні стани, такі як фантомний біль, нейропатія, м'язові контрактури та порушення пропріоцепції, можуть негативно впливати на контроль положення тіла. Психологічні аспекти, зокрема посттравматичний стресовий розлад, депресія та підвищена тривожність, також сприяють погіршенню когнітивного контролю рухів, що додатково підвищує ймовірність падінь у цієї категорії пацієнтів [7, 56, 72].

Таким чином, пацієнти з АНК внаслідок падінь мають ризик наступних ускладнень при порушенні балансу та падіннях [7, 55]:

- 1) Фізичні травми у вигляді переломів, забоїв та пошкодження м'яких тканин, що ускладнює подальшу реабілітацію. Особливо небезпечними

є повторні травми кукси, які можуть викликати ускладнення протезування.

- 2) Погіршення функціонального стану через тривалий період знерухомлення внаслідок травми після падіння проявляється м'язовою атрофією, контрактурами та загальним погіршенням фізичного статусу.
- 3) Психологічні наслідки у пацієнтів, які після падінь відчують страх повторних травм, що супроводжується уникненням активності. Це може викликати ізоляцію, тривожні розлади, депресію. Доведено, що близько 40% пацієнтів із ампутаціями повідомляють про зниження соціальної активності через страх падінь.
- 4) Зниження якості життя: часті падіння знижують фізичну активність пацієнтів, обмежують соціальну взаємодію та незалежність. Це негативно впливає на здатність пацієнтів з АНК до самообслуговування та участі в соціальному житті.

Довгострокові наслідки ампутації включають адаптаційні зміни у руховій системі, що можуть впливати на баланс навіть через багато років після операції. Формування ефективних стратегій рівноваги є необхідною умовою для збереження незалежності та якості життя пацієнта, що вимагає постійного залучення до фізичної активності та підтримки оптимального рівня функціональної мобільності [17].

Середовище, в якому пересувається пацієнт, може суттєво впливати на ризик падіння. Наявність нерівних або слизьких поверхонь, відсутність поручнів чи інших допоміжних засобів може створювати додаткові труднощі у збереженні рівноваги [7]. Пацієнти після ампутації змушені адаптувати свою поведінку до таких умов, що може обмежувати їхню мобільність [55]. Проблеми з балансом та підвищений ризик падіння потребують комплексного підходу до ФР, спрямованого на відновлення рівноважних навичок та покращення моторного контролю [61, 67, 70]. Включення стабілометричних тренувань, використання допоміжних пристроїв та поступове збільшення фізичного навантаження

дозволяє зменшити ймовірність падінь і покращити загальну стійкість пацієнта [93].

1.1.3. Сучасні аспекти фізичної реабілітації пацієнтів після протезування нижньої кінцівки

ФР після протезування нижньої кінцівки спрямована на поступову адаптацію пацієнта до використання протеза, відновлення функціональної активності та забезпечення максимальної незалежності у повсякденному житті. Одним із ключових аспектів реабілітації є догляд за куксою, що включає профілактику подразнень, пролежнів і запальних процесів. Пацієнтів навчають правильному миттю, сушінню та зволоженню шкіри, а також використанню спеціальних кремів для запобігання надмірному тертю в місці контакту з протезом [33, 57].

Методи компресійної терапії кукси (зокрема, із використанням компресійних панчохів, еластичних бинтів чи лайнерів) застосовують для зменшення набряку, покращення кровообігу та формування правильної конічної форми, що полегшує адаптацію до протеза. Використання компресійної терапії є особливо ефективним у ранньому післяопераційному періоді для контролю об'єму кукси та профілактики гіпертрофічних змін м'яких тканин [14, 77]. Засоби компресійної терапії бувають трьох типів – м'які (еластичні), напівжорсткі та жорсткі. Метою застосування м'якої пов'язки є фіксація кукси шляхом обгортання її «вісімкою» за допомогою еластичного або гумового бинта для сприяння загоєнню та дозріванню кукси після АНК. Така компресія зменшує набряк кукси, попереджає виникнення гематом, спрощує формування конусоподібної форми, а також зменшує ризик запалення та інфекції під впливом зовнішніх факторів. Задля попередження обмеження кровотоку необхідне застосування оптимального рівня компресії, а для досягнення конічної форми кукси дистальну частину бандажують щільніше, ніж проксимальну. В якості напівжорсткої компресійної терапії застосовують пневматичні шини, що є

досить простими у застосуванні, забезпечують достатню візуалізацію кукси, що покращує контроль, а також згідно деяких даних літератури, мають позитивний психологічний ефект [33]. Більш сучасною варіацією є силіконові лайнери, які також мають позитивний вплив на загоєння рубця. Недоліком напівжорстких засобів є можливі подразнення шкіри та порушення кровообігу при довготривалому безперервному використанні, однак при правильному догляді за куксою та дотриманню рекомендацій з використання ці ускладнення можна попередити. В якості жорстких засобів використовується гіпсова пов'язка, однак таке бандажування попри найменший ризик травматизації кукси має ряд недоліків, пов'язаних з потребою частої їх зміни і практично не використовується [33].

Сучасні методи ФТ включають активне тренування балансу, оскільки пацієнти після ампутації мають змінений центр маси тіла, що потребує специфічної адаптації. Одним із ефективних засобів для цього є слінг-системи, які дозволяють проводити тренування з частковим розвантаженням ваги, забезпечуючи безпечне відновлення рухових навичок і рівноваги. Вони також сприяють покращенню координації та розвитку пропріоцептивного контролю. Доведеною ефективністю володіє рекомендація раннього реабілітаційного втручання задля досягнення кращих та швидших позитивних результатів [14, 47, 51, 61, 70, 77]. Роботизовані тренажери, зокрема екзоскелети та системи з біологічним зворотним зв'язком, дають змогу пацієнтам відпрацьовувати правильні патерни ходи та рівноваги. Завдяки сенсорним технологіям пристрої адаптують навантаження відповідно до індивідуальних особливостей пацієнта, що сприяє швидшому засвоєнню моторних навичок та зниженню ризику падінь [44]. На сьогодні доступність таких засобів в Україні є різко обмеженою, в першу чергу через вартість технології та її обслуговування.

Натомість, шина Томаса у ФР пацієнтів з трансфеморальною ампутацією нижньої кінцівки виступає ефективним засобом допротезної підготовки завдяки унікальній конструкції з металевого кільця та повздовжніх стрижнів, які забезпечують рівномірний розподіл навантаження та запобігають розвитку

контрактур кукси. Згідно з сучасними доказовими дослідженнями, рання аплікація шини Томаса може впливати на прискорення загоєння рубця, формування функціональної кукси кінчної форми та запобігання патологічним деформаціям, що безпосередньо корелює з поліпшенням ЯЖ пацієнта та скороченням періоду до остаточного протезування. Застосування шини дозволяє ефективно контролювати набряк, підтримувати правильну поставу, поступово адаптувати куксу до механічного навантаження та відновлювати пропріоцептивну чутливість тканин кукси, що є фундаментальними умовами для успішної адаптації до постійного протеза [101].

Методики тренування рівноваги із застосуванням нестабільних платформ, зокрема BOSU-платформи, дозволяють покращити стабільність під час стояння та ходьби. Використання таких пристроїв активізує глибокі м'язи, залучає пропріоцептивну систему та допомагає виробити стратегії компенсації зміненої біомеханіки руху [68-69].

Додатковим засобом для реабілітації є сходові тренажери, які моделюють повсякденну активність пацієнтів. Під час навчання ходьбі сходами пацієнти опановують контрольовані рухи, рівномірний розподіл ваги та адаптацію до різних типів поверхонь. Такі тренування допомагають зменшити навантаження на протезований бік та підвищити рівень впевненості в рухах [20, 37, 44, 46].

Існують свідчення ДМ на користь застосування з метою ФР пацієнтів із АНК кінезіотерапії та гідрокінезіотерапії [37].

Застосування технологій віртуальної реальності відкриває нові можливості у ФР пацієнтів після ампутації. Спеціальні програми імітують різні сценарії ходьби та рівноваги, дозволяючи пацієнтам відпрацьовувати навички руху у безпечному середовищі. Крім того, віртуальна реальність сприяє нейропластичності та розвитку когнітивно-моторних зв'язків, що є необхідним для формування нових рухових стратегій [24].

Дзеркальна терапія використовується для зменшення фантомного болю та покращення сприйняття власного тіла. Метод полягає у створенні візуальної ілюзії присутності ампутованої кінцівки шляхом спостереження за

відображенням здорової кінцівки у дзеркалі. Це активізує нейронні зв'язки в моторних зонах головного мозку, що може сприяти зменшенню дискомфорту та покращенню функціональної адаптації [77].

Ефективність реабілітаційних заходів значною мірою залежить від системного підходу та регулярності тренувань. Реабілітаційний процес передбачає поступове підвищення навантаження з урахуванням індивідуальних можливостей пацієнта. Систематичність занять сприяє відновленню функціональних навичок, підвищенню фізичної витривалості та запобіганню вторинним ускладненням. Залучення мультидисциплінарної команди відіграє ключову роль у реабілітації осіб після протезування. Фізичні терапевти, травматологи, ортопеди-протезисти, лікарі ФРМ, неврологи, ерготерапевти та психологи спільно розробляють індивідуальні програми терапії, що враховують рівень ампутації, стан кукси, супутні захворювання та психоемоційний стан пацієнта [54].

Адаптація до протезування включає також навчання контролю м'язової активності та використання додаткових пристроїв, таких як міоелектричні датчики, які можуть покращувати управління протезом у пацієнтів з ампутацією вище рівня колінного суглоба [14, 61, 67]. Однак, у вітчизняних умовах їх використання є обмеженим.

Додатковим компонентом сучасної реабілітації є когнітивні тренування, які сприяють покращенню просторового орієнтування, уваги та реакції на зміни в положенні тіла. Це особливо актуально для осіб, які відчують труднощі з адаптацією до зміненої біомеханіки руху після ампутації. Реабілітаційні заходи після протезування спрямовані також на соціальну адаптацію пацієнтів. Навчання впевненій ходьбі, спроможність виконувати повсякденні завдання та повернення до трудової діяльності є невід'ємними складовими успішної реабілітації [66, 71, 73].

Перспективи розвитку реабілітації після ампутації пов'язані із впровадженням новітніх технологій, таких як нейростимуляція, біонічні протези та персоналізовані алгоритми реабілітації, що базуються на аналізі даних рухової

активності. Комплексний підхід та застосування інноваційних методів дають змогу значно покращити якість життя пацієнтів після АНК.

1.2. Доказове обґрунтування застосування стабілометричних платформ у фізичній терапії пацієнтів з ампутаціями нижніх кінцівок

Сучасна реабілітаційна наука підтверджує ефективність використання стабілометричних платформ у роботі з пацієнтами після ампутації нижніх кінцівок. Згідно з метааналізом, проведеним Wong та співавторами [74, 76], систематичне тренування на стабілометричній платформі демонструє значне покращення показників статичної та динамічної рівноваги у даній категорії пацієнтів, про що свідчить зниження показників індексу постурального балансу на 42% після 6-тижневого курсу тренувань. Дослідження Kaufman та колег (2024) продемонструвало, що застосування біологічного зворотного зв'язку шляхом візуалізації центру тиску на стабілометричній платформі сприяє формуванню більш симетричного розподілу навантаження між кінцівками, що корелює зі зниженням ризику падінь на 35% протягом подальшого періоду спостереження [47, 51].

Важливим аспектом доказової бази є підтверджений вплив тренувань на стабілометричній платформі на нейропластичні процеси. Систематичний огляд Monteiro та ін. (2024), аналізує активацію додаткових компенсаторних зон моторної кори головного мозку після курсу стабілометричних тренувань у пацієнтів з ампутаціями нижніх кінцівок. Центральні нейропластичні зміни корелюють з покращенням показників контролю балансу та зниженням енергетичних витрат при ходьбі на 17-23%, що підтверджується дослідженнями біомеханіки руху. Інтеграція стабілометричних тренувань у комплексні реабілітаційні програми, за даними рандомізованих контрольованих досліджень (РКД) Wang та співавторів (2024), прискорює процес адаптації до протезу та скорочує час до досягнення самостійної безпечної мобільності пацієнтів на 24% порівняно з контрольними групами [32].

Клінічно значущим аспектом застосування стабілометричних платформ є їх вплив на психологічний стан пацієнтів. Дослідження показали, що об'єктивізація прогресу під час тренувань на стабілометричній платформі сприяє підвищенню самоефективності пацієнтів на 31%, зниженню рівня тривожності щодо потенційних падінь на 40% та підвищенню загальної якості життя, що оцінюється за допомогою валідованих опитувальників [93]. Керівні принципи Міжнародного товариства протезування та ортопедії (ISPO) від 2023 року включають рекомендацію щодо інтеграції об'єктивних методів оцінки та тренування балансу, включаючи стабілометрію, у стандартні протоколи реабілітації після ампутацій нижніх кінцівок з рівнем доказовості А [86]. Це підтверджує, що науково обґрунтоване включення стабілометричних платформ у реабілітаційний процес є необхідною складовою для досягнення оптимальних функціональних результатів та зниження ризику падінь у пацієнтів з ампутаціями нижніх кінцівок.

1.2.1. Механізми роботи стабілометричної платформи

Стабілометрична платформа є пристроєм для аналізу та тренування статичного і динамічного балансу шляхом реєстрації коливань центру тиску тіла пацієнта. Принцип роботи базується на застосуванні датчиків сили, які визначають розподіл навантаження на поверхню платформи. Дані, отримані в режимі реального часу, використовуються для оцінки стійкості пацієнта, корекції стратегії рівноваги та розробки індивідуальної програми ФР. Конструкція платформи передбачає наявність чутливих сенсорних елементів, які реагують на найменші зміни положення центру маси користувача. Вони перетворюють механічний вплив на електричні сигнали, що надходять до програмного забезпечення для подальшого аналізу. Це дозволяє визначати амплітуду, частоту та напрямок зміщень центру тиску, що є індикаторами ефективності функціонального контролю положення тіла [26, 36, 40].

Платформи використовуються як діагностичний інструмент для оцінки балансу та ризику падінь, а також як тренажер для покращення стабільності під час стояння та руху. Функціональні можливості пристрою дають змогу проводити тести на симетрію навантаження, швидкість реакції на зміну рівноваги, адаптацію до змінних умов опори та здатність до компенсації порушень балансу [45, 64].

Одним із ключових аспектів роботи платформи є інтеграція біологічного зворотного зв'язку, що дозволяє пацієнту візуалізувати свої рухи та коригувати їх у режимі реального часу. Завдяки цьому пацієнти можуть навчатися оптимальним стратегіям підтримки рівноваги, що сприяє підвищенню ефективності реабілітаційного процесу. Механізми стабілометричної платформи можуть включати як жорстку нерухому опорну поверхню, так і динамічні елементи, що дозволяють відпрацьовувати стратегії адаптації до нестабільних умов. Використання рухомої платформи імітує реальні ситуації, з якими пацієнти стикаються в повсякденному житті, наприклад, нерівномірні поверхні або раптові зміни вектору навантаження [67-69].

