

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра екстреної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії,
травматології та протезування**

Магістерська робота

**на тему: «Протезування при ампутації гомілки внаслідок вибухової травми:
особливості гільзи для середньої третини»**

Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	22 «Охорона здоров'я» (шифр і назва)
Спеціальність	224 «Технологія медичної діагностики та лікування»,
Спеціалізація	224.02 «Протезування-ортезування» (шифр і назва)
Освітня програма	<u>«Протезування – ортезування»</u> (назва освітньої програми)

Виконала:		
Здобувач гр 4-24-281	_____	Максим Андрійович БОРИС
	(підпис)	
Керівник роботи:		
к.мед.н., доц.	_____	Григорій Григорович ГОЛКА
	(підпис)	
Рецензент роботи:		

	(підпис)	

Засвідчую, що у цій роботі
немає цитат та вилучень з
праць інших авторів без
відповідних посилань
здобувач

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі досліджено клініко-функціональні особливості виготовлення та корекції приймальної гільзи протеза гомілки у пацієнтів з одnobічною травматичною ампутацією середньої третини гомілки, спричиненою мінно-вибуховими ушкодженнями. Актуальність дослідження зумовлена зростанням кількості осіб із ампутацією нижніх кінцівок внаслідок бойових дій на території України та необхідністю підвищення ефективності протезування і реабілітації шляхом індивідуалізації конструкції гільзи.

Метою роботи є підвищення ефективності протезування шляхом клінічного обґрунтування принципів індивідуального виготовлення приймальної гільзи та оптимізації вибору системи її фіксації.

У дослідженні застосовано аналіз літературних джерел, клінічне обстеження, спостереження за процесом виготовлення та корекції гільзи, оцінку стану м'яких тканин кукси, аналіз ходи, визначення стабільності опори та суб'єктивної комфортності користування протезом. Обстежено 10 пацієнтів у динаміці від первинної примірки до завершення періоду адаптації.

Встановлено, що у більшості пацієнтів на етапі первинної примірки виявлялися локальні зони підвищеного тиску та потреба в багатоетапній технічній корекції приймальної гільзи. Індивідуалізація внутрішньої форми культипріймача та застосування принципів тотального контакту й селективного розвантаження забезпечили формування толерантності тканин, відсутність тяжких шкірно-трофічних ускладнень та високий рівень комфортності користування протезом. Високі функціональні результати отримано у 90% пацієнтів.

Порівняльний аналіз систем фіксації показав переваги вакуумної фіксації щодо стабільності, мінімізації поршневих рухів і суб'єктивного комфорту.

Отримані результати можуть бути використані для удосконалення технології протезування та підвищення ефективності реабілітації пацієнтів із транстибіальними ампутаціями.

ABSTRACT

This master's thesis investigates the clinical and functional features of the fabrication and adjustment of a transtibial prosthetic socket in patients with unilateral traumatic amputation of the middle third of the lower leg caused by mine-blast injuries. The relevance of the study is обусловлена the growing number of individuals with lower limb amputations resulting from military actions in Ukraine and the need to improve the effectiveness of prosthetics and rehabilitation through individualization of socket design.

The aim of the study is to increase the effectiveness of prosthetic fitting by clinically substantiating the principles of individualized socket fabrication and optimizing the selection of its suspension system.

The study employed a review of scientific literature, clinical examination, observation of the socket fabrication and adjustment process, assessment of the residual limb soft tissues, gait analysis, evaluation of support stability, and subjective comfort of prosthesis use. Ten patients were examined dynamically from the initial fitting to the completion of the adaptation period.

It was found that most patients demonstrated localized areas of increased pressure at the stage of initial fitting and required multi-stage technical adjustments of the prosthetic socket. Individualization of the internal socket shape and the application of the principles of total contact and selective pressure relief ensured tissue tolerance, absence of severe skin and trophic complications, and a high level of comfort during prosthesis use. High functional outcomes were achieved in 90% of patients.

Comparative analysis of suspension systems showed the advantages of vacuum suspension in terms of stability, minimization of pistoning movements, and subjective comfort.

The obtained results can be used to improve prosthetic technology and enhance the effectiveness of rehabilitation in patients with transtibial amputations.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет(інститут)	IV медичний
Кафедра	екстреної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії, травматології та протезування
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	22 «Охорона здоров'я» (шифр і назва)
Спеціальність	224 «Технологія медичної діагностики та лікування»,
Спеціалізація	224.02 «Протезування-ортезування» (шифр і назва)
Освітня програма	<u>«Протезування – ортезування»</u> (назва освітньої програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о завідувача кафедри
екстреної та невідкладної
медичної допомоги, ортопедії,
травматології та протезування
назва кафедри

(підпис) проф. Голка Г.Г.
(ПІБ)

«21» листопада 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ(МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ СТУДЕНТУ

Борис Максим Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 .Тема роботи «Протезування при ампутації гомілки внаслідок вибухової травми: особливості гільзи для середньої третини.».

керівник роботи В.о. завідувача кафедрою екстреної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії травматології та протезування, д.мед.н, професор Голка Г.Г.

2 Строк подання студентом роботи травень 2026 року *(орієнтовно, відповідно до графіку проведення атестації ЕК)*.

3.Вихідні дані до роботи: матеріали вітчизняних і зарубіжних публікацій за проблемою ампутації стегна , дані клінічних обстежень пацієнтів, результати

анкетування щодо якості життя, результати оцінки біомеханіки.

4.Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Огляд літератури за темою та вибір напрямів досліджень.

2. Виклад загальної методики й основних методів досліджень.

3. Експериментальна частина й методика досліджень.

4. Аналіз та узагальнення результатів власних досліджень впливу конструкції протеза на якість життя.

Висновки.

Список використаних джерел.

5. Перелік досліджень (з точним зазначенням обов'язкових досліджень):

Бібліографічно-пошуковий аналіз, збір та аналіз клінічних даних пацієнтів, анкетування/опитування (визначення якості життя), оцінка біомеханіки та функціональності різних конструкцій протезів, статистична обробка результатів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв

7.Дата видачі завдання 21.11.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання, вибір напрямів досліджень та підбір літератури	Листопад – Грудень 2025	
2	Огляд літератури за темою, написання 1-го розділу	Січень – Лютий 2026	
3	Проведення	Лютий –	

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	практичних/експериментальних досліджень, збір та аналіз даних	Березень 2026	
4	Узагальнення результатів, формулювання висновків, оформлення роботи згідно вимог	Квітень 2026	
5	Перевірка на академічну доброчесність та попередній захист на кафедрі	Не пізніше ніж за 4 тижні до захисту	
6	Подання повністю готової, зшитої роботи до Екзаменаційної комісії	За 1 день до захисту	

Студент _____ **Борис М. А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **проф. Голка Г.Г.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1.ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АМПУТАЦІЇ ТА ПРОТЕЗУВАННЯ ГОМІЛКИ ПРИ ВИБУХОВІЙ ТРАВМІ	14
1.1 Вибухова травма як причина ампутації гомілки.....	14
1.2 Показання до транстібіальної ампутації та формування кукси середньої третьої гомілки	17
1.3 Сучасні підходи до протезування при ампутації гомілки.....	19
1.4. Загальні принципи застосування протезів нижніх кінцівок	20
1.5. Гільза протеза гомілки	22
1.6. Системи фіксації протеза.....	23
1.7. Клінічні дослідження ефективності гільз та систем фіксації	28
1.8. Підготовка культі до протезування	30
1.9. Реабілітаційний процес та адаптація до протеза.....	31
1.10. Висновки до розділу 1	32
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	34
2.1. Характеристика клінічного матеріалу та об'єкта дослідження.....	34
2.2. Методи дослідження та оцінки ефективності протезування	39
2.3. Технологія виготовлення гільзи протеза гомілки середньої третьої.....	42
ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ВИГОТОВЛЕННЯ ПОСТІЙНОЇ КАРБОНОВОЇ ГІЛЬЗИ З ВАКУУМНИМ КРІПЛЕННЯМ	45
РОЗДІЛ 3. ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	50
3.1. Результати підгонки та адаптації приймальної гільзи у пацієнтів з ампутацією гомілки середньої третьої	50
3.2. Оцінка функціональних результатів протезування (комфорт, хода, стабільність).....	54
3.3. Порівняльний аналіз вакуумної, замкової та наколінниковою систем фіксації приймальної гільзи протеза гомілки.....	58