Програмне забезпечення платформи містить алгоритми для обробки даних та побудови індивідуальних профілів пацієнтів. Воно дозволяє аналізувати динаміку змін рівноваги в процесі реабілітації, визначати ефективність тренувань і коригувати їх відповідно до потреб користувача. Також можливе використання інтерактивних вправ, що покращують мотивацію пацієнтів та забезпечують додатковий рівень залученості у реабілітаційний процес [40].

Застосування стабілометричних платформ у ФР дає змогу визначати компенсаторні механізми, які використовують пацієнти для підтримки рівноваги після ампутації. Аналізуючи розподіл навантаження між кінцівками, спеціалісти можуть коригувати патерни руху, спрямовуючи реабілітацію на розвиток більш ефективних стратегій контролю положення тіла. Однією з переваг платформи є можливість моделювання різних рівнів складності завдань, що дає змогу поступово адаптувати пацієнта до складніших умов рівноваги. Це може включати зміну швидкості руху, варіацію опорної площі або введення

додаткових когнітивних завдань, що стимулюють комплексну адаптацію нервово-м'язової системи. Інтерфейс програми зображено на рисунку 1.1.

Стабілометрична платформа ALFA вирізняється розширеними можливостями адаптивного налаштування, високою точністю вимірювань та інтеграцією з сучасними реабілітаційними технологіями. Пристрій має вдосконалені сенсорні елементи, які забезпечують точне відстеження рухів та аналіз змін положення центру маси з мінімальною похибкою.

Рис. 1.1 – Інтерфейс програмного забезпечення стабілометричної платформи ALFA

Програмне забезпечення ALFA містить широкий спектр тестів для оцінки рівноваги та координації рухів. Воно дозволяє проводити детальний аналіз відхилень центру тиску, що використовується для створення персоналізованих тренувальних програм. Завдяки можливості налаштування параметрів вправ фахівці можуть адаптувати реабілітаційний процес до індивідуальних потреб пацієнта. Додатковою перевагою ALFA є наявність інтегрованої системи біологічного зворотного зв'язку, що сприяє формуванню правильних рухових навичок та прискорює процес відновлення. Пацієнти можуть візуально контролювати свої рухи на екрані, отримуючи миттєвий зворотний зв'язок про ефективність виконання вправ (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Застосування технології біологічного зворотного зв'язку на стабілометричній платформі ALFA

ALFA також підтримує можливість використання віртуальної реальності, що дозволяє пацієнтам відпрацьовувати навички рівноваги у змодельованих середовищах. Такий підхід підвищує мотивацію до тренувань, а також створює додатковий рівень стимуляції нервово-м'язової системи. Конструктивні особливості ALFA забезпечують стабільність платформи навіть при високих навантаженнях, що робить її придатною для використання в реабілітації осіб з різним рівнем фізичної підготовки. Це сприяє розширенню діапазону її застосування – від початкових етапів відновлення після ампутації до підготовки пацієнтів до більш інтенсивних фізичних навантажень. Завдяки можливості довготривалого моніторингу показників рівноваги ALFA дозволяє об'єктивно оцінювати ефективність реабілітації та адаптувати програму ФТ відповідно до прогресу пацієнта. Це робить платформу ефективним інструментом для персоналізованої реабілітації осіб після АНК.

1.2.2. Обґрунтування використання тренувань на стабілометричній платформі для зниження ризику падіння

Використання стабілометричних платформ у реабілітації пацієнтів після АНК ґрунтується на їх здатності забезпечувати цілеспрямоване тренування рівноваги та постурального контролю. Наукові дослідження підтверджують, що відсутність сегмента кінцівки призводить до перерозподілу навантаження на опорну ногу та змін у патернах руху, що впливає на здатність пацієнта підтримувати стійкість під час статичних і динамічних рухів. Стабілометрична платформа дозволяє об'єктивно оцінювати параметри рівноваги та розробляти персоналізовані програми відновлення, спрямовані на адаптацію до нових умов рухової активності.

Дослідження показують, що нестача пропріоцептивного контролю у пацієнтів з ампутацією є однією з основних причин підвищеної нестабільності під час стояння та ходьби. Завдяки використанню стабілометричних платформ можливе цілеспрямоване тренування нейром'язової координації, що сприяє формуванню компенсаторних механізмів підтримки рівноваги. Регулярні заняття на платформі покращують здатність пацієнтів ефективно контролювати положення тіла у просторі, що позитивно впливає на їхню мобільність та зменшує ймовірність втрати рівноваги.

Сенсомоторна адаптація після ампутації потребує комплексного підходу, оскільки порушення рівноваги має як біомеханічні, так і неврологічні аспекти. Тренування на стабілометричній платформі сприяють підвищенню чутливості сенсорних систем, залучених до контролю положення тіла. Біологічний зворотний зв'язок, який забезпечується під час занять, допомагає пацієнту краще усвідомлювати власні рухи та коригувати помилки в реальному часі. Це сприяє швидшому розвитку адаптаційних стратегій, що забезпечують стабільність у різних умовах рухової активності.

Ризик падінь у пацієнтів після ампутації є серйозною проблемою, оскільки він може призводити до вторинних травм, що ускладнюють процес реабілітації.

Дослідження підтверджують, що пацієнти, які проходять стабілометричні тренування, демонструють покращення у контролі рівноваги та зменшення частоти епізодів втрати рівноваги. Це пов'язано із підвищенням здатності до швидкого коригування положення тіла у разі порушення стабільності, що має значення під час виконання повсякденних рухів.

Важливим аспектом тренувань є їхній вплив на рівень м'язової активності та розвиток ефективних стратегій навантаження. Пацієнти з ампутацією часто демонструють асиметричний розподіл ваги та надмірне навантаження на інтактну кінцівку, що може призводити до перевантаження суглобів і м'язів. Заняття на стабілометричній платформі сприяють нормалізації вагового розподілу та розвитку рівномірного м'язового контролю, що знижує ризик перевантаження та розвитку супутніх патологій опорно-рухового апарату.

Стабілометричні тренування також мають значення для розвитку когнітивно-моторних навичок, оскільки постійний аналіз зворотного зв'язку та корекція рухів сприяють покращенню інтеграції сенсорної інформації. Дослідження свідчать, що поєднання балансувальних вправ із когнітивними завданнями підвищує ефективність контролю рівноваги в умовах повсякденної діяльності. Це особливо актуально для пацієнтів, які повертаються до активного соціального життя, оскільки вони змушені адаптуватися до різноманітних ситуацій, що вимагають швидкого реагування.

Частина наукових робіт підтверджує, що стабілометричні тренування є ефективними не лише для пацієнтів на пізніх етапах реабілітації, а й у підготовці до протезування. Вони дають змогу оцінити рівень контролю рівноваги та розробити оптимальні стратегії адаптації ще до початку використання протеза. Завдяки цьому пацієнти краще адаптуються до змін у навантаженні та швидше освоюють навички ходьби з протезом.

Індивідуальна адаптація реабілітаційних програм з використанням стабілометричних платформ дозволяє розширити можливості терапії залежно від рівня підготовки пацієнта. Дослідження показують, що поступове збільшення складності вправ та використання варіативних умов тренувань сприяє

ефективнішому розвитку стійкості під час виконання динамічних рухів. Це має значення для осіб, які прагнуть відновити не лише базову мобільність, а й виконувати складні рухові завдання у повсякденному житті.

Регулярні тренування на стабілометричних платформах забезпечують позитивний вплив на якість життя пацієнтів, зменшуючи їхню залежність від сторонньої допомоги. Дослідження свідчать, що систематичне використання таких платформ сприяє підвищенню рівня самостійності, що є ключовим фактором успішної соціальної та професійної реінтеграції. Таким чином, тренування рівноваги на стабілометричних платформах є обґрунтованим і ефективним методом ФР, що сприяє адаптації до змінених умов рухової активності та зменшенню ризику падінь.

Висновки до розділу 1

Аналіз літератури підтвердив, що ампутація нижньої кінцівки значно впливає на функціональний стан пацієнтів, спричиняючи зміни у балансі, мобільності та ЯЖ. Втрата кінцівки супроводжується зміщенням центру маси тіла, порушенням пропріоцепції та необхідністю адаптації до нових умов руху.

Підвищений ризик падінь є однією з головних проблем пацієнтів після ампутації, що пов'язано з біомеханічними та сенсорними змінами, а також психологічними факторами. Дослідження підтверджують, що ефективна реабілітація повинна бути спрямована не лише на відновлення сили м'язів, а й на покращення рівноваги та стабільності під час руху.

Сучасні методи фізичної терапії пацієнтів з ампутацією включають використання спеціалізованих тренажерів, нестабільних платформ, слінг-систем та роботизованих пристроїв для покращення балансу. Особливу роль відіграє застосування стабілометричних платформ, які дозволяють об'єктивно оцінювати рівновагу та адаптувати реабілітаційну програму до індивідуальних потреб пацієнта. Використання стабілометричних платформ є доказово обґрунтованим методом фізичної терапії, що дозволяє зменшити ризик падінь, покращити моторний контроль та сприяти більш швидкій адаптації пацієнтів до протезування.

Включення біологічного зворотного зв'язку у процес реабілітації покращує ефективність навчання контролю рівноваги та сприяє швидшому відновленню функціональної незалежності. Це підтверджує необхідність інтеграції сучасних технологій у реабілітаційний процес для оптимізації результатів лікування. Тому, вважаємо, що доказові методи ФР та ФТ, включаючи тренування на стабілометричних платформах, мають бути інтегровані у стандарти фізичної терапії для пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки, оскільки вони сприяють зменшенню ризику падінь, підвищенню якості життя та покращенню мобільності.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Методи дослідження

Для втілення цілей та завдань кваліфікаційної роботи було застосовано комплекс наукових методів, що відповідав етапам її виконання. Відправним пунктом роботи та її базовим елементом був огляд наукової літератури за обраною темою дослідження. З цією метою проведено комплексний доказовий пошук у наукометричних базах даних з подальшим ґрунтовним бібліографічним аналізом релевантних джерел. Доказовий пошук проведено у наступних базах даних: PubMed, Scopus, UpToDate, Web of Science, PEDro, Google Scholar. пошук літератури у відповідних наукових базах даних відбувався із використанням формату PICOT, а аналіз відповідав протоколу PRISMA.

Для пошуку необхідних джерел літератури було визначено ключові терміни та словосполучення, а саме: postural control physical therapy (3605) (+ amputation – 44), postural balance physical therapy (3267) (+ amputation – 43), amputee balance physical therapy (49), amputee balance rehabilitation (108), unilateral amputation balance (97), traumatic amputation balance (28), transfemoral amputation rehabilitation (306), transfemoral amputation physical therapy (75), stump physical therapy (49), unilateral amputation posture stability (17), stabilometric platform (108), stability platform for balance physiotherapy (75), stabilometric platform for balance physiotherapy (24, 21 – для виразу із терміном physical therapy). Також були використані модифікації вказаних термінологічних словосполучень. Діапазон пошуку охоплював 2020-2025 роки, однак у дослідження були включені деякі релевантні публікації за попередній період. Для ширшого охоплення та пошуку вітчизняних джерел було здійснено додатковий пошук літератури українською відповідних термінологічних формулювань українською мовою. В результаті пошуку було сформовано базу із 7470 посилань. У подальшому, було вилучено дубляжі, відібрано релевантні публікації, визначено можливість доступу до

повнотекстових версій. Кінцевий результат склав 84 публікації. Алгоритм бібліографічного аналізу наведено на рисунку 2.1.

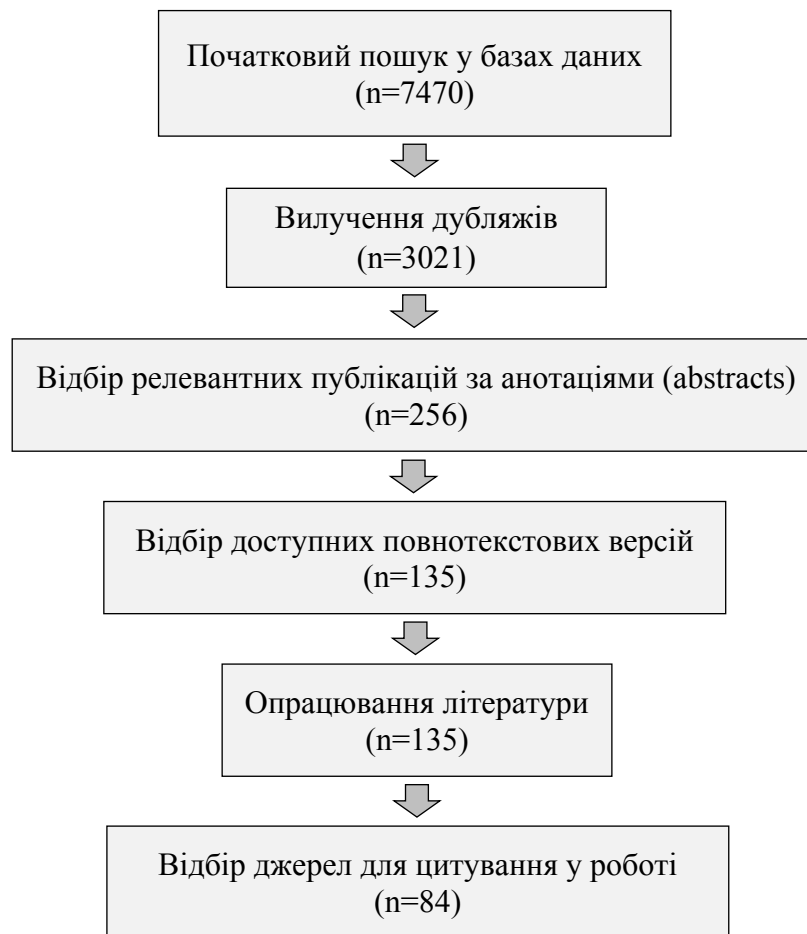


Рис. 2.1 – Алгоритм доказового пошуку на етапі бібліографічного аналізу наукової літератури

Для відбору пацієнтів у дослідження застосовано комплексний підхід, який ґрунтувався на багатофакторній оцінці стану кожного потенційного учасника. Процес селекції охоплював детальний аналіз медичної документації, оцінку функціонального стану опорно-рухового апарату, визначення ступеня адаптації до протезування, вимірювання силових показників збережених м'язових груп, а також урахування часу, що минув після ампутації та первинного протезування. Додатково оцінювалися неврологічний статус пацієнта, стан серцево-судинної системи, наявність супутніх патологій та їхній вплив на реабілітаційний потенціал, психоемоційний стан та мотивація до участі в

дослідженні. Такий всебічний підхід до відбору забезпечив формування репрезентативної вибірки учасників, що відповідала меті дослідження та дозволяла отримати достовірні результати.

У представленому науковому дослідженні з вивчення застосування стабілометричної платформи для ФТ протезованих пацієнтів з унілатеральною трансфеморальною ампутацією була використана рандомізація методом конвертів для розподілу 20 учасників на дві рівнозначні групи по 10 пацієнтів. Процедура передбачала використання непрозорих, герметично запечатаних однакових конвертів, кожен з яких містив аркуш паперу з зазначенням приналежності до дослідної або контрольної групи, причому підготовка та запечатування конвертів здійснювалися незалежною особою, не залученою безпосередньо до процесу обстеження та лікування пацієнтів. Під час включення пацієнта до дослідження, після підтвердження відповідності критеріям включення та підписання інформованої згоди, учасник у присутності дослідника обирав один із пронумерованих конвертів із загального набору, після чого конверт відкривався, і пацієнт офіційно розподілявся до відповідної групи згідно з вилученим аркушем, що забезпечувало неупереджений розподіл учасників та мінімізувало можливість систематичної похибки при формуванні груп дослідження.

З метою відбору пацієнтів згідно критеріїв включення, а також з метою первинної оцінки функціонального стану пацієнтів із унілатеральною трансфеморальною АНК, було проведено комплексне реабілітаційне обстеження пацієнтів. Також, для кожного пацієнта було проведено оцінку за профілем Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я (МКФ), що сприяло комплексному аналізу функціонального стану, обмежень активності та соціальної участі. Такий підхід давав змогу врахувати індивідуальні особливості пацієнтів і оцінити їхню готовність до участі у дослідженні [18, 98].

Розроблена програма ФТ включала три основні компоненти [42, 46]:

- 1) Тренування ходьби з метою формування та корекції навичок пересування, адаптації до протеза.
- 2) Робота над статичною та динамічною рівновагою задля стабілізації тіла під час руху та підтримки безпечної ходи.
- 3) Силові вправи, що мали на меті зміцнення м'язів тулуба, кукси та здорової кінцівки, розвиток нейро-м'язового контролю.

Програма індивідуально адаптувалася відповідно до функціонального стану пацієнта з АНК, наявності протеза, рівня ампутації та фізичних можливостей. Реабілітаційна програма була побудована відповідно до міжнародних стандартів ФТ (зокрема, ISPO, NICE, Lower Limb Amputation CPG) та мала на меті забезпечення ефективного відновлення рухових можливостей, адаптацію до протеза та повернення до активного життя, позитивно модифікуючи його якість [77, 86].

Розроблена програма була розрахована на 3 тижні (21 день) та відповідала структурі, наведеній у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Структура програми ФТ

Етап програми	Опис змісту етапу	Тривалість
Початковий	Фаза адаптації, спрямована на підготовку пацієнта до реабілітаційного процесу. Включає оцінку початкового стану рівноваги, ходьби та контролю положення тіла. Використовуються прості вправи для активації м'язів, поступове звикання до навантажень та тренування статичної рівноваги.	3 дні
Проміжний	Основний реабілітаційний період, спрямований на розвиток динамічної рівноваги, корекцію ходьби та покращення стабільності під час пересування. Включає вправи на баланс із застосуванням стабілометричної платформи, елементи функціональної ходьби, поступове ускладнення завдань.	11 днів
Заключний	Фаза інтеграції та функціонального	7 днів

	вдосконалення. Основна увага приділяється відпрацюванню автономного пересування, зменшенню залежності від допоміжних засобів, адаптації до реальних умов ходьби, розвитку м'язової витривалості та вдосконаленню контролю положення тіла.	
--	---	--

Кожне заняття з ФТ тривалістю 120 хв складалося із декількох послідовних фаз. У групі дослідження проводилося додаткове заняття на стабілометричній платформі тривалістю 40 хв в межах основного заняття після основної частини або окремим блоком, залежно від індивідуальних можливостей пацієнта. Орієнтовна структура основного заняття з ФТ наведена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Структура заняття ФТ

Фаза заняття	Опис	Тривалість
Розминка та підготовка	Активізація м'язів через вправи на мобільність, розтягнення та активацію м'язів кукси й тулуба. Виконуються вправи на контроль положення тіла, дихальні вправи, підготовка до основного навантаження.	20 хв
Основна частина	Тренування ходьби	40 хв
	Вправи на рівновагу	30 хв
	Силові вправи	30 хв
Заклучна частина	Зниження навантаження, розслаблення м'язів, дихальні вправи, пасивні та активні розтяжки, аналіз виконаної роботи.	10 хв

Тренування ходьби як базової навички самостійного пересування пацієнта відбувалося із застосуванням різних методик та прийомів. Хо́да на біговій доріжці з візуальним зворотнім зв'язком була обов'язковою складовою реабілітаційного заняття, оскільки метод (за його доступності та завдяки простоті) володіє достатнім рівнем доказів в розрізі як загальної реабілітації після травматичних АНК з подальшим протезуванням, так і з огляду на дозований кардіореспіраторний вплив та тренування балансу. Завдяки технології зворотного зв'язку було забезпечено контроль симетрії ходи: пацієнт міг самостійно коригувати положення тіла, кроковий патерн та рівномірний

розподіл ваги під наглядом фізичного терапевта. На початковому рівні встановлювалася швидкість 0,5-1,0 км/год з можливістю подальшого регулювання. Прогресивні ускладнення передбачали зміну швидкості та темпу ходи, а також виконання рухів руками під час ходьби. Тренування ходьби передбачало періодичні зупинки та відновлення руху. Підтримка забезпечувалася за рахунок бокових поручнів бігової доріжки, за потреби на початковому етапі додатково застосовувалася підтримка за рахунок слінг-систем. Надалі відбувався поступовий перехід на самостійне пересування пацієнта з акцентом на рівновагу [23, 25, 30].

Вправи на рівновагу, утримання якої є критичним фактором для запобігання падінням та підготовки до безпечного пересування пацієнта із протезованою кінцівкою, включали виконання комплексу, що передбачав тренування як статичної, так і динамічної рівноваги [27, 39, 48, 94].

Силові вправи були спрямовані на зміцнення м'язів кукси, здорової кінцівки та тулуба, а також розвиток нейро-м'язового контролю. До загальних принципів належали [20, 29, 82, 84]:

- Робота з гумовими еспандерами задля створення опору
- Багаторазові повторення з метою розвитку витривалості та м'язової пам'яті
- Вправи у відкритих та закритих кінематичних ланцюгах.

За рахунок вправ у відкритому та закритому кінематичних ланцюгах було забезпечено комплексний підхід до відновлення функціональності. Вправи у відкритих ланцюгах (дистальний сегмент вільно рухається у просторі) дозволяли цілеспрямовано зміцнювати м'язи кукси для кращого контролю протеза, покращувати пропріоцепцію і забезпечувати адекватне формування кукси. У свою чергу, вправи у закритих ланцюгах (дистальний сегмент зафіксований) були покликані сприяти розвитку нейром'язової координації між куксою та протезом, покращувати перерозподіл ваги тіла, стимулювати адаптацію м'язів тулуба до зміненої біомеханіки та забезпечувати тренування компенсаторних механізмів здорової кінцівки, що в сукупності передбачало відновлення симетрії

руху, відновлення та вдосконалення постурального контролю, зниження енерговитрат під час ходьби та підвищення функціональної незалежності пацієнта [15, 23, 35, 43, 59, 65, 75-76].

Контроль навантаження та безпека виконання вправ досягалися за рахунок перерв між підходами (1 хвилина – за замовчуванням, або згідно потреби пацієнта), контролю артеріального тиску та пульсу та частоти дихальних рухів до, під час і після тренування, поступового ускладнення вправ відповідно до можливостей пацієнта [82-84]. Таким чином, програма ФТ для пацієнтів із АНК в межах дослідження передусім передбачала відновлення рухів для рутинної діяльності у повсякденному житті. Інші орієнтовні вправи розробленого курсу ФТ наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Тренувальні техніки програми ФТ для пацієнтів із АНК

Вправа	Приклади вправ та опис	Тривалість
Тренування ходьби		
Ходьба на біговій доріжці з візуальним зворотним зв'язком	Пересування (ходьба) пацієнта вперед з одночасним спостереженням за своїми рухами в реальному часі на екрані перед собою. Контроль терапевтом симетрії ходи, швидкості, ускладнення, зупинок, потреби в опорі	10 хв
Тренування ходьби у залі на рівній площині	Хо́да по рівній площині із маркерами дистанції у 15, 30, 60, та 120 м під наглядом фізичного терапевта, який також контролює та змінює відповідно до функціональних можливостей пацієнта рівні підтримки. Модифікації технік ходьби: ✓ Боком у різні сторони ✓ Спиною ✓ Ходьба з поворотами	10 хв
Ходьба з перешкодами	Під керівництвом фізичного терапевта ходьба у залі із ускладненнями: ✓ Переступання перешкод ✓ Ходьба по траєкторіях (змійка, обхід перешкод)	10 хв

	✓ Ходьба з обертами голови та зміною напрямку ✓ Переміщення похилою площиною (дід гору, вниз, боком в обидва напрямки по черзі)	
Ходьба по сходах	Переміщення по сходах вгору та вниз із різними рівнями складності під контролем фізичного терапевта. Рівні складності: ✓ З канадською милицею, одноопорною тростиною ✓ Тримаючись за поручні ✓ Без опори (у міру покращення рівноваги) ✓ Ходьба боком, спиною, по двох сходинках за один крок (просунуті рівні навичок на пізніших етапах програми)	10 хв
Вправи на рівновагу		
Вправи на статичну рівновагу	З положення стоячи під контролем фізичного терапевта виконання вправ: ✓ Стояння з різними площами опори (звичайна та нестабільна поверхні). ✓ Балансування на баланс-подушках, платформі BOSU ✓ Стояння на одній нозі (ампутованій/протезованій по чергово) ✓ Стояння на одній нозі з додатковими ускладненнями (рухи руками, нахили, у подальшому – з вантажем)	15 хв
Вправи на динамічну рівновагу	Під керівництвом фізичного терапевта виконання вправ: ✓ Перекладання предметів у стоячому положенні для тренування пропріоцепції ✓ Збирання предметів з підлоги без втрати рівноваги ✓ Динамічні ігри (кидання м'яча, переступання ліній)	15 хв

	✓ Стояння на нестабільній платформі для контролю зміни центру ваги	
Силові вправи		
Відкритий кінематичний ланцюг	Під керівництвом фізичного терапевта виконання вправ: ✓ Крокування з еспандером, стоячи – крок убік та повернення у вихідне положення ✓ Рухи ампутованою кінцівкою (ізолювані вправи для формування правильного патерну)	10 хв
Закритий кінематичний ланцюг	Під керівництвом фізичного терапевта виконання вправ: ✓ Крокування здоровою кінцівкою, утримуючи вагу на ампутованій ✓ Балансування під час стояння (з поступовим зменшенням опори)	10 хв
Функціональні вправи	Під керівництвом фізичного терапевта виконання вправ: ✓ Піднімання предметів із різних положень ✓ Силові вправи для тулуба (гіперекстензія з положення лежачи на животі на килимку, тяга вертикального блока з положення сидячи, скручування)	10 хв

Тренувальна програма для експериментальної групи включала заняття на стабілометричній платформі ALFA, спрямовані на покращення рівноваги, координації та зниження ризику падіння у пацієнтів із АНК. Використання стабілометричних тренувань дозволяло цілеспрямовано активувати компенсаторні механізми, покращувати сенсомоторний контроль і розвивати пропріоцепцію [88]. Вправи адаптувалися до індивідуальних можливостей пацієнтів, поступово ускладнювалися та включали динамічні і статичні завдання, що імітували різні умови пересування. Заняття тривалістю 40 хвилин проводилися в межах основної ФТ, сприяючи контрольованому та ефективному тренуванню з використанням біологічного зворотного зв'язку.

Таблиця 2.4 – вправи ФТ на стабілометричній платформі у основній (експериментальній) групі дослідження

Вправа	Вихідне положення	Техніка виконання	Тривалість
Балансування в статиці	Стоячи на платформі, нижні кінцівки на ширині плечей	Утримання рівноваги на стабілометричній платформі без додаткової підтримки. Контроль за центром ваги, спроби мінімізації відхилень.	5 хв (10 хв)
Динамічне балансування	Стоячи на платформі, опора на обидві кінцівки	Виконання завдань зі зміною центру ваги: нахили вперед-назад, бокові переміщення.	10 хв (15 хв)
Одноопорне балансування (просунутий рівень, 3-й етап програми ФТ)	Стоячи на платформі, опора на протезовану кінцівку	Утримання балансу на одній нозі, контроль стабільності тулуба, виконання додаткових рухів руками.	— (5 хв)
Симуляція ходьби (з використанням біологічного зворотного зв'язку)	Стоячи на платформі	Почергове навантаження на праву та ліву кінцівки для імітації руху під час ходьби, з використанням біологічного зворотного зв'язку.	10 хв
Балансування з когнітивним навантаженням	Стоячи на платформі	Виконання вправ на рівновагу з одночасним вирішенням когнітивних завдань (рахунок, запам'ятовування).	10 хв

Контроль показників у дослідженні відбувався за рахунок використання комплексу валідних інструментів оцінювання функціонального стану учасників та їхнього прогресу. Вимірювання релевантних показників здійснювалося двічі – на початковому етапі та після завершення 21-денного курсу ФТ, що дозволило об'єктивно порівняти динаміку змін у групі дослідження та контрольній групі. Компоненти оцінювання включали визначення інтенсивності фантомного болю

за візуальною аналоговою шкалою, дослідження потенціалу мобільності пацієнтів з ампутацією за допомогою Amputee Mobility Predictor (AMP), аналіз балансу та ризику падіння за індексом Берга, а також вимірювання швидкісних характеристик пересування за результатами 10-метрового тесту ходи. Систематичне застосування цих інструментів забезпечило отримання об'єктивних даних щодо терапевтичної ефективності інтервенцій у обох групах.

Для оцінки результатів дослідження ефективності тренувань на стабілометричній платформі та без її використання (у контрольній групі) було використано AMP – стандартизований інструмент функціональної оцінки пацієнтів з ампутацією нижніх кінцівок. Даний метод був розроблений Robert Gailey та колегами у 2002 році та отримав широке визнання у клінічній практиці завдяки своїй прогностичній цінності щодо функціональних можливостей пацієнтів. AMP дозволяє об'єктивно оцінити функціональну мобільність пацієнтів як з протезом (AMPPro), так і без нього (AMPnoPro), що робить його універсальним інструментом для використання на різних етапах реабілітаційного процесу. Числові результати тесту корелюють з рівнем функціональної мобільності за класифікацією Medicare і дають можливість моніторингу прогресу пацієнта протягом усього періоду реабілітації [22, 41, 52].

Методика проведення AMP включає 20 завдань, які оцінюють різні аспекти функціональної мобільності: сидіння, перехід з положення сидячи в положення стоячи, стояння на одній нозі, здатність підтримувати рівновагу при зовнішньому впливі, ходьбу з різною швидкістю, подолання перешкод, підйом і спуск по сходах. Кожне завдання оцінюється за шкалою від 0 до 2 балів, де 0 – нездатність виконати завдання, 1 – виконання з мінімальною допомогою або з труднощами, 2 – самостійне виконання завдання без труднощів. Максимальна кількість балів, яку може набрати пацієнт, становить 47 для AMPnoPro та 49 для AMPPro. Загальний бал дозволяє прогнозувати функціональний рівень мобільності пацієнта [41, 60, 90, 97]:

K0 (0-8 балів) – відсутність амбулаторного потенціалу,

K1 (9-20 балів) – обмежена мобільність у приміщенні,

K2 (21-28 балів) – обмежена мобільність у громаді,

K3 (29-36 балів) – необмежена мобільність у громаді,

K4 (37-49 балів) – високий рівень активності. У контексті оцінки ефективності тренувань на стабілометричній платформі АМР виступав чутливим інструментом для визначення динаміки показників рівноваги та мобільності, що безпосередньо пов'язані з ризиком падіння у пацієнтів з АНК.