3.4. Аналіз ускладнень та типових помилок у проєктуванні приймальних гільз протеза гомілки	62
3.5. Практичні рекомендації.....	65
3.6. Висновки до розділу 3	68
РОЗДІЛ 4. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	70
4.1. Порівняння отриманих результатів з даними інших досліджень	70
4.2. Клінічне значення отриманих результатів	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	74
ЛІТЕРАТУРА.....	76

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

ПГ — приймальна гільза

МВТ — мінно-вибухова травма

АНК — ампутація нижньої кінцівки

АНКГ — ампутація нижньої кінцівки гомілкового рівня

ОРА — опорно-руховий апарат

ФРМ — фізична та реабілітаційна медицина

ЛФК — лікувальна фізична культура

КТ — комп'ютерна томографія

ВКС — вакуумна система фіксації

ЗКС — замкова система фіксації (pin-lock)

НКС — надколінникова система фіксації

ОІ — остеointegraція

ВСТУП

Актуальність теми. Травматичні ампутації нижніх кінцівок, зокрема мінно-вибухової етіології, залишаються однією з актуальних медико-соціальних проблем сучасного світу. Збільшення кількості пацієнтів працездатного віку з амуніцією кінцівок обумовлює зростання потреби у високоякісному протезуванні та ефективній медичній реабілітації, спрямованій на відновлення мобільності, функціональної незалежності та соціальної адаптації.

Серед різних рівнів ампутацій найбільш поширеною є ампутація гомілки (транстибіальна), яка забезпечує кращі функціональні перспективи порівняно з більш проксимальними рівнями. При цьому ефективність протезування при даному рівні ампутації значною мірою визначається якістю проєктування та адаптації за потребами приймальної гільзи, яка є основним елементом взаємодії між куксою та протезом.

Недостатня відповідність форми гільзи анатомо-морфологічним особливостям кукси, нерівномірний розподіл навантаження, поршневі та ротаційні рухи, помилки у виборі системи фіксації можуть призводити до розвитку больового синдрому, шкірно-трофічних ускладнень, порушення стереотипних рухів ходи, перевантаження контралатеральної кінцівки та зниження толерантності до користування протезом. У пацієнтів із наслідками мінно-вибухових травм ці проблеми посилюються внаслідок наявності рубцевих деформацій, нерівних опилів кісток, дефіциту або надлишку м'яких тканин та підвищеної чутливості тканин.

Аналіз наукових джерел показав, що більшість невдалих результатів протезування пов'язані саме з недоліками приймальної гільзи, однак питання комплексної клініко-функціональної оцінки процесу її підгонки, адаптації та вибору оптимальної системи фіксації у пацієнтів із травматичними ампутаціями залишаються недостатньо систематизованими. Це зумовлює необхідність проведення власних клінічних досліджень, спрямованих на

обґрунтування ефективних підходів до індивідуалізації конструкції куксоприймача.

Мета дослідження. Підвищити ефективність протезування пацієнтів з ампутацією гомілки середньої третини травматичного генезу шляхом клініко-функціонального обґрунтування принципів індивідуального виготовлення приймальної гільзи та оптимізації вибору системи її фіксації.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

- проаналізувати сучасні наукові джерела щодо особливостей протезування та реабілітації пацієнтів із транстибіальними ампутаціями;
- дослідити клініко-морфологічні характеристики кукс у пацієнтів з травматичними ампутаціями гомілки та визначити фактори, що впливають на складність виготовлення та підгонки гільзи;
- оцінити результати первинної примірки, обсяг і характер технічних корекцій приймальних гільз у процесі їх індивідуальної підгонки;
- проаналізувати перебіг періоду адаптації до протеза та динаміку стану м'яких тканин кукси;
- визначити функціональні результати протезування за показниками комфорту, стабільності фіксації та якості ходи;
- провести порівняльну клініко-функціональну оцінку вакуумної, замкової та пінової систем фіксації приймальної гільзи;
- виявити типові ускладнення та помилки у проєктуванні гільз і розробити практичні рекомендації щодо їх профілактики;
- створити практичні рекомендації щодо протезування пацієнтів з ампутацією гомілки середньої третини травматичного генезу.

Об'єкт дослідження: пацієнти з ампутацією середньої третини гомілки внаслідок мінно-вибухової травмами

Предмет дослідження: клініко-функціональні особливості підгонки, адаптації та експлуатації приймальної гільзи протеза гомілки, а також ефективність різних систем її фіксації.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використовувалися такі методи:

- Теоретичні: аналіз наукової літератури для узагальнення сучасних даних щодо принципів протезування та реабілітації.
- Емпіричні: клінічне обстеження для оцінки морфологічних особливостей кукси, стану м'яких тканин та наявності ускладнень; клініко-функціональне спостереження для аналізу процесу підгонки гільзи та перебігу адаптації; біомеханічний аналіз ходи для оцінки стабільності опори, симетрії та раціональності стереотипу ходи; анкетування та суб'єктивна оцінка пацієнтів для визначення рівня комфорту та переносимості протеза; порівняльний аналіз для зіставлення ефективності різних систем фіксації.
- Статистичні: статистична обробка даних для узагальнення отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. У роботі проведено комплексну клініко-функціональну оцінку процесу підгонки та адаптації приймальних гільз у пацієнтів із травматичними ампутаціями гомілки мінно-вибухового генезу з урахуванням морфологічних особливостей кукси. Уточнено характер типових зон перевантаження тканин та обґрунтовано необхідність поетапної індивідуальної корекції внутрішньої поверхні гільзи. Порівняно ефективність вакуумної, замкової та надколінниковою систем фіксації та визначено їх клінічні переваги та недоліки залежно від рівня функціональної активності пацієнтів. Доведено взаємозв'язок між якістю посадки гільзи, стабільністю фіксації та показниками функціональної незалежності пацієнтів.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути використані у практичній діяльності лікарів фізичної та

реабілітаційної медицини, протезистів-ортезистів та фахівців мультидисциплінарних реабілітаційних команд при плануванні та здійсненні протезування пацієнтів із транстибіальними ампутаціями.

Розроблені підходи до індивідуальної підгонки гільзи, вибору системи фіксації та профілактики ускладнень сприяють підвищенню комфортності користування протезом, покращенню якості ходи, зменшенню частоти больових синдромів і шкірно-трофічних порушень, а також підвищенню рівня соціальної та побутової адаптації пацієнтів.

Структура роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел. У першому розділі представлено огляд літератури та сучасні погляди на реабілітацію після ампутацій нижніх кінцівок внаслідок мінно-вибухової травми, у другому - методи дослідження та технологічна карта, у третьому - експериментальна частина й методика досліджень, у четвертому - аналіз та узагальнення результатів власних досліджень впливу конструкції протеза на якість життя. У роботі 9 рисунків, 2 таблиця. Загальний обсяг роботи – 80 сторінка, список використаної літератури налічує 33 позицій.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АМПУТАЦІЇ ТА ПРОТЕЗУВАННЯ ГОМІЛКИ ПРИ ВИБУХОВІЙ ТРАВМІ

1.1 Вибухова травма як причина ампутації гомілки

Ампутація кінцівки є одним із найбільш тяжких наслідків ушкоджень опорно-рухового апарату та може виникати внаслідок різних патологічних процесів. У загальному співвідношенні ампутація кінцівок трапляється в 31,69%. Приблизно 14,41% ампутацій нижніх кінцівок, а 10,53% верхніх кінцівок.

Що стосується ампутацій нижніх кінцівок, ампутації вище коліна є найпоширенішою операцією (2,50%), тоді як ампутації пальців є найрідкіснішою (0,03%). Найчастішими ампутаціями верхніх кінцівок є ампутації вище ліктя (2,46%), тоді як вичленення плеча є найменш поширеним (0,02%).

Травми (11,05%), діабетичні виразки стопи (9,93%) та опіки (10,63 %) на сьогоднішній день є основними причинами ампутацій кінцівок [30].

Травматична ампутація може бути наслідком дорожньо-транспортних пригод, виробничих травм, вогнепальних поранень, опіків, компресійних та холодових уражень. Окрему та надзвичайно важливу групу становлять мінно-вибухові та вибухові травми, які характеризуються поєднаним і множинним ураженням тканин.

Одним із найтяжчих видів бойових ушкоджень є вибухова травма, яка характеризується поєднанням кількох уражаючих факторів: ударної хвилі, високотемпературного впливу, уламків і вибухового потоку. Такий складний механізм призводить до значного руйнування м'яких тканин, кісток, судин і нервів. Це часто призводить до значних дефектів тканин і розвитку важкого шокового стану.

Сучасні дослідження показують, що одним із найбільш характерних і тяжких наслідків вибухових поранень є травматична ампутація. Нерідко вона є прямою причиною смерті внаслідок значної крововтрати або ознакою надзвичайно тяжкої поєднаної бойової травми. За даними військово-медичних спостережень, більшість постраждалих від травматичних ампутацій також мають переломи, значні дефекти м'яких тканин, ушкодження периферичних нервів і судин, серед інших супутніх ушкоджень.

Механізм травматичної ампутації при вибуху тривалий час вважався наслідком переважно дії надлишкового тиску та вибухового вітру. Проте сучасні експериментальні та клінічні дослідження показали, що провідну роль у формуванні ампутації відіграє вторинний уражаючий фактор-високошвидкісні уламки навколишнього середовища та фрагменти боєприпасів. Встановлено, що ударна хвиля спочатку пошкоджує шкіру і м'які тканини, після чого уламки спричиняють множинні та сегментарні переломи кісток. Досягнення критичного рівня руйнування призводить до втрати цілісності як кісткових, так і м'якотканинних структур, а вибуховий потік завершує процес травматичної ампутації.

Враховуючи механізм підриву та анатомічні особливості нижньої кінцівки, саме гомілка достатньо часто уражається при мінно-вибухових пораненнях. Таким чином, ампутації на рівні гомілки, особливо в середній третині, є одними з найпоширеніших у структурі вибухових і бойових травм.

Зважаючи на те, що судинні та діабетичні ураження все ще є основною причиною ампутацій у літніх пацієнтів, вибухові та бойові травми є найпоширенішими травмами серед молодого та середнього віку, які супроводжуються значно складнішими анатомічними та функціональними проблемами кукси.

Після вибухових ампутацій кукса, як правило, характеризується нерівномірним рубцюванням, відсутністю м'яких тканин, підвищеною чутливістю або болісністю та ділянками фіброзу та деформацій. Ці

характеристики значно ускладнюють процес протезування та вимагають більш складної конструкції гільзи протеза.

Дослідження травматичних ампутацій у військовослужбовців, які вижили після вибуху, показали, що відрив найчастіше відбувається не на рівні суглобів, а в ділянці діафізів кісток, зокрема в зоні великогомілкової кістки, що пояснює високу частоту ампутацій саме на рівні гомілки. У ретроспективному дослідженні було вивчено 41 випадок травматичної ампутації у 29 військових, які вижили після бомбардувань. Дослідники встановили, що суглоби рідко були місцями ампутації, а найчастіше кінцівки відривалися на рівні кісткових діафізів. Це відрізнялось від інших форм травм, наприклад, травм у пілотів зі стрибком із літака, що свідчить про специфічні механізми ураження при вибухах [18].

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації на територію України призвело до різкого зростання кількості мінно-вибухових та уламкових поранень серед військових і цивільного населення в Україні. За даними українських клінічних спостережень, у структурі бойових ушкоджень кінцівок до 30% становлять мінно-вибухові поранення, а понад третина пацієнтів мають ураження нижніх кінцівок або поєднані травми кількох сегментів. При цьому ампутації кінцівок виконуються приблизно у 6-7% поранених, як за первинними, так і за вторинними показаннями [32].

Таким чином, вибухова травма в умовах війни в Україні є однією з провідних причин ампутацій гомілки та формує особливу, складну за морфологією та функціональним станом куксу. Саме це зумовлює необхідність спеціального підходу до проєктування та виготовлення гільзи протеза, з урахуванням дефіциту м'яких тканин, рубцевих змін, болісності та нерівномірного розподілу навантаження.

1.2 Показання до транстібіальної ампутації та формування кукси середньої третини гомілки

Традиційно вважається, що середня третина гомілки (14–18 см нижче колінного суглоба) є найбільш оптимальним рівнем для формування функціональної кукси [11; 16; 31].

Це обґрунтовано тим, що у цій зоні зазвичай зберігається краще кровопостачання, ніж у нижній третині, забезпечується достатній важіль для керування протезом, зберігається баланс між довжиною кукси та якістю м'якотканинного покриття, створюються оптимальні умови для формування тотально-контактної приймальної гільзи. Малою гомілкову кістку при цьому доцільно резектувати на 2–3 см проксимальніше від кінця великогомілкової кістки, що запобігає болю, тиску та труднощам при протезуванні [31].

Анатомічно великогомілкова та малою гомілкова кістки утворюють гомілку, яка розділена на чотири м'язові блоки: передній, латеральний, глибокий задній і поверхневий задній. У цих блоках проходять магістральні судини та нерви: передня та задня великогомілкові артерії, малою гомілкова артерія, великогомілковий і глибокий малою гомілковий нерви. Передня поверхня великогомілкової кістки, особливо гребінь, розташована безпосередньо під шкірою і не покрита м'якими тканинами, тому при протезуванні існує високий ризик тискових уражень саме у цьому місці [7; 26].

Особливе значення має міжкісткова мембрана та міжм'язові перетинки, які стабілізують малою гомілкову кістку. Їх ушкодження під час ампутації призводить до надмірної рухомості або вальгусного відхилення залишку малою гомілкової кістки, що істотно погіршує опороздатність кукси та ускладнює протезування [2; 3].

Показання до ампутації визначаються насамперед ступенем життєздатності тканин та можливістю їх реконструкції. Основною метою є повне видалення нежиттєздатних, інфікованих або нефункціональних тканин при максимальному збереженні довжини кінцівки.

Основні групи показань:

1. Судинна патологія: хронічна критична ішемія, суха та волога гангрена, незагойні трофічні виразки, некрози.
2. Інфекційні ураження: глибокі інфіковані рани, септичні ускладнення.
3. Високоенергетична травма та бойові ушкодження: розтрощення тканин, неможливість реконструкції, масивне забруднення та руйнування судинно-нервових структур [7; 11; 15; 22; 27].
4. Невдалі реконструкції та хвороби кукси: болючі рубці, надмірна рухомість малогомілкової кістки, булавоподібна деформація, виступання кісткових опилів; фіксація м'язів до рубця [3; 7].