Для оцінки фантомного болю у пацієнтів із АНК застосовувалася ВАШ, що являє собою валідований інструмент квантифікації суб'єктивного больового синдрому. Методика передбачала використання стандартизованої 100-міліметрової горизонтальної паперової стрічки, на якій пацієнт власноруч відмічав інтенсивність відчутного фантомного болю, де лівий край стрічки відповідав відсутності больових відчуттів (0 балів), а правий – нестерпному, максимально можливому болю (100 балів). Після нанесення пацієнтом відмітки на стрічці дослідник за допомогою стандартизованої лінійки вимірював відстань від початкової точки (0 мм) до позначки пацієнта у міліметрах, що безпосередньо відповідало числовому показнику інтенсивності болю. Інтерпретація результатів здійснювалася згідно з загальноприйнятими критеріями [93, 98]:

0-4 мм – відсутність болю,

5-44 мм – слабкий біль,

45-74 мм – помірний біль,

75-100 мм – сильний біль,

Це дозволило об'єктивізувати суб'єктивні відчуття пацієнтів та оцінити динаміку змін фантомного болю протягом реабілітаційного курсу. Якщо пацієнт відзначав більше 40 мм, це могло свідчити про потребу у додатковому медикаментозному або немедикаментозному знеболенні [14].

Також, ВАШ у пацієнтів із АНК широко використовується не лише для оцінки фантомного болю, що зустрічається у 50-85% пацієнтів після ампутації [63, 98], а також для моніторингу болю у куксі після хірургічного втручання, оцінки ефективності ФТ та медикаментозного лікування. Варто зазначити, що ВАШ є одним із найбільш широко використовуваних методів оцінки больового

синдрому у клінічних дослідженнях з 1970-х років, характеризується високим рівнем відтворюваності результатів та чутливістю до змін інтенсивності болю при повторних вимірюваннях. Метод має високу кореляцію з іншими інструментами оцінки болю та дозволяє проводити вимірювання у пацієнтів різного віку, культурного та освітнього рівня, що особливо важливо при роботі з гетерогенною групою пацієнтів із ампутаціями нижніх кінцівок, де суб'єктивне сприйняття фантомного болю може значно варіювати [14].

10-метровий тест ходи – стандартизований інструмент оцінки функціональної мобільності та швидкісних характеристик пересування за допомогою секундоміра. Методика проведення тесту передбачала вимірювання часу, необхідного пацієнту для подолання відстані в 10 метрів у комфортному або максимально можливому темпі з використанням протеза та, за потреби, додаткових засобів опори. Для забезпечення точності вимірювань використовувалася розмічена доріжка загальною довжиною 14 метрів, де перші та останні 2 метри відводилися для розгону та гальмування відповідно, а основний хронометраж здійснювався на середній 10-метровій ділянці. Випробовуваний отримував чіткі інструкції щодо необхідності підтримання стабільного темпу ходи та проходив тест тричі з короткими інтервалами відпочинку, після чого обчислювалося середнє значення швидкості ходи у метрах за секунду [14, 77, 80]. У цьому тестуванні пацієнтам надавалося одна спроба для тренування і три спроби на виконання завдання. У якості результату реєструвався результат найкращої проби. Оцінка результатів тесту інтерпретувалася наступним чином:

<10 сек – низький ризик падіння, вільна здатність до переміщення;

10-20 сек – середній ризик падіння, переважно незалежна здатність до Переміщення;

>20 сек – високий ризик падіння, порушена здатність до переміщення.

Клінічна інтерпретація результатів ґрунтувалася на порівнянні з нормативними даними та початковими показниками самого пацієнта, де збільшення швидкості ходи на 0,1 м/с і більше вважалося клінічно значущим покращенням, що корелює

з підвищенням функціональної незалежності та зниженням ризику падінь у даної категорії пацієнтів.

Шкала рівноваги (балансу) Берга (Berg Balance Scale, BBS) – це стандартизований клінічний інструмент, який використовувався для оцінки статичної та динамічної рівноваги у пацієнтів з порушеннями мобільності у пацієнтів з АНК. Застосування BBS допомагало оцінити рівень постурального контролю після ампутації, визначити ризик падінь та необхідність додаткових методів стабілізації, контролювати динаміку прогресу реабілітації, що особливо показово у контексті навчання ходьбі з протезом при АНК. Даний інструмент для об'єктивної оцінки функції балансу та ризику падінь згідно методики передбачає виконання пацієнтом 14 функціональних завдань різної складності, що моделюють повсякденну активність, серед яких: підтримання статичної пози, зміна положення тіла, трансфери, повороти, стояння з різними варіантами опори та в різних умовах, дотягування до предметів. Кожне завдання оцінюється за 5-бальною шкалою (від 0 до 4), де 0 відповідає нездатності виконати завдання, а 4 – повністю самостійному виконанню з належною якістю та у відведений час [27, 39, 48, 94].

Сумарний показник усіх завдань може становити від 0 до 56 балів, при цьому результат нижче 45 балів свідчить про підвищений ризик падінь, 21-40 балів – про помірні порушення балансу, а менше 20 балів – про виражені порушення стійкості. Індекс Берга має високу прогностичну цінність, валідність та надійність для оцінки стабільності пацієнтів з ампутацією нижніх кінцівок, а зростання показника на 8 і більше балів у динаміці розглядається як клінічно значуще покращення, що свідчить про ефективність реабілітаційного втручання та корелює з підвищенням безпеки та самостійності пацієнта в повсякденному житті [16].

У проведеному дослідженні статистична обробка отриманих даних здійснювалася за допомогою програмного забезпечення Statistica версії 13.5 (TIBCO Software Inc.), яке надає потужний інструментарій для комплексного аналізу медичних даних. Процес опрацювання результатів включав

використання методів описової та аналітичної статистики з первинним обчисленням основних параметрів центральної тенденції та варіативності для всіх досліджуваних показників, серед яких: середнє арифметичне (M) як міра центральної тенденції, стандартне відхилення (SD) та стандартна помилка середнього (SEM) для кількісної характеристики розсіювання даних відносно середнього значення. Перевірка нормальності розподілу даних проводилася за допомогою критерію Шапіро-Уїлка, на основі чого обиралися відповідні методи порівняльного аналізу – t-критерій Стюдента для параметричних даних або критерій Манна-Уїтні для непараметричних показників при міжгруповому порівнянні, а також парний t-критерій чи критерій Вілкоксона для внутрішньогрупового аналізу динаміки. Статистично значущими вважалися відмінності при рівні $p < 0,05$ (довірчий інтервал – 0,95).

В розрізі обстеження пацієнтів визначалися типові антропометричні показники, зокрема вимірювання довжини та маси тіла на стандартизованому обладнанні. Індекс маси тіла (ІМТ) розраховувався за класичною формулою, поділяючи масу тіла в кілограмах на квадрат зросту в метрах ($\text{ІМТ} = \text{вага (кг)} / \text{зріст}^2 (\text{м}^2)$). У розрахунках використано масу тіла без урахування ваги протеза, щоб уникнути спотворення результатів. Отримані значення класифікували відповідно до критеріїв ВООЗ: нормальна маса тіла (18,5-24,9), надмірна (25,0-29,9) та ожиріння ($\geq 30,0$). Розрахунок проводили для кожного пацієнта індивідуально, а також визначали середнє значення ($\bar{x}$), стандартне відхилення (SD) та дисперсію (S^2) для оцінки варіативності даних у вибірці.

У процесі опрацювання результатів дослідження було імплементовано аналітико-порівняльний метод та методологію узагальнення з метою формування обґрунтованих висновків про ефективність застосування стабілометричної платформи у ФТ пацієнтів із унілатеральною трансфеморальною АНК. Для оптимальної візуалізації отриманих даних та забезпечення їх інтуїтивного сприйняття застосовано технологію моделювання, що дозволила створити інформативний графічний матеріал. Комплексний підхід до інтерпретації емпіричних результатів через послідовність логічно

структурованих етапів аналізу уможливив формування когерентної системи висновків та їх репрезентацію у форматі, придатному для науково-практичного використання отриманих результатів дослідження.

2.2. Організація дослідження

Після затвердження теми наукової роботи було визначено план, згідно якого дослідження проводилося у декілька етапів. На першому етапі було здійснено опрацювання теоретичної частини, пошук та аналіз доказових джерел, необхідних протоколів та алгоритмів.

Наступним етапом був вибір технології для реалізації дослідження та формату експериментальної частини роботи. Дослідження проводилося на базі відділення фізичної та реабілітаційної медицини комунального некомерційного підприємства «Міська клінічна лікарня № 4» Дніпровської міської ради, яка є сучасним багатопрофільним медичним закладом.

Враховуючи можливості клінічної бази, для експериментальної частини було обрано стабілометричну платформу ALFA, обґрунтування використання якої наведене у попередньому розділі роботи. Можливості клінічної бази також дозволяли проведення РКД без подвійного засліплення у малій вибірці пацієнтів, що і було використано у дослідженні.

Наступний етап передбачав розробку програми експериментального дослідження та затвердження етичного протоколу на засіданні комісії з біоетики Дніпровського державного медичного університету. Дизайн дослідження відповідав принципам доказової медицини та включав рандомізацію учасників у експериментальну і контрольну групу вказаною у попередньому підрозділі методологією. Контрольна група проходила стандартну реабілітаційну програму, а експериментальна стандартну програму із додатковим тренуванням на стабілометричній платформі. Згідно розробленої програми тренувальні заняття відбувалися 5 днів на тиждень (з 2-денною перервою на вихідні дні) і тривали 120 хвилин у обох групах. Заняття на стабілометричній платформі в

експериментальній групі проводилися додатково і тривали 40 хвилин. Основний акцент був зроблений на тренування рівноваги та ходи, які займали не менше 50% загального часу заняття.

Курс ФТ для пацієнтів із АНК проводився в умовах роботи мультидисциплінарної команди, до складу якої входили:

- Лікар фізичної та реабілітаційної медицини (ФРМ) – оцінка загального стану та корекція реабілітаційної програми.
- Лікар-травматолог-ортопед – забезпечення хірургічного формування функціональної кукси, контроль її загоєння, корекція ускладнень та керівництво медичними аспектами протезування, а також реабілітації поряд із лікарем ФРМ.
- Лікар-невролог – моніторинг неврологічного статусу та больового синдрому (включаючи фантомні болі).
- Психолог – підтримка мотивації, подолання страху падінь, адаптація до нового рівня мобільності.
- Фізичний терапевт – основна робота з руховою активністю, рівновагою та ходьбою.
- Ерготерапевт – навчання виконанню побутових та професійних завдань, сприяння поверненню до повсякденної діяльності.

Відбір пацієнтів у дослідження відбувався у період з ДАТА по ДАТА згідно затверджених критеріїв включення та виключення. Основна увага була приділена віковим обмеженням, рівню мобільності пацієнта з АНК, наявності постійного протеза, когнітивному статусу, відсутності активних запальних процесів і загальній фізичній спроможності учасників. Оскільки обрана для дослідження стабілометрична платформа ALFA має обмеження 150 кг за масою тіла, даний критерій було враховано при відборі пацієнтів-учасників. Усі критерії були спрямовані на формування однорідної вибірки, що забезпечувала б достовірність отриманих результатів. Перелік критеріїв наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Критерії включення та виключення

Категорія	Критерій включення	Критерій виключення
Вік	18–65 років	<18 або >65 років
Тип ампутації	Трансфеморальна АНК	Інший рівень ампутації або відсутність ампутації
Причина ампутації	Травматичний генез	Ампутація внаслідок судинних, онкологічних або інших патологій
Латеральність ампутації	Унілатеральна АНК	Білатеральна ампутація, ампутація більше 1 кінцівки
Протезування	Постійний протез	Відсутність постійного протеза
Рівень мобільності	Самостійне пересування із використанням протеза	Залежність від сторонньої допомоги
Когнітивний статус	Без когнітивних порушень, MMSE >26 балів	Виражені когнітивні порушення або психічні розлади
Фізичний стан	Стабільний загальний стан	Гострі або хронічні захворювання, що обмежують фізичну активність
Запальні процеси	Відсутність активних запальних або інфекційних процесів у зоні ампутації	Наявність незагойних ран, пролежнів або інших ускладнень у ділянці кукси
Супутні захворювання	Відсутність важкої супутньої патології	Наявні супутні гострі або хронічні захворювання у стадії загострення
Розуміння програми	Розуміння цілей та завдань ФТ	Відсутність розуміння або мотивації
Згода на участь	Письмова згода	Відмова від участі у дослідженні
Готовність до терапії	Можливість та бажання проходження повного курсу ФТ	Небажання або неможливість завершити курс
Маса тіла	<150 кг (включаючи протез)	>150 кг

У дослідженні взяли участь 20 пацієнтів, 10 з яких становили групу дослідження (експериментальну), а 10 – відповідно контрольну групу. Задля уникнення ідентифікації персональних даних, усім пацієнтам після рандомізації було призначено порядковий номер. Відомості про пацієнтів групи дослідження наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Експериментальна група (із використанням у програмі ФТ стабілометричної платформи ALFA)

Пациєнт №	Вік	Стать	Код за МКХ-10	Діагноз	Рівень ампутації	Вид протеза
1	42	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
2	31	Ч	Z89.5	Травматична ампутація правої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
3	37	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
4	34	Ч	Z89.5	Травматична ампутація правої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
5	37	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
6	44	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
7	48	Ч	Z89.5	Травматична ампутація правої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
8	37	Ч	Z89.5	Травматична ампутація правої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
9	28	Ч	Z89.5	Травматична ампутація правої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
10	35	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний

Отже, середній вік в основній (експериментальній) групі становив 37.3 (± 5.693) роки. Усі пацієнти групи (100%) мали чоловічу стать, однаковий діагноз унілатеральної травматичної АНК із ампутацією на с/3 рівні стегнової кістки (трансфеморальна АНК) та постійний протез. Зросто-масові показники пацієнтів експериментальної групи відображено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Зросто-масові показники пацієнтів основної групи

Пацієнт	Зріст, см	Вага, кг	Вага з протезом, кг	ІМТ (за вагою без протеза)
1	170	70	73	24.2
2	175	74	78	24.2
3	168	79	83	28.0
4	172	81	85	27.4
5	165	83	87	30.5
6	180	76	80	23.5
7	178	72	76	22.7
8	170	78	82	27.0
9	175	75	79	24.5
10	177	74	78	23.6
Mean ($\bar{x}$)	172.9	76.2	80.2	25.6
SD	± 4.6	± 4.4	± 4.4	± 2.4
Variance (S^2)	21.2	19.5	19.5	5.8

Контрольну групу відповідно сформували 10 пацієнтів із діагнозом, що відповідав такому у основній групі та ідентичними параметрами (таблиця 2.8), що повинно забезпечило однорідність вибірки у дослідженні.