Клінічні дослідження показали, що формування нефункціональних кукс часто є результатом традиційного зшивання м'язів-антагоністів без їх фіксації на кістці. Ретракція м'язів із виступанням кісткових опилів, булавоподібна деформація кукси, надмірна рухомість і вальгусне відхилення малогомілкової кістки, болісні та зрощені з кісткою рубці, контурування гребеня великогомілкової кістки є основними ускладненнями [7].

Сучасна концепція передбачає не просто видалення сегмента кінцівки, а створення нового органа опори та руху. Згідно з даними Шевчука В.І. та співавторів, ключовими завданнями є: стабільна фіксація м'язів до кістки, надійне закриття гребеня великогомілкової кістки, обмеження рухомості залишку малогомілкової кістки, формування пружної, конічної, витривалої кукси [3].

З часом м'язи, які фіксуються на кістці, перетворюються на фіброзно-м'язову прокладку, яка амортизує кістку та гільзу протеза. Використання широкого спектру невідільних шкірно-підшкірних клаптів допомагає зберегти довжину кісткового важеля, покращити кровопостачання, покращити загоєння ран і підвищити витривалість кукси під навантаженням.

Кісткова пластика з формуванням синостозу підвищує міцність кукси більш ніж у чотири рази, сприяє рівномірному розподілу навантаження,

покращує мікроциркуляцію внутрішньої кістки та забезпечує кращу біомеханічну адаптацію до протеза [3].

1.3 Сучасні підходи до протезування при ампутації гомілки

Одним із основних компонентів медичної та фізичної реабілітації після ампутацій є протезування нижніх кінцівок. Основною метою протезування є відновлення опорної функції пацієнта, можливості пересування, зменшення енергозатрат при ходьбі та покращення якості життя пацієнта.

Пацієнт може стояти, ходити, зберігати рівновагу та підтримувати вертикальне положення тіла за допомогою штучного пристрою, відомого як протез [29].

Класифікація протезів нижніх кінцівок

Протези поділяють за кількома критеріями: за функціональним призначенням, рівнем ампутації та конструктивними особливостями.

За призначенням розрізняють:

- Функціональні протези: забезпечують активну участь у русі, ходьбі та повсякденній діяльності.
- Спортивні: спеціалізовані, з підвищеною міцністю та функціоналом для бігу та інших активностей.
- Купальні: створені для контакту з водою.
- Лікувально-тренувальні: для раннього етапу реабілітації;.
- Косметичні протези: переважно виконують естетичну функцію, частково дозволяючи виконувати прості дії [1].

За рівнем ампутації виділяють: протези стопи, протези гомілки (транстибіальні), протези стегна (трансфеморальні), протези при вичленуванні в суглобах .

За типом конструкції протези поділяють на: ендоскелетні (модульні) протези та екзоскелетні протези

Сучасний протез гомілки складається з: приймальної гільзи (снвного елемента контакту з культею), системи підвіски (фіксує протез на кінцівці), лайнера (м'якої внутрішньої вкладки), пілона (гомілки)(передає навантаження), стопи та гомілковостопного модуля (забезпечують опору та амортизацію).

Особлива увага у сучасному протезуванні приділяється конструкції гільзи, оскільки саме вона визначає комфорт, розподіл тиску та профілактику ускладнень.

Гільза з опорою на зв'язку надколінка (РТВ), надвиросткова та надколінкова гільза, гільза зі змінним кутом згинання та гільза типу «рукав» для коротких культей є найбільш поширеними типами приймальних гільз. Сучасні протези використовують такі матеріали: метали (титан, алюміній, нержавіюча сталь), термопластики та композити, вуглецеве волокно, сілікон, полімери, гуму та текстиль. Вуглепластики застосовують частіше, оскільки вони мають високу міцність і малу вагу, що значно знижує енергозатрати під час ходьби [29].

Ускладнення та проблеми, пов'язані з використанням протезів. Найпоширеніші ускладнення включають шкірні подразнення та дерматити, больовий синдром культі, венозний застій, проблеми з розподілом тиску та фантомні болі [29].

Тому правильний підбір конструкції гільзи та матеріалів має вирішальне значення, особливо у пацієнтів після вибухових травм.

1.4. Загальні принципи застосування протезів нижніх кінцівок

Здатність до пересування після ампутації можна покращити за допомогою протеза нижніх кінцівок. Вони відтворюють функції кінцівки, а іноді й її анатомію. Після протезування деякі пацієнти потребують додаткових засобів опори, таких як палиці, ходунки та милиці, але інші пацієнти можуть пересуватися самостійно без допомоги. Питання протезування є одним із

найважливіших етапів реабілітації, незалежно від того, планується ампутація чи ні. Оскільки протезування показане не всім пацієнтам, рішення щодо його застосування повинно прийматися з урахуванням низки клінічних і функціональних факторів.

Незважаючи на значні успіхи сучасних протезних засобів, не кожен пацієнт є оптимальним кандидатом для користування протезом. Перед початком протезування необхідно оцінити: достатність м'яких тканин для амортизації навантаження, вираженість больового синдрому, стан шкірних покривів культі, обсяг рухів у суміжних суглобах, функціональний стан контралатеральної кінцівки, рівень фізичної активності пацієнта до ампутації, реабілітаційні цілі та очікуваний рівень мобільності.

Причина ампутації також важлива. Пацієнти з судинними захворюваннями або цукровим діабетом зазвичай мають гірші функціональні передумови для використання протезів, ніж люди з травматичною ампутацією, які вели активний спосіб життя до втрати кінцівки. Таким чином, рішення щодо протезування повинно прийматися індивідуально, у співпраці пацієнта та медичної команди з різних дисциплін.

Універсальних протезів не існує. Кожна конструкція підбирається індивідуально. Сучасний протез нижньої кінцівки зазвичай складається з таких основних компонентів: несучі та функціональні модулі (штучна стопа, колінний та/або гомілковостопний вузол), виготовлені з легких і міцних матеріалів; приймальна гільза, яка є точною негативною формою культі та забезпечує передачу навантаження на протез; система фіксації (підвіски)-вакуумна, штифтова, ремінна або інша, що утримує протез на куксі. Кожен із цих компонентів має кілька варіантів виконання, які відрізняються за показаннями, перевагами та обмеженнями. Тому правильний підбір елементів можливий лише за умови тісної та тривалої співпраці з лікарем-протезистом [21].

1.5. Гільза протеза гомілки

Приймальна гільза є ключовим компонентом протеза гомілки, оскільки саме вона забезпечує механічний та функціональний контакт культі з усією конструкцією протеза. Від точності виготовлення та посадки гільзи залежить комфорт користувача, ефективність управління протезом, безпека та успішність реабілітації [24; 28].

Клінічний досвід показує, що приблизно 30-40% пацієнтів припиняють користуватися протезом через проблеми з гільзою, включаючи біль, порушення біомеханіки ходи та недостатній контроль кінцівки [24]. Базові вимоги до гільзи: надійна фіксація культі, рівномірна передача навантаження на м'які тканини, стабільність та керованість протеза, мінімізація шкірних пошкоджень та больових відчуттів.

Технологія виготовлення гільзи

Виготовлення індивідуальної гільзи починається зі зняття негативного зліпка культі з гіпсу. Заповнюючи форму гіпсом, створюється позитивна модель, яка потім коригується для оптимізації розподілу тиску. Цей етап називається моделюванням. Після цього створюється тестова гільза, яка зазвичай виготовляється з прозорого пластику, щоб оцінити якість прилягання та внести необхідні зміни. Постійна гільза, яка має багатошарову структуру та може бути виготовлена зі скловолокна, вуглеволокна або полімерних матеріалів, виготовляється лише після кількох примірок і корекцій. Якість кінцевого результату значною мірою залежить від точності зняття мірок і досвіду моделювання позитиву, оскільки це визначає правильний розподіл навантаження по поверхні культі [23].