Таблиця 2.8 – Контрольна група

Пацієнт №	Вік	Стать	Код за МКХ-10	Діагноз	Рівень ампутації	Вид протеза
11	28	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
12	46	Ч	Z89.5	Травматична ампутація правої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
13	42	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
14	38	Ч	Z89.5	Травматична ампутація	Трансфеморальна	постійний

				лівої гомілки на рівні с/3		
15	24	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
16	37	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
17	40	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
18	45	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
19	32	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний
20	30	Ч	Z89.5	Травматична ампутація лівої гомілки на рівні с/3	Трансфеморальна	постійний

В контрольній групі середній вік пацієнтів становив 36.2 (± 7.054) роки. Усі пацієнти контрольної групи, як і експериментальної, мали чоловічу стать у 100% випадків та діагноз унілатеральної травматичної АНК із ампутацією на с/3 рівні стегнової кістки (трансфеморальна АНК) та постійний біонічний протез. Зросто-масові показники пацієнтів експериментальної групи відображено у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Зросто-масові показники пацієнтів контрольної групи

Пацієнт	Зріст	Вага	Вага з протезом	ІМТ (за вагою без протеза)
11	165	79	82	29.0
12	172	74	77	25.0
13	168	77	80	27.3
14	163	81	84	30.5
15	170	80	83	27.7
16	175	72	75	23.5
17	167	78	81	28.0
18	173	75	78	25.1
19	160	82	85	32.0

20	171	76	79	26.0
Mean ($\bar{x}$)	169.4	77.4	80.4	27.6
SD	± 4.6	4.0	4.0	2.7
Variance (S^2)	21.2	16.0	16.0	7.3

Контрольна група мала середні зросто-масові показники, наближені до основної групи, що забезпечило коректність порівняння результатів.

Робота містить певні обмеження, пов'язані із організацією дослідження та можуть, на нашу думку, мати вплив на отримані результати, тож потребують висвітлення. По-перше, вибірка пацієнтів є відносно невеликою та являє собою «ідеальне» співвідношення пацієнтів як в основній, так і в контрольній групі, що при залученні більшої кількості учасників може відрізнятись. По-друге, у дослідженні представлені пацієнти лише чоловічої статі, тому неможливим було виявлення результатів у жінок з ідентичним діагнозом, а також кореляції результатів залежно від гендерної складової. Також, організація дослідження в межах відділення однієї лікарні одного міста впливає на репрезентативність вибірки. Окреслені аспекти потрібно враховувати при плануванні ідентичних досліджень чи продовженні даного дослідження, розцінюючи його як пілотний проєкт.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У розділі наведено аналіз ефективності тренувань на стабілометричній платформі ALFA для покращення балансу та зниження ризику падінь у пацієнтів з унілатеральною трансфеморальною АНК. Дослідження включає порівняльну оцінку показників болю, рівноваги, мобільності та ходи у пацієнтів, які проходили ФР із застосуванням стабілометричної платформи, та осіб, які отримували стандартну ФТ. Враховано зміни в результатах тестів за BBS, AMP, 10MWT та оцінку фантомного болю за ВАШ, що дозволяє комплексно оцінити вплив запропонованого методу. Аналіз отриманих даних дає змогу визначити переваги стабілометричних тренувань та обґрунтувати їхню роль у комплексній реабілітації пацієнтів після ампутації.

3.1. Вплив тренувань на стабілометричній платформі на покращення балансу у реальній клінічній практиці

Усі пацієнти, які брали участь у програмі ФТ, мали схожі функціональні порушення, зумовлені ампутацією нижньої кінцівки, включаючи зниження рівноваги, труднощі з ходом, порушення розподілу ваги та зменшення м'язової сили, ризик падіння. Проте, первинне фізіотерапевтичне оцінювання дозволило визначити індивідуальні особливості кожного пацієнта, що враховувались під час розробки реабілітаційної програми. Хоча основні принципи ФТ та ключові методи реабілітації були однаковими для всіх учасників, програма адаптувалася відповідно до рівня ампутації, наявності протеза, його особливості, загального фізичного стану та рівня функціональної незалежності кожного пацієнта.

Результати дослідження щодо використання програми ФТ із застосуванням вправ на стабілометричній платформі у пацієнтів основної групи розглядалися в комплексі, оскільки встановлено, що усі охоплені чинники

можуть мати вплив на динаміку позитивних результатів щодо вдосконалення контролю балансу та зниження ризику падінь.

Одним із показників, що визначалися, є інтенсивність фантомного болю за ВАШ. Відомо, що 6 із кожних 10 людей з ампутацією повідомляють про фантомні болі, що свідчить про їх високу поширеність. Медичні працівники повинні знати про високу частоту фантомного болю у пацієнтів із травматичними АНК і впроваджувати стратегії для його зменшення шляхом усунення відомих факторів ризику [56]. Результати за протоколом нашого дослідження у експериментальній групі на початку (ВАШ-1) та у кінці курсу ФТ (ВАШ-2) наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Динаміка больового синдрому (фантомний біль) за ВАШ у пацієнтів основної групи

Пацієнт	ВАШ-1	ВАШ-2
1	4	2
2	3	2
3	4	3
4	6	4
5	0	0
6	5	4
7	0	0
8	3	1
9	0	0
10	2	0
Mean ($\bar{x}$)	2.7	1.6
SD	± 2.163	± 1.647
Variance (S^2)	4.678	2.711

Оцінка фантомного болю за ВАШ у пацієнтів експериментальної групи показала достовірне зниження больового синдрому після проходження курсу тренувань на стабілометричній платформі. Середній бал ВАШ зменшився з 2,7 до 1,6, що вказує на покращення адаптації центральної нервової системи до зміненої сенсорної інформації. Зменшення больових відчуттів може бути пов'язане з активізацією пропріоцептивних механізмів та залученням біологічного зворотного зв'язку, що сприяє зниженню рівня нейропластичних

змін, відповідальних за фантомний біль. У контрольній групі зниження інтенсивності болю було менш вираженим, що підтверджує перевагу стабілометричних тренувань у корекції фантомних відчуттів.

Згідно даних літератури, у той час як низька впевненість у рівновазі може призвести до уникнення активності, надмірна впевненість може збільшити ризик падіння. Люди з АНК можуть мати непостійну ходу, що негативно впливає на їхню впевненість у рівновазі [47]. Згідно рекомендацій, оцінку ходи варто виконувати методом з достатньою достовірністю, надійністю та чутливістю [9], одним з яких є 10MWT. За деякими даними у наукових публікаціях найкращим методом оцінки дефіциту ходи при АНК та ампутації є двохвилинний тест ходи [41], однак 10MWT є доведено однаково ефективним методом функціональної оцінки ходи [53]. Показники, визначені у пацієнтів експериментальної (основної) групи на початку та вкінці курсу ФТ наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Динаміка показників ходи за 10MWT у пацієнтів основної (експериментальної) групи

Пацієнт	10MWT-1, м/с	10MWT-2, м/с
1	0.74	0.93
2	0.83	0.94
3	0.57	0.7
4	0.7	0.73
5	0.34	0.45
6	0.76	0.78
7	0.71	0.82
8	0.66	0.68
9	1.15	1.15
10	0.98	1
Mean ($\bar{x}$)	0.744	0.818
SD	± 0.219	± 0.196
Variance (S^2)	0.048	0.038

За результатами оцінки, усі пацієнти групи продемонстрували позитивну зміну показника під час кінцевої оцінки, а відтак – середнього показника у групі, що підтверджує позитивний вплив додаткового залучення ALFA у комплексну програму ФТ пацієнтів із протезованою трансфеморальною АНК.

Функціональний статус пацієнтів із АНК у групах визначався за допомогою стандартизованого інструменту АМР, що продемонстрував у ряді досліджень високу чутливість та надійність [33, 53] та є рекомендованим авторитетними закордонними, а також вітчизняними та КН та КП, заснованими на принципах ДМ [14, 77, 86]. Результати первинної та кінцевої оцінки відображені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Динаміка показників мобільності пацієнтів за АМР у пацієнтів експериментальної групи

Пацієнт	АМР-1	АМР-2
1	36	42
2	40	45
3	30	38
4	23	37
5	20	35
6	42	46
7	44	45
8	35	43
9	40	43
10	37	45
Mean ($\bar{x}$)	34.7	41.9
SD	± 8.015	± 3.872
Variance (S^2)	64.233	14.989

Дані таблиці 3.3 демонструють покращення мобільності пацієнтів експериментальної групи після проходження курсу тренувань на платформі ALFA, що підтверджується зростанням середнього показника за тестом АМР. Підвищення цього показника свідчить про покращення здатності до пересування, кращу координацію рухів і зниження ризику втрати рівноваги під час ходьби. Найбільший приріст балів спостерігався у пацієнтів, які мали початково нижчі показники мобільності, що вказує на особливу ефективність методу для осіб із вираженими порушеннями рівноваги. Отримані результати свідчать, що стабілометричні тренування сприяють формуванню більш стабільного рухового патерну у процесі адаптації до пересування з протезом.

Встановлено, що у клінічній практиці використання BBS для пацієнтів із трансфеморальною АНК може належним чином дозволити віддиференціювати різні групи на основі здатності до ходьби з точки зору здатності до рівноваги. Якщо здатність до ходьби оцінюється як низька, покращення здатності до ходьби можна оцінити за допомогою покращення згідно BBS під час ФР [19]. Досліджена динаміка показників контролю балансу та ризику падіння за BBS представлена у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Динаміка показників контролю рівноваги за BBS у пацієнтів експериментальної групи

Пацієнт	BBS-1	BBS-2
1	46	50
2	49	54
3	36	40
4	30	45
5	38	41
6	45	54
7	50	50
8	48	52
9	52	52
10	49	50
Mean ($\bar{x}$)	44.3	48.8
SD	± 7.196	± 5.073
Variance (S^2)	51.789	25.733

Виявлено, що люди з АНК зазнають падінь незалежно від етіології ампутації, рівня, функціонального використання протезів, впевненості в рівновазі та здатності до рівноваги. Цікаво, що на відміну від інших груп населення з порушенням рівноваги, таких як літні особи або ті, хто переніс інсульт, люди з АНК, які мають кращу здатність до рівноваги, мали більшу ймовірність падіння, тоді як люди з меншою здатністю мали менше падінь [93].

Варто зазначити, що пацієнти з порівняно гіршими показниками мобільності, ходи та балансу мали ініціально підвищені показники маси тіла, яка відповідала надмірній вазі (ІМТ 25-29,9), або наближалася до межі з ожирінням (ІМТ >30 у пацієнта 5). Це корелює з меншою швидкістю ходьби за 10MWT,

дещо нижчими балами за AMP та BBS, що може свідчити про додатковий негативний вплив зайвої маси тіла на функціональний стан та ризик падіння. До того ж, пацієнти з гіршими показниками ходи, мобільності та балансу у групі контролю також мають підвищений ІМТ, переважно у межах надмірної ваги або на рівні початкової стадії ожиріння. Особи з кращими функціональними показниками, як правило, мають нормальну або близьку до неї масу тіла, що може сприяти більш ефективному відновленню рівноваги та мобільності. Такі спостереження співпадають з висновками дослідження [67]. На противагу цьому, пацієнти з кращими показниками мобільності мали нормальну масу тіла, що може сприяти кращій адаптації до протезування та ефективнішому контролю рівноваги.

3.2. Порівняльний аналіз ефективності традиційної фізичної реабілітації та реабілітації із застосуванням стабілометричної платформи у пацієнтів із протезованою нижньою кінцівкою після ампутації

Порівняльний аналіз комплексної програми ФТ із додатковим застосуванням стабілометричної платформи у основній групі спрямований на багатоаспектну оцінку ефективності двох підходів до реабілітації пацієнтів з протезами нижніх кінцівок після ампутації. У межах даного дослідження було проведено порівняльний аналіз результатів обох методик за низкою ключових параметрів функціонального відновлення, зокрема: інтенсивності болю за візуально-аналоговою шкалою (ВАШ), функціональної мобільності за шкалою AMP (Amputee Mobility Predictor), стабільності положення тіла та ризику падінь за шкалою Берга, а також швидкості пересування пацієнтів за стандартизованим 10-метровим тестом ходи. Комплексна оцінка цих показників дозволила визначити переваги та обмеження кожного з підходів реабілітації та їхній вплив на загальну якість життя пацієнтів з ампутуваними кінцівками.

Таблиця 3.5 демонструє динаміку показників фантомного болю за ВАШ серед пацієнтів контрольної групи до та після проходження курсу ФТ.

Таблиця 3.5 – Динаміка больового синдрому (фантомний біль) за ВАШ у пацієнтів групи контролю

Пацієнт	ВАШ-1	ВАШ-2
11	4	3
12	0	0
13	1	1
14	4	6
15	5	5
16	3	3
17	5	4
18	5	2
19	0	1
20	2	1
Mean ($\bar{x}$)	2.9	2.6
SD	± 2.025	± 1.955
Variance (S^2)	4.1	3.822

Результати показують незначне зниження середнього показника болю з 2,9 до 2,6 балів, при цьому у деяких пацієнтів спостерігалось помірне покращення (наприклад, пацієнт 18 продемонстрував зниження з 5 до 2 балів), у частини пацієнтів рівень болю залишився незмінним, а в одному випадку (пацієнт 14) навіть підвищився з 4 до 6 балів. Загальна статистика відображена середніми значеннями, стандартним відхиленням (яке змінилось з $\pm 2,025$ до $\pm 1,955$) та дисперсією (яка зменшилась з 4,1 до 3,822), що вказує на відносно низьку ефективність традиційної фізичної реабілітації у зменшенні фантомного болю порівняно з експериментальною групою. У таблиці 3.6 наведено співставлення середніх показників за ВАШ у обох групах на початку та вкінці курсу ФТ.

Таблиця 3.6 – Співвідношення показників інтенсивності фантомного болю у пацієнтів обох груп

	ВАШ-1	ВАШ-2	Динаміка, %
Основна група	2.7	1.6	-40.7%
Контрольна група	2.9	2.6	-10.3%
Різниця показників	0.2	1.0	30.4%

Початкові показники болю були подібними в обох групах (2.7 та 2.9 балів відповідно), однак після проведення реабілітаційних заходів спостерігалася суттєва різниця в результатах: у основній групі, що проходила тренування на стабілометричній платформі ALFA, відбулося значне зниження больового синдрому на 40.7% (до 1.6 балів), тоді як у контрольній групі, яка отримувала стандартну фізичну терапію, зменшення болю становило лише 10.3% (до 2.6 балів) (рис. 3.1). Різниця у динаміці між групами склала 30.4%, що свідчить про суттєву перевагу реабілітаційного підходу з використанням стабілометричної платформи для зменшення фантомного болю у пацієнтів після ампутації, ймовірно завдяки ефективнішій активізації пропріоцептивних механізмів та залученню біологічного зворотного зв'язку.

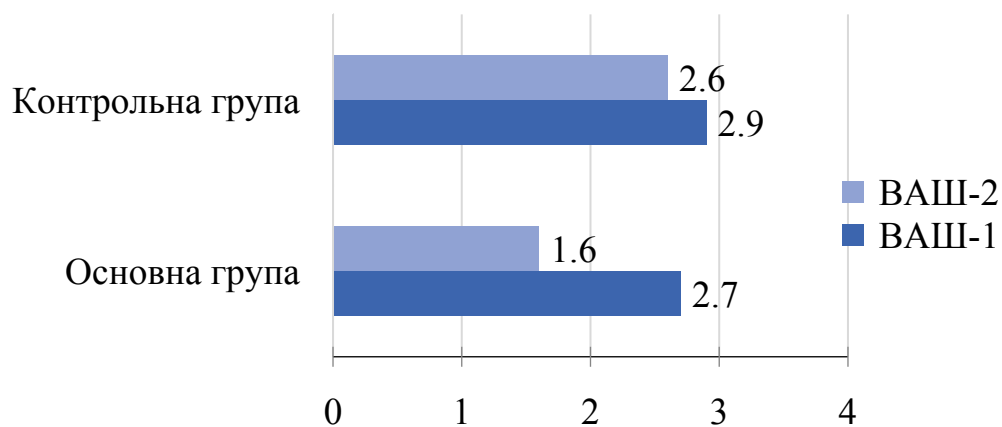


Рис 3.1 – Зміна показників фантомного болю за ВАШ у групах

Таблиця 3.7 представляє динаміку показників швидкості ходи за 10-метровим тестом ходи (10MWT) у пацієнтів контрольної групи до та після проходження стандартної програми фізичної терапії.