Гільза передає на культю зовнішні сили, які визначають комфорт та функціональність протеза. Основний принцип: максимальне розширення площі контакту та рівномірний розподіл навантаження. Зони стійкі до тиску - допускають короткочасне почервоніння, яке швидко зникає після зняття протеза.

Зони чутливі до тиску - поява болю або гіперемії сигналізує про необхідність корекції [6; 23].

У свою чергу, наукові дані підтверджують, що точність зняття мірок і моделювання позитиву визначає оптимальний розподіл навантаження та комфорт користувача [28].

До гільз, виготовлених за сучасними технологіями відносяться: поліпропіленова гільза (проста, легка, часто застосовується в програмах МКЧХ) [19; 28]; модульні системи гільз (Össur Modular Socket System)(виготовлення безпосередньо на кінцівці, з можливістю регулювання);

CAD/CAM та 3D-друк (дозволяють виготовляти гільзи з високою точністю та індивідуальною анатомічною формою) [25].

1.6. Системи фіксації протеза

Система фіксації (підвіска) утримує гільзу на куксі та забезпечує передачу енергії під час ходьби. Вибір системи залежить від рівня ампутації, форми культі та фізичних можливостей пацієнта (табл. 1.1) [5; 13; 14; 17; 24; 25; 33].

Табл. 1.1

Тип фіксації протеза

Тип фіксації	Принцип	Застосування	Переваги	Недоліки
Манжети, ремені та пояси (поясна або ремінна фіксація)	гільза утримується за допомогою ремня або бандажа навколо тіла (стегна або таза)	транстібіальні та трансфemorальні протези, як основна або допоміжна фіксація	прості, дешеві, надійні працюють навіть при зміні об'єму кукси	незручні при сидінні, створюють тиск на таз або стегно, можуть натирати, погано фіксують при активній ходьбі, виглядають громіздко
Стропи (шнурова система)	до лайнера прикріплені й шнур, який протягується через отвір у гільзі та затягується, втягуючи куксу всередину	переважно трансфemorальні протези	легко надягати сидячи, надійна фіксація, зменшує обертання гільзи, недорога система	потрібна сила та спритність рук, обов'язково потрібен лайнер

Продовження таблиці 1.1.

Самофіксуючі гільзи (анатомічне захоплення)	гільза утримується за рахунок анатомічного захвату над суглобом (наприклад, над виростками коліна)	тільки транстібіальні протези	не потребує додаткових систем, проста конструкція	слабка фіксація, може обмежувати рухи, підходить не всім формам кукси
Зовнішній рукав (sleeve suspension)	еластичний рукав герметизує простір між гільзою та стегном, створюючи вакуум.	переважно транстібіальні протези	зменшує “поршневі” рухи, недорогий, естетично закриває край гільзи достатньо надійна фіксація	зношується, може викликати подразнення шкіри, боїться проколів і розривів

Продовження таблиці 1.1.

Штифт і замок (Pin-lock)	у лайнері є штифт, який заходить у замок у гільзі та механічно фіксується.	транстібі альні, трансфеморальні протези	дуже надійна механічна фіксація, легко надягати сидючи, є звуковий “клік” підтвердження фіксації, добре переносить коливання об’єму	тягне кукуку вниз - ризик подразнення дистального кінця зношують ся лайнери, потрібна точність при надяганні.
--------------------------	--	--	---	---

Родовження таблиці 1.1.

Всмокт ування без лайнера (класичне suction)	вакуум створюється між шкірою кукси і гільзою через клапан	Транстіб іальні протези	дешев а система, хороша фіксація при ідеальній формі кукси	складне надягання, нестабільна при зміні об'єму, застаріла технологія потребує сили та балансу
Всмокт ування з лайнером	вакуум створюється між лайнером і гільзою через клапан	Транстіб іальні протези	рівно мірний розподіл тиску, комфортна і стабільна фіксація, можна надягати сидячи, добре працює при помірних коливаннях об'єму	дорожче, зношуються лайнери, гірше працює при сильних коливаннях об'єму.

Продовження таблиці 1.1.

Вакуумна система (активний вакуум)	насос постійно підтримує негативний тиск між лайнером і гільзою	Транстибіальні протези	найкраща фіксація, мінімальні поршневі рухи, стабілізує об'єм кукуси дуже хороший контроль протеза	дорога, складна система, важча конструкція, є ризик поломок
Остеоінтеграція (без гільзи)	протез кріпиться безпосередньо до кістки через імплант	Будь-який рівень	максимальний контроль, природна передача навантаження, немає гільзи та натирань, дуже легке надягання	операція, ризик інфекції, дуже дорого, довга реабілітація

1.7. Клінічні дослідження ефективності гільз та систем фіксації

Аналіз сучасних літературних джерел свідчить про зростаючий інтерес до застосування вакуумних систем фіксації протеза гомілки як засобу підвищення стабільності, безпеки та функціональної ефективності ходи у пацієнтів із транстибіальними ампутаціями.

У дослідженні, проведеному з використанням активної вакуумної системи Unity у дванадцяти пацієнтів з односторонньою ампутацією гомілки, оцінювалися біомеханічні показники ходи, зокрема мінімальна відстань стопи до поверхні під час фази переносу (Minimum Swing Toe Clearance, MSTC), який є важливим критерієм для запобігання спотиканню та падінням. Було встановлено, що на цей параметр система не впливала безпосередньо. Це пояснюється тим, що величина MSTC залишалася достатньою для безпечної ходи незалежно від наявності активного вакууму. У той же час використання активного вакууму підвищило пропріоцепцію, відчуття контролю над протезом і стабільність під час руху. Це підвищило впевненість пацієнтів і якість ходи. Таким чином, перевага вакуумної фіксації полягає не в тому, що змінюється розмір кроку, а в тому, що вона покращує нейром'язовий контроль і покращує інтеграцію протеза з тілом користувача [14].

В літературі особливо підкреслюється можливість використання вакуумних гільз у пацієнтів із порушенням цілісності шкірних покривів культі. У дослідженні, проведеному за участю шести людей із ранами культі, застосовувалися вакуумні протези без припинення процесу загоєння. Термін епітелізації становив 178 днів (плюс-мінус 113 днів), і не спостерігалось погіршення стану тканин або збільшення кількості ускладнень. Автори дійшли висновку, що вакуумні гільзи можуть використовуватися безпечно навіть під час загоєння ран. Це важливе клінічне значення для пацієнтів, які отримали травми під час бойових дій або мінно-вибухів, у яких часто відбуваються тривалі трофічні порушення та рубцеві зміни [17].

Крім того, сучасні технічні рішення, зокрема штифтово-вакуумні системи фіксації, поєднують механічну стабілізацію зі створенням негативного тиску в гільзі. Така комбінація забезпечує надійне утримання протеза, зменшує поршневі рухи культі всередині гільзи, мінімізує зсуви м'яких тканин і ризик натирання. Це особливо важливо для пацієнтів із післятравматичними культями, де наявні рубці, нерівномірний розподіл

навантаження та підвищена чутливість тканин. Отже, узагальнення даних літератури дозволяє зробити висновок, що вакуумні та комбіновані системи фіксації не лише підвищують механічну стабільність протеза, але й покращують сенсомоторний контроль, комфорт користування та безпеку ходи, а також можуть застосовуватися навіть у складних клінічних умовах, зокрема при наявності ран або трофічних порушень культі.

1.8. Підготовка культі до протезування

Підготовка культі до протезування є обов'язковим етапом реабілітації після ампутації гомілки, оскільки саме на цьому етапі формуються розмір, форма та функціональний стан тканин, що визначає якість посадки культиприймача та комфорт використання протезу. Протезування після ампутації, особливо після вибухової травми, сильно залежить від правильного формування культи та правильного проектування гільзи.

Формування культі. Згідно з сучасними дослідженнями, усадка та моделювання культі є двома важливими етапами перед протезуванням. Виготовлення анатомічно та біомеханічно коректного культиприймача може бути ускладнено або неможливо через неправильну форму культі. До основних методів формування культі відносять: м'які еластичні пов'язки, напівжорсткі системи (пневматичні шини), жорсткі гіпсові пов'язки, тимчасові та ранні післяопераційні протези.

Згідно з даними Müller, Baker, Vigier, Moore та ін., жорсткі пов'язки та раннє протезування забезпечують швидше зменшення набряку, кращу конічну форму культі та меншу кількість ускладнень, ніж використання лише еластичних бинтів.

Стабільний об'єм культі, що сприяє кращій посадці гільзи, правильна форма, що впливає на рівномірний розподіл тиску, і щільний контакт, що забезпечує кращий контроль протеза та менший біль, є основними компонентами виготовлення гільзи [9; 20].

Десенсибілізація культи. Десенсибілізація підвищує толерантність тканин до тиску всередині гільзи. За даними Horn et al. (2018), у 85% пацієнтів спостерігалось значне зменшення болю після застосування програм десенсибілізації в ранньому післяопераційному періоді. Це безпосередньо впливає на можливість раннього протезування, зменшення болю при навантаженні в гільзі та покращення адаптації до протеза [8]. Раннє та невідкладне протезування. Використання тимчасових або негайних післяопераційних протезів дозволяє формувати культю під функціональне навантаження, прискорити стабілізацію об'єму, визначити переносимість навантаження в зоні майбутньої гільзи та зменшити ризик контрактур і фантомного болю. Згідно з даними Moore та Schon, пацієнти з раннім протезуванням мають значно меншу кількість проблем зі шкірою порівняно з пацієнтами з лише бинтуванням.

Біомеханічна підготовка культі. Підтримка повного обсягу рухів у колінному суглобі, зміцнення м'язів стегна та гомілки та запобігання згинальним контрактурам, які погіршують біомеханіку та посадку гільзи, є важливими для правильної передачі навантаження через гільзу та стабільності протеза.

Стан шкіри культі. Гільза є жорсткою замкнутою системою контакту, тому будь-які проблеми зі шкірою у вигляді набряку, потертостей, інфекційного ураження може призвести до болю під час користування протезом, неможливості повноцінного навантаження або ж необхідності переробки гільзи [8; 12].

1.9. Реабілітаційний процес та адаптація до протеза

Після встановлення протезу пацієнт проходить тривалий курс реабілітації, який має на меті зміцнення м'язів, розвиток навичок рівноваги та координації, адаптацію серцево-судинної системи до навантажень і розвиток навичок ходи з протезом. У процесі реабілітації беруть участь фізичні

терапевти, реабілітологи та ерготерапевти. Оскільки жодна протезна система, навіть найкраща, не може повністю замінити біологічну ногу, особлива увага приділяється збереженню здорової кінцівки.

Навчання ході з протезом - це складне та тривале завдання. Навіть після завершення первинної реабілітації можуть виникнути такі проблеми: фантомний больовий синдром, слабкість м'язів культі, підвищене потовиділення, що погіршує посадку гільзи та стан шкіри, зміна форми та розміру культі, особливо протягом першого року після ампутації.

З плином часу функціональні потреби пацієнта можуть змінюватися. Ознаками необхідності корекції або заміни протеза є: поява болю або дискомфорту, нестабільність під час ходи, зниження функціональності протеза.

У середньому повна заміна протеза виконується кожні 3-5 років, а окремі компоненти можуть замінюватися частіше. Після встановлення нових елементів часто потрібна повторна фізична реабілітація [4].

1.10. Висновки до розділу 1

У людей працездатного віку вибухові травми є однією з найпоширеніших причин ампутацій нижніх кінцівок. Це було виявлено шляхом аналізу сучасних клінічних даних і наукових джерел. Мінно-вибухові ушкодження, на відміну від діабетичної чи судинної патології, характеризуються поєднаною дією ударної хвилі, уламків, високої температури та масивного механічного руйнування тканин. Це призводить до значних дефектів м'яких тканин, розтрощення кісток, ушкоджень судинно-нервових структур і високого ризику інфекційних ускладнень. У таких ситуаціях ампутація часто є життєзберігаючим оперативним втручанням.

Вибухові поранення зазвичай уражають гомілку, що є причиною частих транстибіальних ампутацій. Порівняно з більш проксимальними рівнями ампутації, збереження колінного суглоба призводить до кращих

функціональних результатів, менших витрат енергії під час ходьби та кращого реабілітаційного потенціалу. Формування кукси повинно відповідати сучасним принципам міодезу, стабілізації маломілкової кістки, адекватної шкірно-м'язової та кісткової пластики, що забезпечує її опороздатність, витривалість і зменшення больового синдрому.

Встановлено, що протезування є ключовим етапом медичної та фізичної реабілітації осіб після ампутації гомілки. Сучасні протезні системи дозволяють ефективно відновлювати опорну та локомоторну функції, знижувати енергетичні витрати під час ходьби та сприяти соціальній повноцінності пацієнтів. Водночас, ефективність користування протезом значною мірою визначається станом культі, правильністю її підготовки та індивідуальним підбором конструкції.

Приймальна гільза протеза, яка є основним компонентом контакту з культею, відіграє важливу роль у забезпеченні комфорту, стабільності та безпеки ходи. Коли гільза не відповідає анатомічним та біомеханічним характеристикам культі, це може призвести до болю, проблем зі шкірою та відмови від використання протезу.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика клінічного матеріалу та об'єкта дослідження

Клінічне дослідження проведено з метою оцінки впливу конструктивних особливостей приймальної гільзи протеза гомілки на ефективність протезування та рівень відновлення функції ходьби у пацієнтів із травматичними ампутаціями нижніх кінцівок. Дослідження мало клінічний описово-аналітичний характер і проводилось на базі реабілітаційного відділення протезно-ортопедичного підприємства ТОВ «Сигма-Орто».

Для оцінки клініко-функціонального стану пацієнтів із посттравматичною ампутацією гомілки використовувалася Міжнародна класифікація функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я.

1. Функції організму (b)

b280 — відчуття болю (у тому числі фантомний біль, біль у куксі)

b710 — рухливість суглобів (обсяг рухів у колінному та кульшовому суглобах)

b730 — м'язова сила (оцінка за шкалою MRC)

b735 — м'язовий тонус

b760 — контроль довільних рухів (координація, стабільність)

b455 — толерантність до фізичного навантаження (витривалість)

b770 — функції ходи (якість та ефективність патерну ходьби)

b152 — емоційні функції (рівень тривожності, адаптації)

2. Структури тіла (s)

s750 — структура нижньої кінцівки (стан кукси, м'яких тканин, кісткових структур)

3. Активність і участь (d)

d410 — зміна положення тіла

d415 — підтримання положення тіла

d420 — переміщення (трансфери)

d450 — ходьба

d455 — пересування (з протезом або допоміжними засобами)

d465 — пересування з використанням технічних засобів

d510 — миття та гігієна

d540 — одягання

d640 — ведення домашнього господарства

d850 — трудова діяльність

4. Фактори середовища (e)

e1151 — допоміжні засоби для пересування (протези, милиці, ходунки)

e1201 — допоміжні засоби для особистої мобільності (протези нижніх кінцівок)

e355 — підтримка з боку медичних працівників

e310 — підтримка з боку родини

Додатково використовувався кваліфікатор:

e120 +3 — значний позитивний вплив протезування на функціонування пацієнта

Клінічне дослідження виконано на основі аналізу результатів обстеження, протезування та реабілітації пацієнтів з ампутацією нижньої кінцівки на рівні гомілки внаслідок вибухової травми. Первинна клінічна вибірка налічувала 60 осіб із різними рівнями ампутації нижніх кінцівок та різною етіологією ураження.