Таблиця 3.7 – Динаміка показників ходи за 10MWT у пацієнтів групи контролю

Пацієнт	10MWT-1, м/с	10MWT-2, м/с
11	0.65	0.65
12	0.93	0.98
13	1	1.02
14	0.34	0.29

15	1.2	1.2
16	0.76	0.8
17	0.69	0.71
18	0.77	0.77
19	0.59	0.8
20	0.67	0.81
Mean ($\bar{x}$)	0.76	0.803
SD	± 0.238	± 0.243
Variance (S^2)	0.057	0.059

За результатами спостерігається незначне покращення середньої швидкості ходи з 0,76 м/с до 0,803 м/с, при цьому у п'яти пацієнтів спостерігалось покращення показників, у трьох – показники залишилися незмінними, а в одного пацієнта (№14) навіть погіршилися з 0,34 м/с до 0,29 м/с. Статистичні дані, включаючи стандартне відхилення та дисперсію, які залишилися практично незмінними ($\pm 0,238$ та 0,057 до початку терапії, $\pm 0,243$ та 0,059 після її завершення), свідчать про помірну ефективність стандартної ФТ для покращення швидкості ходи у пацієнтів з протезованою нижньою кінцівкою після АНК.

У таблиці 3.8 наведено порівняльний аналіз швидкості ходи за 10-метровим тестом в обох досліджуваних групах та демонструє відносну ефективність кожної реабілітаційної програми.

Таблиця 3.8 – Співвідношення динаміки показників ходи у пацієнтів обох груп на початку та вкінці ФТ

	10MWT-1, м/с	10MWT-2 м/с	Динаміка, %
Основна група	0.744	0.818	7.4
Контрольна група	0.76	0.803	4.3
Різниця показників	0.016	0.015	3.1

Отже, швидкість ходи за тестом 10MWT в основній групі зросла з 0,744 до 0,818 м/с, що вказує на покращення динамічної рівноваги, стабільності рухів та впевненості у ходьбі. У контрольній групі цей показник також змінився, але менш виражено (з 0,76 до 0,803 м/с), що підтверджує перевагу тренувань на стабілометричній платформі для розвитку навичок ходи (рис. 3.2). Покращення

показників мобільності в експериментальній групі може бути зумовлене активною участю в інтерактивних вправах, які сприяють розвитку пропріоцептивної чутливості. Співвідношення ілюструє, що пацієнти основної групи досягли більш суттєвого покращення показників ходи за тестом 10MWT (7,4%) порівняно з контрольною групою (4,3%), причому різниця в ефективності між програмами склала 3,1% на користь реабілітації із застосуванням стабілометричної платформи ALFA.

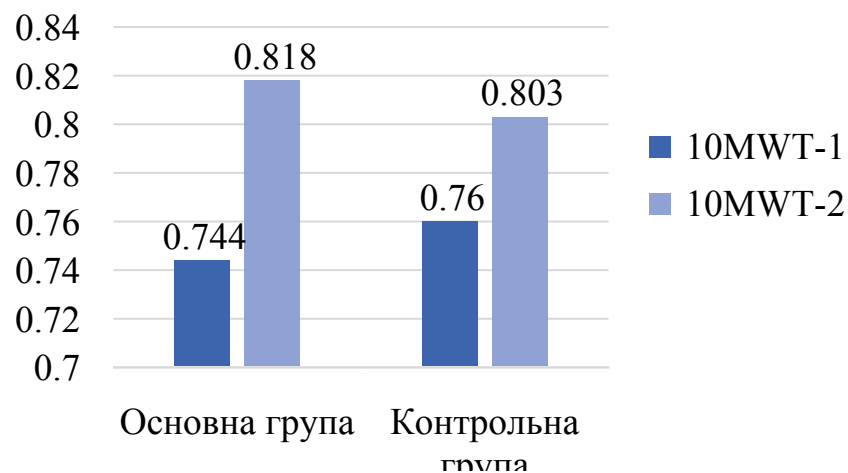


Рис. 3.2 – Динаміка показників швидкості ходи у групах за 10MWT

Показники мобільності пацієнтів групи контролю за АМР на початку та вкінці курсу ФТ наведено у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Динаміка показників мобільності пацієнтів за АМР у пацієнтів групи контролю

Пацієнт	АМР-1	АМР-2
11	37	43
12	32	35
13	40	42
14	19	20
15	35	37
16	41	41
17	34	39
18	32	38
19	39	43
20	40	42

Mean ($\bar{x}$)	34.9	38.0
SD	± 6.506	± 6.879
Variance (S^2)	42.322	47.333

Згідно наведених даних спостерігається загальна тенденція до помірного покращення мобільності – середній показник зріс з 34,9 до 38,0 балів, при цьому найбільший прогрес спостерігався у пацієнтів 11, 17, 18 та 19, тоді як у пацієнта 16 показник залишився незмінним, а в решти покращення було незначним. Збільшення стандартного відхилення з $\pm 6,506$ до $\pm 6,879$ та дисперсії з 42,322 до 47,333 свідчить про певну нерівномірність результатів у групі та вказує на можливу залежність ефективності стандартної ФТ від індивідуальних особливостей пацієнтів з протезованою нижньою кінцівкою.

Порівняльний аналіз мобільності за AMP показав значне підвищення середнього балу в експериментальній групі (з 34,7 до 41,9), що вказує на покращення здатності до пересування, координації рухів та адаптації до протеза. У контрольній групі зміни були менш вираженими (з 34,9 до 38,0), що свідчить про нижчу ефективність традиційних методів реабілітації (таб. 3.10). Отримані дані підкреслюють важливість сенсомоторного тренінгу в реабілітаційному процесі пацієнтів після ампутації.

Таблиця 3.10 – Співвідношення показників динаміки мобільності

	AMP-1	AMP-2	Динаміка, %
Основна група	34.7	41.9	15.3%
Контрольна група	34.9	38.0	6.6%
Різниця показників	0.2	3.9	8.7

Поліпшення рухових можливостей сприяє зниженню ризику падінь, розвитку м'язової атрофії та вторинних ускладнень, таких як контрактури та порушення постави. Відновлення стабільної ходи, рівноваги та координації дозволяє пацієнтам впевненіше пересуватися у різних умовах, що позитивно позначається на їхній психологічній стійкості та мотивації до подальшої активності.

Графічне відображення результатів порівняльного аналізу наведено на рисунку 3.3.

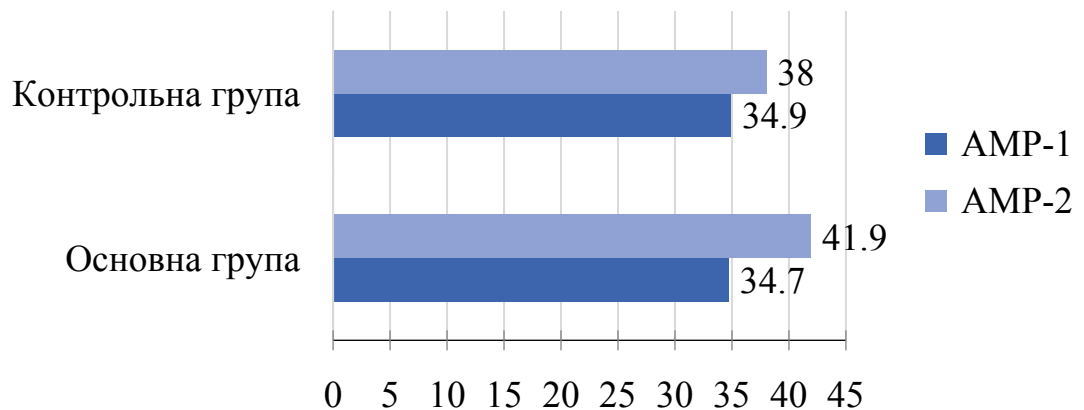


Рис. 3.3 Динаміка показників мобільності у групах за АМР

Таблиця 3.11 відображає динаміку показників контролю рівноваги за шкалою BBS у пацієнтів групи контролю до та після проходження стандартного курсу фізичної терапії. Представлені індивідуальні результати десяти пацієнтів 11-20, включаючи початкові (BBS-1) та кінцеві (BBS-2) бали оцінки балансу. Дані показують помірне покращення середнього показника з 40,4 до 42,7 балів, при цьому найбільший прогрес спостерігався у пацієнтів 15 і 17, тоді як у пацієнтів 13 і 18 показники залишилися незмінними. Статистичні характеристики групи також демонструють певну позитивну тенденцію: стандартне відхилення дещо зменшилося (з $\pm 7,777$ до $\pm 7,499$), як і дисперсія (з 60,489 до 56,233), що вказує на відносну стабілізацію результатів у групі.

Таблиця 3.11 – Динаміка показників контролю рівноваги за BBS у пацієнтів групи контролю

Пацієнт	BBS-1	BBS-2
11	40	42
12	39	43
13	40	40
14	26	29
15	50	54
16	49	50
17	30	34
18	42	42
19	48	50

20	40	43
Mean ($\bar{x}$)	40.4	42.7
SD	± 7.777	± 7.499
Variance (S^2)	60.489	56.233

Загалом, зміни у показниках свідчать про ефективність традиційної фізичної терапії для покращення балансу, хоча і з менш вираженою динамікою порівняно з основною групою пацієнтів (таблиця 3.12).

Таблиця 3.12 – Співвідношення показників динаміки контролю рівноваги за BBS у пацієнтів обох груп

	BBS-1	BBS-2	Динаміка
Основна група	44.3	48.8	8.04%
Контрольна група	40.4	42.7	4.11%
Різниця показників	3.9	6.1	3.93%

Результати порівняльного аналізу показника балансу в групах свідчать про позитивний вплив тренувань на стабілометричній платформі на функціональний стан пацієнтів з АНК. Оцінка рівноваги за шкалою BBS в основній групі виявила достовірне покращення показників, що відображено у зростанні середнього значення з 44,3 до 48,8 балів (що становить приріст у 8.04%), тоді як у контрольній групі динаміка була менш вираженою (від 40,4 до 42,7 балів із відповідним приростом у 4.11%). Таким чином можна стверджувати, що результати у основній групі майже удвічі перевищують такі у групі контролю. Це підтверджує, що застосування стабілометричної платформи сприяє ефективнішій реабілітації за рахунок покращення контролю положення тіла та розвитку компенсаторних механізмів рівноваги. Графічне зображення динаміки показників балансу за шкалою Берга наведено на рисунку 3.4.

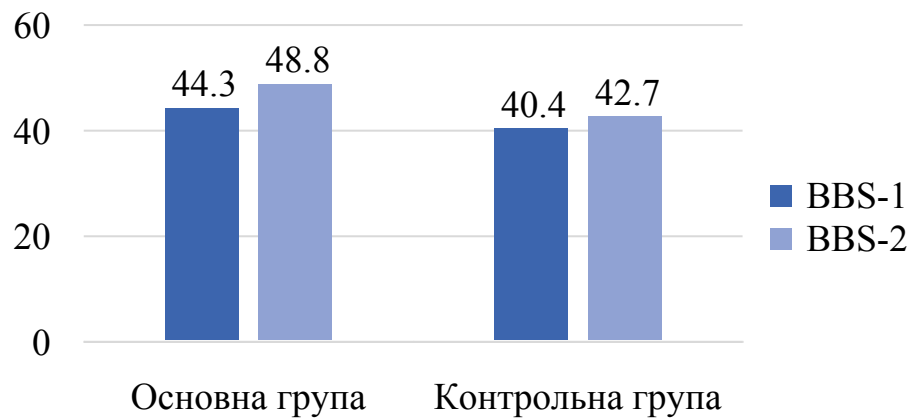


Рис. 3.4 – Динаміка показників базансу у групах за BBS

Отже, можна стверджувати, що розроблена в межах магістерської роботи програма є потенційно ефективною та значно збільшує відновний потенціал пацієнтів із протезованою кінцівкою при травматичній АНК щодо контролю положення тіла.

Висновки до розділу 3

Отримані результати свідчать, що стабілометричні тренування значно покращують рівновагу у пацієнтів з ампутацією, що особливо важливо для зниження ризику падінь. Важливим аспектом є поступове ускладнення завдань упродовж курсу реабілітації, що дозволяє адаптувати пацієнтів до різних рівнів навантаження та формувати стратегії контролю рівноваги. Водночас, традиційні методи реабілітації, хоч і демонструють певну ефективність, не забезпечують такого рівня прогресу в розвитку рівноваги та мобільності

Значущі відмінності між групами підтверджують ефективність стабілометричної платформи як інструменту для вдосконалення постурального контролю. Пацієнти, які проходили тренування з використанням цієї технології, демонстрували кращу стабільність у вертикальному положенні та кращі навички перенесення ваги, що є критично важливим для безпечного пересування. У контрольній групі процес адаптації до протеза проходив повільніше, а

збереження рівноваги залишалося складним завданням навіть після завершення реабілітації

Таким чином, стабілометрична платформа дозволяє не лише покращити баланс, а й забезпечити більш безпечну та ефективну реабілітацію осіб після ампутації нижньої кінцівки. Використання інтерактивних методик, біологічного зворотного зв'язку та прогресивного підходу ускладнення вправ сприяє кращій адаптації до змін у русі, що робить цей метод перспективним у фізичній терапії пацієнтів після ампутації.