На першому етапі відбору з дослідження було виключено 21 пацієнта з ампутацією на рівні стегна, оскільки зазначений рівень ампутації має принципово інші біомеханічні, клінічні та конструктивні особливості протезування, що не відповідало меті даного дослідження. На другому етапі з решти 39 пацієнтів було вилучено ще 29 осіб, у яких ампутація мала нетравматичний генез (цукровий діабет, облітеруючі захворювання судин, інфекційні ускладнення та інші соматичні причини). Таке рішення було

зумовлене необхідністю формування клінічно однорідної групи саме з травматичними ампутаціями, що мають інші морфофункціональні характеристики кукси та інший реабілітаційний потенціал.

У підсумку до основної групи дослідження було включено 10 пацієнтів з однобічною ампутацією гомілки травматичного походження внаслідок вибухової травми з локалізацією дефекту в межах середньої третини гомілки (рис.2.1.).

Об'єктом дослідження були пацієнти з посттравматичною ампутацією гомілки.

Предметом дослідження- конструктивні, клінічні та функціональні особливості приймальної гільзи протеза гомілки при ампутаціях середньої третини та їх вплив на ефективність протезування і рівень відновлення функції ходи.

Критерії включення у дослідження:

- травматична ампутація гомілки внаслідок вибухової травми;
- рівень ампутації- середня третина гомілки;
- однобічна ампутація;
- загоєний післяопераційний рубець;
- відсутність контрактур колінного суглоба;
- збережений обсяг рухів у суглобах;
- письмова згода, можливість протезування та участі у реабілітаційному процесі;
- вік більше 18 років

Критерії виключення:

- ампутації на рівні стегна або стопи;
- нетравматичний генез ампутації;
- двобічні ампутації;
- наявність тяжких контрактур, незагойних ран або грубих деформацій кукси;

- декомпенсовані соматичні захворювання;
- відсутність згоди на участь в дослідженні;
- вік менше 18 років.

Демографічна та клінічна характеристика групи. До дослідження увійшли 7 чоловіків (70%) та 3 жінки (30%) віком від 34 до 71 року. Середній вік пацієнтів становив приблизно 52 роки, що відповідає контингенту осіб працездатного та соціально активного віку.

За стороною ураження: ліва нижня кінцівка- у 7 пацієнтів, права- у 3 пацієнтів.

Морфологічна характеристика кукс. Форма та стан кукси є одним із ключових факторів, що визначає вибір конструкції приймальної гільзи та систему фіксації протеза. За формою кукси: циліндрична- у 5 пацієнтів (50%); конічна - у 4 пацієнтів (40%); булавоподібна- у 1 пацієнта (10%).

За станом м'яких тканин: надлишкові - у 3 пацієнтів; помірно розвинені (норма) - у 4 пацієнтів; дефіцитні - у 3 пацієнтів. Стан шкіри у всіх пацієнтів був задовільний, трофічних порушень або незагойних дефектів не виявлено.

У 7 пацієнтів мали місце кісткові виступи та нерівності опилу кісток, що суттєво ускладнювало протезування та вимагало використання силіконових або гелевих вкладишів, застосування зон розвантаження, точної індивідуальної модифікації внутрішньої поверхні гільзи.

Післяопераційні рубці у всіх пацієнтів були загоєні, у двох випадках - рухомі, що також враховувалось при проектуванні приймальної гільзи.

Больовий синдром та функція суглобів. Фантомний біль або біль при навантаженні відзначався у 7 пацієнтів, що є типовим для посттравматичних ампутацій та потребує врахування під час реабілітації та поступового збільшення навантаження. Обсяг рухів у колінних суглобах ураженої кінцівки у всіх пацієнтів був у межах фізіологічної норми, контрактури були відсутні, що створювало сприятливі умови для протезування та навчання ходьбі.

Загальний соматичний статус та супутня патологія. У 6 пацієнтів супутні захворювання були відсутні. У решти 4 спостерігались: серцева недостатність, цукровий діабет, дегенеративні або функціональні порушення з боку контралатеральної кінцівки чи хребта. Наявність супутньої патології враховувалась при визначенні допустимого рівня навантаження, виборі компонентів протеза та темпів реабілітації.

Соціальна та побутова активність. Частина пацієнтів до травми та після протезування вели активний спосіб життя: військова служба, керування автомобілем, робота у сфері послуг, догляд за дітьми, ведення домашнього господарства або садівництво. Це зумовлювало потребу у функціонально надійних та енергозберігаючих конструкціях протезів.

Оцінка функціонального стану за бальною шкалою. Для кількісної оцінки реабілітаційного потенціалу застосовувалась бальна система оцінювання ступеня функціональних можливостей особи без протеза, яка включала 9 критеріїв (вік, кількість ампутацій, рівень ампутації, причину втрати кінцівки, наявність супутніх захворювань, наявність контрактур, здатність до пересування, користування протезом, соціальну активність). За результатами оцінювання: IV ступінь функціональних можливостей - у 4 пацієнтів; III ступінь - у 5 пацієнтів; II ступінь - у 1 пацієнта. Це свідчить про переважання в досліджуваній групі пацієнтів із високим та середнім рівнем функціонального і реабілітаційного потенціалу.

Характеристика застосованих протезів та гільз. Усім пацієнтам були виготовлені індивідуальні модульні протези гомілки, що включали: приймальну гільзу індивідуального виготовлення; силіконовий або гелевий вкладиш; різні варіанти фіксації: вакуумне, замкове, з наколінником; штучні стопи відповідно до рівня мобільності (зокрема META ARC, 1Д35 та інші аналоги).

Вибір конструкції гільзи та системи фіксації здійснювався індивідуально з урахуванням: форми та стану кукси, стану шкіри і м'яких

тканин, наявності кісткових виступів, рівня фізичної активності та маси тіла пацієнта (рис.2.1).



Рис.2.1. Пацієнт з трансфіміальною ампутацією з протезом

Таким чином, сформована клінічна група є однорідною за рівнем та причиною ампутації, але різноманітною за морфологічними характеристиками кукси, соматичним станом та рівнем рухової активності, що створює оптимальні умови для комплексної оцінки впливу конструктивних особливостей приймальної гільзи на функціональні результати протезування пацієнтів із ампутацією гомілки середньої третини внаслідок вибухової травми.

2.2. Методи дослідження та оцінки ефективності протезування

Для досягнення мети дослідження та виконання завдань було використано різноманітні клінічні, функціональні, інструментальні та аналітичні методи обстеження пацієнтів як до, так і після протезування. Дослідження проводилося у динаміці та включало етапи первинного

клінічного обстеження, етапи підбору та виготовлення протеза, етапи адаптації та навчання ходьбі та етап підсумкової оцінки результатів протезування.

Клінічне обстеження пацієнтів включало: збір анамнезу, загальне соматичне обстеження, ортопедо-травматологічне обстеження, огляд і пальпацію кукси, оцінку стану шкіри, м'яких тканин і післяопераційного рубця, визначення болючих зон, кісткових виступів і зон ризику тиску, оцінку форми та опороспроможності кукси. Особливу увагу приділяли: визначенню форми кукси (циліндрична, конічна, булавоподібна), оцінці товщини та рухомості м'яких тканин, аналізу розташування рубців та їх рухомості, виявленню ознак перевантаження або подразнення шкіри.

Функціональне обстеження включало наступне: вимірювання кількості активних і пасивних рухів у колінному та кульшовому суглобах, визначення контрактур, вимірювання сили м'язів кукси та контралатеральної кінцівки, аналіз статики та рівноваги тіла, і оцінку здатності самостійно пересуватися як без протеза, так і з протезом. Особливу увагу приділяли функціональному стану контралатеральної кінцівки та хребта, оскільки патологія цих органів значною мірою впливає на формування компенсаторних механізмів і ефективність використання протезів.