ВИСНОВКИ

Теоретичний аналіз доступних даних та власні результати досліджень дозволяють зробити наступні висновки:

1. Досліджено проблему актуальності та поширеності травматичних ампутацій нижніх кінцівок. Вивчено анатомо-фізіологічні особливості пацієнтів із унілатеральною трансфеморальною ампутацією нижньої кінцівки;
2. Досліджено вплив ампутації нижньої кінцівки на баланс та ризик падіння. Встановлено наявність підвищеного ризику у пацієнтів із ампутаціями травматичного генезу, порівняно із пацієнтами з ампутаціями іншого генезу.
3. Визначено сучасні напрямки фізичної реабілітації пацієнтів із ампутаціями нижніх кінцівок, засновані на доказах. Доказові дані імplementовано у програмі фізичної терапії пацієнтів із унілатеральною трансфеморальною ампутацією нижньої кінцівки.
4. Розроблено програму фізичної терапії пацієнтів із трансфеморальними ампутаціями нижніх кінцівок, які використовують постійний біонічний протез, із застосуванням стабілометричної платформи ALFA. Проведено апробацію програми в реальній клінічній практиці.
5. Здійснено порівняльний аналіз ефективності тренувань на стабілометричній платформі та традиційних методів фізичної реабілітації при ампутаціях нижньої кінцівки на рівні стегна. У основній групі пацієнтів, яка використовувала стабілометричну платформу виявлено більш виражену позитивну динаміку щодо контролю рівноваги та зменшення ризику падіння, порівняно із групою контролю.
6. Сформульовано рекомендації щодо впровадження стабілометричних платформ у систему реабілітації пацієнтів із ампутаціями нижніх кінцівок.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Включення стабілометричних тренувань у реабілітаційні програми. Результати дослідження підтвердили, що заняття на стабілометричній платформі ALFA сприяють покращенню рівноваги та мобільності пацієнтів після ампутації нижньої кінцівки. Включення цього методу у стандартні реабілітаційні протоколи дозволить зменшити ризик падінь та прискорити адаптацію до протеза.
2. Раннє застосування стабілометричної терапії у пацієнтів після протезування. Аналіз ефективності методик показав, що раннє використання стабілометричних тренувань значно покращує баланс та сприяє швидшій інтеграції протеза у рухову активність. Запровадження цієї практики дозволить скоротити терміни відновлення та підвищити функціональну незалежність пацієнтів.
3. Персоналізація реабілітаційних програм на основі стабілометричних показників. Дослідження виявило суттєву варіабельність показників рівноваги у пацієнтів після ампутації, що свідчить про необхідність індивідуального підходу. Використання стабілометричної платформи для об'єктивної оцінки рівноваги дозволить адаптувати програму реабілітації до потреб конкретного пацієнта, забезпечуючи оптимальні результати.
4. Використання біологічного зворотного зв'язку для покращення контролю рівноваги. Результати дослідження показали, що інтеграція біологічного зворотного зв'язку під час стабілометричних тренувань підвищує ефективність адаптації пацієнтів до нових умов руху. Запровадження таких методик сприятиме покращенню пропріоцепції, більш рівномірному розподілу навантаження та підвищенню впевненості під час ходьби.
5. Поетапне збільшення складності вправ для довготривалого покращення рівноваги. Дані дослідження підтверджують, що поступове ускладнення стабілометричних вправ сприяє довготривалому збереженню досягнутих результатів. Реабілітаційні протоколи мають передбачати прогресивне

підвищення рівня складності, що сприятиме стійкому відновленню рівноваги та зниженню ризику падінь у майбутньому.

6. Комплексний підхід із поєднанням стабілометричних тренувань та традиційної фізичної терапії. Порівняльний аналіз методик підтвердив, що поєднання стабілометричних вправ із традиційною реабілітацією (навчання ходьбі, тренування м'язової сили) є більш ефективним, ніж застосування окремих методик. Включення такого підходу дозволить покращити функціональні результати та підвищити якість життя пацієнтів.
7. Навчання пацієнтів технікам безпечного пересування та самооцінки рівноваги. Результати дослідження свідчать, що пацієнти, які мають вищу обізнаність про ризики падінь та використовують стратегії безпечного пересування, рідше зазнають травм. Включення освітніх компонентів у програму реабілітації допоможе знизити тривожність, підвищити мотивацію до активного відновлення та запобігти падінням у повсякденному житті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Yuan B., Hu D., Gu S., Xiao S., Song F. The global burden of traumatic amputation in 204 countries and territories. *Frontiers in public health*. 2023. Vol. 11, 1258853. URL: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1258853>
2. McDonald C. L., Westcott-McCoy S., Weaver M. R., Haagsma J., Kartin, D. Global prevalence of traumatic non-fatal limb amputation. *Prosthetics and orthotics international*. 2021. Vol. 45(2). P. 105-114. URL: <https://doi.org/10.1177/0309364620972258>
3. Walter N., Alt V., Rupp, M. Lower Limb Amputation Rates in Germany. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*. 2022. Vol. 58(1), 101. URL: <https://doi.org/10.3390/medicina58010101>
4. Соціальна політика: У Комітеті обговорили стан протезування в Україні (Опубліковано 25 грудня 2023). [Online]. 2025. URL: https://komspip.rada.gov.ua/news/main_news/76592.html (дата звернення: 06.03.2025)
5. Понад 70% загальної кількості щорічних ампутацій є наслідком цукрового діабету (23.07.2020 р.). Центр громадського здоров'я МОЗ України. [Online]. 2025. URL: <https://www.phc.org.ua/news/ponad-70-zagalnoi-kilkosti-schorichnikh-amputaciy-e-naslidkom-cukrovogo-diabetu> (дата звернення: 06.03.2025)
6. Гордійчук Д. Ампутація – не вирок. Як виробляють та ставлять протези військовим (31.07.2024 р.). *Економічна Правда*. [Online]. 2025. URL: <https://epravda.com.ua/publications/2024/07/31/717357/> (дата звернення: 06.03.2025)
7. Sheehan R. C. et al. Common fall-risk indicators are not associated with fall prevalence in a high-functioning military population with lower limb trauma. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 2022. 100, 105774. URL: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2022.105774>

8. Acasio, J. C. et al. Assessments of trunk postural control within a fall-prevention training program for service members with lower limb trauma and loss. *Gait and posture*. 2022. Vol. 92. P. 493-497. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.02.020>
9. Державний експертний центр МОЗ України. Бойова травма (13.02.2025 р.). [Online]. 2025. URL: <https://www.dec.gov.ua/mtd/bojova-travma/> (дата звернення: 06.03.2025)
10. Настанова 00434. Ампутація нижньої кінцівки: післяопераційне лікування і реабілітація. [Online]. 2025. URL: <https://guidelines.moz.gov.ua/documents/3291> (дата звернення: 06.03.2025)
11. Новий клінічний протокол «Ампутація: оцінка та лікування (бойові поранення)». [Online]. 2025. URL: https://moz.gov.ua/storage/uploads/d5678e39-e7f0-4484-8d8c-8cccf52da4e6/dn_1237_16072024_dod_2.pdf (дата звернення: 06.03.2025)
12. Питання організації реабілітації у сфері охорони здоров'я. Постанова КМУ від 3 листопада 2021 р. № 1268. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1268-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 06.03.2025)
13. Про реабілітацію у сфері охорони здоров'я. Закон України. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2021. № 8. ст. 59. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text> (дата звернення: 06.03.2025)
14. Фізична реабілітація ветеранів. Міністерство охорони здоров'я України. Genius. 2022. 46 с. pdf [Електронне видання]. URL: https://moz.gov.ua/uploads/ckeditor/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8/rehabilitation_4.pdf (дата звернення: 06.03.2025)
15. Adeel M., Lin B. S., Chaudhary M. A., Chen H. C., Peng C. W. Effects of Strengthening Exercises on Human Kinetic Chains Based on a Systematic Review. *Journal of functional morphology and kinesiology*. 2024. Vol. 9(1), 22. URL: <https://doi.org/10.3390/jfmk9010022>

16. Amputations. Physiopedia. [Online]. 2025. URL: <https://www.physio-pedia.com/Amputations> (дата звернення: 24.02.2025)
17. Esfandiari E. et al. Long-term symptoms and function after war-related lower limb amputation: A national cross-sectional study. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. 2018. Vol. 52(5). P. 348-351. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aott.2017.04.004>
18. Murray R. et al. Ambulation Mode Classification of Individuals with Transfemoral Amputation through A-Mode Sonomyography and Convolutional Neural Networks. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2022. Vol. 22(23), 9350. URL: <https://doi.org/10.3390/s22239350>
19. O'Banion L. A. et al. Lower extremity amputation protocol: a pilot enhanced recovery pathway for vascular amputees. *Journal of vascular surgery cases and innovative techniques*. 2022. Vol. 8(4). P. 740-747. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jvscit.2022.08.003>
20. Alfaya F. F. et al. Exploring the Interplay of Muscular Endurance, Functional Balance, and Limits of Stability: A Comparative Study in Individuals with Lumbar Spondylosis Using a Computerized Stabilometric Force Platform. *Life (Basel, Switzerland)*. 2023. Vol. 13(10), 2104. URL: <https://doi.org/10.3390/life13102104>
21. Pantera E., Reneaud N., Dupeyron A., Pradon D. Impact of amputation level on gait disorders in transfemoral and transtibial amputees. *Gait & posture*. 2025. Vol. 119. P. 23-30. [Advanced online publication]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2025.02.013>
22. Amputee Mobility Predictor. Physiopedia. [Online]. 2025. URL: https://www.physio-pedia.com/Amputee_Mobility_Predictor (дата звернення: 24.02.2025)
23. An J., Son Y. W., Lee B. H. Effect of Combined Kinematic Chain Exercise on Physical Function, Balance Ability, and Gait in Patients with Total Knee Arthroplasty: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *International*

- journal of environmental research and public health*. 2023. Vol. 20(4), 3524. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph20043524>
24. Abbas R. L. et al. The Effect of Adding Virtual Reality Training on Traditional Exercise Program on Balance and Gait in Unilateral, Traumatic Lower Limb Amputee. *Games for health journal*. 2021. Vol. 10(1). P. 50-56. URL: <https://doi.org/10.1089/g4h.2020.0028>
 25. Abou L., Fliflet A., Zhao L., Du Y., Rice L. The Effectiveness of Exercise Interventions to Improve Gait and Balance in Individuals with Lower Limb Amputations: A Systematic Review and Meta-analysis. *Clinical rehabilitation*. 2022. Vol. 36(7). P. 857-872. URL: <https://doi.org/10.1177/02692155221086204>
 26. Armagnac Gonzalez R. C. et al. Effects of Chronic Diabetes and Attentional Focus on Performance and Learning of a Novel Stabilometer Balance Task. *UNLV Theses, Dissertations, Professional Papers, and Capstones*. 2024. 4933. URL: <http://dx.doi.org/10.34917/37221616>
 27. Azuma Y., Chin T., Miura Y. The relationship between balance ability and walking ability using the Berg Balance Scale in people with transfemoral amputation. *Prosthetics and orthotics international*. 2019. Vol. 43(4). P. 396-401. URL: <https://doi.org/10.1177/0309364619846364>
 28. Batten H. R., McPhail S. M., Mandrusiak A. M., Varghese P. N., Kuys S. S. Gait speed as an indicator of prosthetic walking potential following lower limb amputation. *Prosthetics and orthotics international*. 2019. Vol. 43(2). P. 196-203. URL: <https://doi.org/10.1177/0309364618792723>
 29. Bevacqua N., Dell Elce G., Intelangelo L. Assessing muscle strength of persons with transfemoral amputation with and without a prosthesis: A cross-sectional study. *Prosthetics and orthotics international*. 2023. Vol. 47(5). P. 532-536. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000228>
 30. Bisele M., Bencsik M., Lewis M. G. C., Barnett C. T. Attempted symmetry affects dynamic gait stability in individuals with lower-limb amputation. *Gait*

- and posture.* 2024. Vol. 107. P. 182-188. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.09.015>
31. Brunelli S. et al. Early balance training with a computerized stabilometric platform in persons with mild hemiparesis in subacute stroke phase: A randomized controlled pilot study. *Restorative neurology and neuroscience.* 2020. Vol. 38(6). P. 467-475. URL: <https://doi.org/10.3233/RNN-201055>
 32. Chen L., Feng Y., Chen B., Wang Q., Wei K. Improving postural stability among people with lower-limb amputations by tactile sensory substitution. *Journal of neuroengineering and rehabilitation.* 2021. Vol. 18(1), 159. URL: <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00952-x>
 33. Choo Y. J., Kim D. H., Chang M. C. Amputation stump management: A narrative review. *World journal of clinical cases.* 2022. Vol. 10(13). P. 3981-3988. URL: <https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i13.3981>
 34. Claret C. R. et al. Neuromuscular adaptations and sensorimotor integration following a unilateral transfemoral amputation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation.* 2019. Vol. 16(1), 115. URL: <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0586-9>
 35. Closed Chain Exercise. Physiopedia. [Online]. 2025. URL: <https://surl.li/pksczy> (дата звернення: 24.02.2025)
 36. Conti M., Tonlorenzi D., Brunelli M., Traina G. Learning effect and repeatability of stabilometric measurements: «standard» vs. usual foot placement. *Archives italiennes de biologie.* 2021. Vol. 159(2). P. 95-103. URL: <https://doi.org/10.12871/00039829202124>
 37. Cotrobas-Dascalu V. T. et al. Impact of Kinesiotherapy and Hydrokinetic Therapy on the Rehabilitation of Balance, Gait and Functional Capacity in Patients with Lower Limb Amputation: A Pilot Study. *Journal of clinical medicine.* 2022. Vol. 11(14), 4108. URL: <https://doi.org/10.3390/jcm11144108>
 38. Davie-Smith F., Carse B. Comparison of patient-reported and functional outcomes following transition from mechanical to microprocessor knee in the low-activity user with a unilateral transfemoral amputation. *Prosthetics and*

- orthotics international*. 2021. Vol. 45(3). P. 198-204. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000017>
39. De la Torre, J., Marin J., Polo M., Gómez-Trullén E. M., Marin J. J. MCQ-Balance: a method to monitor patients with balance disorders and improve clinical interpretation of posturography. *PeerJ*. 2021. Vol. 9, e10916. URL: <https://doi.org/10.7717/peerj.10916>
 40. De la Torre J., Marin J., Polo M., Marín, J. J. (2020). Applying the Minimal Detectable Change of a Static and Dynamic Balance Test Using a Portable Stabilometric Platform to Individually Assess Patients with Balance Disorders. *Healthcare (Basel, Switzerland)*. 2020. Vol. 8(4), 402. URL: <https://doi.org/10.3390/healthcare8040402>
 41. Dillon M. P., Major M. J., Kaluf B., Balasanov Y., Fatone S. Predict the Medicare Functional Classification Level (K-level) using the Amputee Mobility Predictor in people with unilateral transfemoral and transtibial amputation: A pilot study. *Prosthetics and orthotics international*. 2018. Vol. 42(2). P. 191-197. URL: <https://doi.org/10.1177/0309364617706748>
 42. Dupuis F. et al. Do Exercise Programs Improve Fitness, Mobility, and Functional Capacity in Adults With Lower Limb Amputation? A Systematic Review on the Type and Minimal Dose Needed. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2024. Vol. 105(6). P. 1194-1211. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.10.011>
 43. Earp J. E. et al. Differing hypertrophy patterns from open and closed kinetic chain training affect quadriceps femoris center of mass and moment of inertia. *Frontiers in physiology*. 2023. Vol. 14. 1074705. URL: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1074705>
 44. Escamilla-Nunez R., Michelini A., Andrysek J. Biofeedback Systems for Gait Rehabilitation of Individuals with Lower-Limb Amputation: A Systematic Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2020. Vol. 20(6), 1628. URL: <https://doi.org/10.3390/s20061628>

45. Frazzitta G. et al. Crossover versus Stabilometric Platform for the Treatment of Balance Dysfunction in Parkinson's Disease: A Randomized Study. *BioMed research international*. 2015. 878472. URL: <https://doi.org/10.1155/2015/878472>
46. Gailey R. et al. Effectiveness of an Evidence-Based Amputee Rehabilitation Program: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Physical therapy*. 2020. Vol. 100(5). P. 773-787. URL: <https://doi.org/10.1093/ptj/pzaa008>
47. Glapa K., Wolke J., Hoffmann R., Greitemann B. Rehabilitation bei Patienten nach Amputationen an den Extremitäten [Rehabilitation following the amputation of an extremity]. *Der Orthopade*. 2021. Vol. 50(11). P. 900-909. URL: <https://doi.org/10.1007/s00132-021-04173-x>
48. Gremeaux V. et al. Selecting a test for the clinical assessment of balance and walking capacity at the definitive fitting state after unilateral amputation: a comparative study. *Prosthetics and orthotics international*. 2012. Vol. 36(4). P. 415-422. URL: <https://doi.org/10.1177/0309364612437904>
49. Highsmith M. J. et al. Concurrent validity of the continuous scale-physical functional performance-10 (CS-PFP-10) test in transfemoral amputees. *Technology and innovation*. 2016. Vol. 18(2-3). P. 185-191. URL: <https://doi.org/10.21300/18.2-3.2016.185>
50. Highsmith M. J. et al. Effects of the genium knee system on functional level, stair ambulation, perceptive and economic outcomes in transfemoral amputees. *Technology and innovation*. 2016. Vol. 18(2-3). P. 139-150. URL: <https://doi.org/10.21300/18.2-3.2016.139>
51. Hjermundrud V., Hilding G. F., Gjøvaag T. Four weeks of inpatient comprehensive prosthetic rehabilitation achieves contrasting results in different groups of prosthetic users. *Prosthetics and orthotics international*. 2024. Vol. 48(6). P. 634-645. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000324>
52. Imre E., Imre E. Prediction model for lower limb amputation in hospitalized diabetic foot patients using classification and regression trees. *Foot and ankle surgery: official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*.

2024. S1268-7731(24)00219-4. [Advanced online publication]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fas.2024.09.002>
53. Johansson R., Jensen L., Barnett C. T., Rusaw D. F. Quantitative methods used to evaluate balance, postural control, and the fear of falling in lower limb prosthesis users: A systematic review. *Prosthetics and orthotics international*. 2023. Vol. 47(6). P. 586-598. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000250>
 54. Juneau P., Baddour N., Burger H., Lemaire E. D. Balance confidence classification in people with a lower limb amputation using six minute walk test smartphone sensor signals. *PLOS digital health*. 2024. 3(8), e0000570. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000570>
 55. Karaali E. et al. Factors affecting activities of daily living, physical balance, and prosthesis adjustment in non-traumatic lower limb amputees. *Turkish journal of physical medicine and rehabilitation*. 2020. Vol. 66(4). P. 405-412. URL: <https://doi.org/10.5606/tftrd.2020.4623>
 56. Kaufman K. R. et al. Fall Prevention Training for Service Members With an Amputation or Limb Salvage Following Lower Extremity Trauma. *Military medicine*. 2024. Vol. 189(5-6). P. 980-987. URL: <https://doi.org/10.1093/milmed/usad005>
 57. Kılınç Kamacı G., Örücü Atar M., Özcan F., Demir Y., Aydemir K. Relationship of stump length with muscle strength, proprioception, and balance in patients with traumatic unilateral transfemoral amputation. *Prosthetics and orthotics international*. 2024. 10.1097/PXR.0000000000000385. [Advance online publication]. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000385> (дата звернення: 14.03.2025)
 58. Kim M. Thoracic spine deformation may predict prosthetic rehabilitation outcome. *Prosthetics and orthotics international*. 2022. Vol. 46(5). P. 518-522. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000141>
 59. Kinetic Chain. Physiopedia. [Online]. 2025. URL: https://www.physio-pedia.com/Kinetic_Chain (дата звернення: 24.02.2025)

60. Kristensen M. T., Nielsen A. Ø., Topp U. M., Holmehave-Brandt J., Petterson C. F., Gebuhr P. Development and psychometric properties of the Basic Amputee Mobility Score for use in patients with a major lower extremity amputation. *Geriatrics & gerontology international*. 2018. Vol. 18(1). P. 138-145. URL: <https://doi.org/10.1111/ggi.13156>
61. Laferrier J. Z., Parente M. Felmlee D. Return to Sport, Exercise, and Recreation (SER) Following Amputation. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2024. Vol. 12. P. 1-10. URL: <https://doi.org/10.1007/s40141-023-00425-3>
62. Lee L. S. et al. Factors influencing physical activity among individuals with lower limb amputations: a qualitative study. *Disability and rehabilitation*. 2023. Vol. 45(9). P. 1461-1470. URL: <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2065539>
63. Limakatso K., Bedwell G. J., Madden V. J., Parker R. The prevalence and risk factors for phantom limb pain in people with amputations: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*. 2020. Vol. 15(10), e0240431. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240431>
64. Lippi L. et. al. Effects of blood flow restriction on spine postural control using a robotic platform: A pilot randomized cross-over study. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2023. Vol. 36(6). P. 1447-1459. URL: <https://doi.org/10.3233/BMR-230063>
65. Liu K., Ji L., Lu Y. Influence of Amputation on Kinetic Chain Musculature Activity During Basic and Modified Core Exercises. *International journal of sports physiology and performance*. 2024. Vol. 19(5). P. 487-495. URL: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0215>
66. Lučarević J. et al. The Relationship Between Vestibular Sensory Integration and Prosthetic Mobility in Community Ambulators With Unilateral Lower Limb Amputation. *Physical therapy*. 2020. Vol. 100(8). P. 1333-1342. URL: <https://doi.org/10.1093/ptj/pzaa091>
67. Maikos J. T. et al. Effects of a Powered Ankle-Foot Prosthesis and Physical Therapy on Function for Individuals with Transfemoral Limb Loss: Rationale,

- Design, and Protocol for a Multisite Clinical Trial. *JMIR research protocols*. 2024. Vol. 13, e53412. URL: <https://doi.org/10.2196/53412>
68. Mańko G., Pieniążek M., Tim S., Jekielek M. The Effect of Frankel's Stabilization Exercises and Stabilometric Platform in the Balance in Elderly Patients: A Randomized Clinical Trial. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*. 2019. Vol. 55(9), 583. URL: <https://doi.org/10.3390/medicina55090583>
 69. Martinez L. et al. Stabilometric assessments of two rehabilitation protocols on postural parameters after posterior total hip arthroplasty: A prospective randomized comparative study. *Orthopaedics & traumatology, surgery and research: OTSR*. 2022. Vol. 108(1), 103174. URL: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2021.103174>
 70. Matalon R., Freund J. E., Vallabhajosula S. Functional rehabilitation of a person with transfemoral amputation through guided motor imagery: a case study. *Physiotherapy theory and practice*. 2021. Vol. 37(1). P. 224-233. URL: <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1625090>
 71. Mierau A. et al. Cortical Correlates of Human Balance Control. *Brain topography*. 2017. Vol. 30(4). P. 434-446. URL: <https://doi.org/10.1007/s10548-017-0567-x>
 72. Mitchell S. L. et al. METALS Study Group. The Military Extremity Trauma Amputation/Limb Salvage (METALS) Study: Outcomes of Amputation Compared with Limb Salvage Following Major Upper-Extremity Trauma. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 2019. Vol. 101(16). P. 1470-1478. URL: <https://doi.org/10.2106/JBJS.18.00970>
 73. Monteiro P. H. M. et al. Cortical activity in body balance tasks as a function of motor and cognitive demands: A systematic review. *The European journal of neuroscience*. 2024. Vol. 60(10). P. 6556-6587. URL: <https://doi.org/10.1111/ejn.16574>
 74. Morosato F., Gentile C., Di Bernardo A., Gruppioni E., Miccio A. Factors influencing the self-perceived mobility of active unilateral lower limb amputees assessed with the Prosthetic Mobility Questionnaire: a brief report. *International*

- journal of rehabilitation research. Internationale Zeitschrift für Rehabilitationsforschung. *Revue internationale de recherches de readaptation*. 2023. Vol. 46(1). P. 108-111. URL: <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000560>
75. Open Chain Exercise. Physiopedia. [Online]. 2025. URL: <https://surl.li/kbeuxv> (дата звернення: 24.02.2025)
 76. Pamboris G. M., Pavlou K., Paraskevopoulos E., Mohagheghi A. A. Effect of open vs. closed kinetic chain exercises in ACL rehabilitation on knee joint pain, laxity, extensor muscles strength, and function: a systematic review with meta-analysis. *Frontiers in sports and active living*. 2024. Vol. 6, 1416690. URL: <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1416690>
 77. Rehabilitation after traumatic injury. NICE guideline [NG211]. Published: 18 January 2022. [Online]. 2025. URL: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng211> (дата звернення: 24.02.2025)
 78. Rehabilitation Measures Database. [Online]. 2025. URL: <https://surl.li/asdosb> (дата звернення: 24.02.2025)
 79. Rodríguez-Rubio P. R. et al. Validity and Reliability of the Satel 40 Hz Stabilometric Force Platform for Measuring Quiet Stance and Dynamic Standing Balance in Healthy Subjects. *International journal of environmental research and public health*. 2020. Vol. 17(21), 7733. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph17217733>
 80. Roush J, Heick JD, Hawk T, Eurek D, Wallis A, Kiflu D. Agreement in Walking Speed Measured Using Four Different Outcome Measures: 6-Meter Walk Test, 10-Meter Walk Test, 2-Minute Walk Test, and 6-Minute Walk Test. *The Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice*. 2021 Jan 01;19(2), Article 7. URL: <https://surl.li/mvwpbv>
 81. Sawers A., Hafner B. Validation of the Narrowing Beam Walking Test in Lower Limb Prosthesis Users. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2018. Vol. 99(8). P. 1491-1498.e1. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.03.012>

82. Sions J. M. et al. Adults with lower-limb amputation: Reduced multifidi muscle activity and extensor muscle endurance is associated with worse physical performance. *Clinical physiology and functional imaging*. 2023. Vol. 43(5), 354-364. URL: <https://doi.org/10.1111/cpf.12833>
83. Sions J. M., Beisheim E. H., Seth M. Selecting, Administering, and Interpreting Outcome Measures among Adults with Lower-Limb Loss: An Update for Clinicians. *Current physical medicine and rehabilitation reports*. 2020. Vol. 8(3). P. 92-109. URL: <https://doi.org/10.1007/s40141-020-00274-4>
84. Schroeder N., Anderson S. Guidelines to Implement Resistance Training in the Transfemoral and Transtibial Amputee. *ACSM's Health & Fitness Journal*. 2023. Vol. 27(6). P. 10-18, 11/12 DOI: 10.1249/FIT.0000000000000915 URL: https://journals.lww.com/acsm-healthfitness/fulltext/2023/11000/guidelines_to/_implement_resistance_training_in_the.6.aspx
85. Tamburella F., Scivoletto G., Iosa M., Molinari M. Reliability, validity, and effectiveness of center of pressure parameters in assessing stabilometric platform in subjects with incomplete spinal cord injury: a serial cross-sectional study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2014. Vol. 11, 86. URL: <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-86>
86. Tan J. M., Halford G. R. J., Lukin M., Kohler F. Recommendations from the ISPO lower-limb COMPASS: Patient-reported and performance-based outcome measures. *Prosthetics and orthotics international*. 2023. Vol. 47(1). P. 13-25. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000197>
87. Toygar İ., Suçeken S., Eti Aslan F., Çelebi M. E., Batar, S. Effect of the Educational Intervention on the Balance of Diabetic Foot Amputees: A Randomized Controlled Study. *The international journal of lower extremity wounds*. 2023. 15347346231171436. [Advanced online publication]. URL: <https://doi.org/10.1177/15347346231171436> (дата звернення: 24.02.2025)
88. Tracy, J. B. et al. Dynamic gait stability and stability symmetry for people with transfemoral amputation: A case-series of 19 individuals with bone-anchored

- limbs. *Journal of biomechanics*. 2024. Vol. 171, 112208. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112208>
89. Varghese J. P., Staines W. R., McIlroy W. E. Activity in Functional Cortical Networks Temporally Associated with Postural Instability. *Neuroscience*. 2019. Vol. 401. P. 43-58. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.01.008>
 90. Wafi A. et al. Predicting Prosthetic Mobility at Discharge From Rehabilitation Following Major Amputation in Vascular Surgery. *European journal of vascular and endovascular surgery: the official journal of the European Society for Vascular Surgery*. 2023. Vol. 66(6). P. 832-839. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2023.09.034>
 91. Webster J. B. et al. Clinical Practice Guidelines for the Rehabilitation of Lower Limb Amputation: An Update from the Department of Veterans Affairs and Department of Defense. *American journal of physical medicine and rehabilitation*. 2019. Vol. 98(9). P. 820-829. URL: <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001213>
 92. Weerasinghe S., Aranceta-Garza A., Murray L. Efficacy of rehabilitation after provision of ICRC lower limb prostheses in low-income and middle-income countries: A quantitative assessment from Myanmar. *Prosthetics and orthotics international*. 2024. Vol. 48(1). P. 5-12. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000300>
 93. Wijekoon A. et al. Effectiveness and Equity in Community-Based Rehabilitation on Pain, Physical Function, and Quality of Life After Unilateral Lower Limb Amputation: A Systematic Review. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2023. Vol. 104(9). P. 1484-1497. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.02.009>
 94. Wong C. K., Chen C. C., Blackwell W. M., Rahal R. T., Benoy S. A. Balance ability measured with the Berg balance scale: a determinant of fall history in community-dwelling adults with leg amputation. *Journal of rehabilitation medicine*. 2015. Vol. 47(1). P. 80-86. URL: <https://doi.org/10.2340/16501977-1882>

95. Wong C. K., Chen C. C., Benoy S. A., Rahal R. T., Blackwell W. M. Role of balance ability and confidence in prosthetic use for mobility of people with lower-limb loss. *Journal of rehabilitation research and development*. 2014. Vol. 51(9). P. 1353-1364. URL: <https://doi.org/10.1682/JRRD.2013.11.0235>
96. Wong C. K. et al. Walking asymmetry and its relation to patient-reported and performance-based outcome measures in individuals with unilateral lower limb loss. *International biomechanics*. 2022. Vol. 9(1). P. 33-41. URL: <https://doi.org/10.1080/23335432.2022.2142160>
97. Wurdeman S. R., Stevens P. M., Campbell J. H. Mobility Analysis of Amputees II: Comorbidities and Mobility in Lower Limb Prosthesis Users. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2018. Vol. 97(11). P. 782-788. URL: <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000967>
98. Yerli S., Erbahçeci F., Kerem Günel M. Effect of pain on activity and participation in individuals with unilateral lower-extremity amputation based on the International Classification of Functioning, Disability, and Health. *Prosthetics and orthotics international*. 2025. Vol. 49(1). p. 7-13. URL: <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000342>
99. Yun D. H., Jung I. Y., Moon C. W., Cho K. H. Correlation of Femoral Muscle Volume Using Three-Dimensional Modeling and Locomotor Function After Unilateral Trans-femoral Amputation. *Annals of rehabilitation medicine*. 2022. Vol. 46(6). P. 303-311. URL: <https://doi.org/10.5535/arm.22110>
100. Zwierko M., Lesiakowski P., Zwierko T. Postural Control during Progressively Increased Balance-Task Difficulty in Athletes with Unilateral Transfemoral Amputation: Effect of Ocular Mobility and Visuomotor Processing. *International journal of environmental research and public health*. 2020. Vol. 17(17), 6242. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph17176242>
101. Patel R. et al. Five historical innovations that have shaped modern orthopaedic surgery. *Journal of perioperative practice*. 2024. Vol. 34(3). P. 84-92. <https://doi.org/10.1177/17504589231179302>