Для кількісної оцінки функціональних можливостей пацієнтів до протезування застосовувалась бальна система оцінювання ступеня функціональних можливостей особи без протеза, яка включала 9 критеріїв: вік пацієнта, кількість ампутацій або вроджених вад, рівень ампутації, причина втрати кінцівки, наявність супутніх захворювань, наявність контрактур, здатність до самостійного пересування, користування протезним виробом, соціальна активність. Сума балів дозволяла визначити ступінь функціональних можливостей та реабілітаційний потенціал пацієнта, що використовувалось для обґрунтування вибору конструкції протеза та

визначення допустимого рівня навантаження, а також для прогнозування результатів реабілітації.

Протезно-ортопедичне обстеження включало: зняття антропометричних та об'ємних мірок кукси, оцінку опорних та розвантажувальних зон, визначення ділянок допустимого та обмеженого тиску, вибір типу вкладиша та системи фіксації та проектування форми приймальної гільзи.

Оцінка ефективності протезування проводилась після періоду адаптації та навчання ходьбі та включала клінічне спостереження за ходою, аналіз симетричності кроків, оцінку плавності переносу тіла, оцінку стабільності опори на протез, аналіз здатності до ходьби по рівній поверхні та при зміні темпу руху, оцінку здатності до самостійного пересування без сторонньої допомоги. Окремо оцінювали переносимість протеза протягом дня, наявність або відсутність болю, потертостей, ознак перевантаження, стан шкіри кукси після користування протезом.

Критерії оцінки ефективності протезування

Ефективність протезування оцінювалась за клінічними, функціональними та протезно-технічними критеріями.

Клінічні критерії: відсутність ушкоджень шкіри та трофічних ускладнень, відсутність або зменшення больового синдрому, задовільна переносимість протеза.

Функціональні критерії: здатність до самостійного пересування, стабільність та впевненість опори на протез, покращення показників рухової активності, розширення побутової та соціальної активності.

Протезно-технічні критерії: відповідність форми гільзи анатомічним особливостям кукси, відсутність зон надмірного тиску, надійність системи фіксації, комфортність користування протезом.

Отримані результати систематизувалися та порівнювалися між собою, аналізувалися у динаміці до та після протезування, узагальнювалися з

формуванням клінічних висновків щодо впливу конструктивних особливостей приймальної гільзи на функціональні результати протезування.

З огляду на обмежений обсяг вибірки, у роботі застосовувався переважно описовий клініко-аналітичний метод дослідження.

2.3. Технологія виготовлення гільзи протеза гомілки середньої третини

Виготовлення приймальної гільзи протеза гомілки середньої третини є важливим етапом у системі протезування, оскільки саме гільза забезпечує передачу навантаження з тіла пацієнта на протез, забезпечує його стабільну фіксацію та робить протез комфортним для використання. Цей етап особливо складний для пацієнтів із травматичними ампутаціями, отриманими в результаті вибухової травми. Це пов'язано з різноманітністю форм кукс, нерівністю опилів кісток, наявністю рубців, кісткових виступів і неоднорідністю м'яких тканин.

У цьому дослідженні технологія виготовлення гільзи була адаптована до клініко-анатомічних особливостей кожного пацієнта та складалася з кількох послідовних етапів.

Етап 1. Клініко-протезне обстеження та планування конструкції гільзи

На першому етапі проводилось поглиблене протезно-ортопедичне обстеження кукси, яке включало: оцінку форми кукси (циліндрична, конічна, булавоподібна);

аналіз стану шкіри та м'яких тканин (норма, надлишок, дефіцит); виявлення кісткових виступів, чутливих та болючих зон; оцінку локалізації та рухомості післяопераційних рубців; визначення опорних та розвантажувальних ділянок.

На основі отриманих даних визначали тип приймальної гільзи, необхідність застосування силіконового або гелевого вкладиша, здійснювався підбір системи фіксації (вакуумну, замкову, з наколінником).

Етап 2. Зняття мірок та отримання негативу кукси

Наступним етапом було отримання негативного зліпка кукси. Перед зняттям зліпка на куксу одягався силіконовий або захисний чохол, маркувались анатомічні орієнтири, рубці, кісткові виступи та зони, що потребують розвантаження та позначались межі майбутньої гільзи. Зліпок виконували із використанням гіпсових бинтів у положенні, яке забезпечувало функціонально правильне положення кукси та оптимальний розподіл тиску.

Етап 3. Виготовлення та модифікація позитивної моделі

На основі негативу була створена позитивна гіпсова модель кукси, яка була модифікована окремо, створюючи зони розвантаження в областях рубців і кісткових виступів. У ділянках, здатних сприймати навантаження, були створені зони стабілізації та опору. Крім того, форму коригували відповідно до типу кукси. Контури проксимального краю гільзи адаптувалися до обсягу рухів у колінному суглобі. На цьому етапі мета полягала в тому, щоб створити правильну форму внутрішньої поверхні гільзи, щоб забезпечити рівномірний розподіл навантаження та надійне фіксування протеза.

Етап 4. Виготовлення тестової гільзи

Після модифікації позитивної моделі виготовляли пробну гільзу з термопластичного матеріалу. Пробна гільза використовувалась для перевірки посадки на куксі, оцінки рівномірності розподілу тиску, контролю стабільності фіксації, перевірки комфортності у положенні стоячи та під час ходьби, виявлення зон надмірного тиску або нестабільності та продовження формування кукси. За результатами примірки виконувались необхідні корекції форми гільзи та позитивної моделі.

Етап 5. Виготовлення постійної гільзи

Після остаточного узгодження форми виготовлялась постійна приймальна гільза з шаруватих пластиків або композиційних матеріалів із застосуванням силіконового або гелевого вкладиша. Конструкція гільзи обиралась відповідно до рівня активності пацієнта, маси тіла, стану м'яких тканин, наявності кісткових виступів, обраної системи фіксації.

Етап 6. Формування та інтеграція системи фіксації

Залежно від клінічних показань та індивідуальних особливостей пацієнта застосовувалися такі системи фіксації: вакуумна фіксація- у пацієнтів з доброю формою кукси та достатнім об'ємом м'яких тканин; замкова система- у пацієнтів із потребою у додатковій механічній стабілізації; наколінникове кріплення - у пацієнтів зі зниженою толерантністю до локального тиску; кріплення з наколінником - при необхідності додаткової проксимальної стабілізації.

Етап 7. Остаточне складання та клінічна перевірка

Після інтеграції гільзи у модульну конструкцію протеза проводилась: статична та динамічна примірка; перевірка осьового навантаження; оцінка стабільності стояння та ходи; контроль стану шкіри після використання протеза.

За необхідності виконувались фінішні корекції внутрішньої поверхні гільзи.

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ВИГОТОВЛЕННЯ ПОСТІЙНОЇ КАРБОНОВОЇ ГІЛЬЗИ З ВАКУУМНИМ КРІПЛЕННЯМ

(Призначена для постійного використання у складі модульного протеза
гомілки у пацієнтів з ампутацією на рівні середньої третини. Гільза
виготовляється методом ламінування з вуглецевого волокна та забезпечує
фіксацію за рахунок вакуумної підвіски.)

Етап №	Назва етапу	Опис технологічного процесу та обладнання	Джерела/результат
I	Клінічне обстеження та підготовка	Проводять клінічний огляд кукси: оцінюють форму (циліндрична, конічна, булавоподібна), стан шкіри, рубці, рухливість м'яких тканин, наявність кісткових виступів, болючих зон. Визначають опороздатні та розвантажувальні ділянки. Виконують антропометричні виміри: довжина кукси, окружності на 2, 4, 6, 8 см від дистального кінця, поперечні та сагітальні розміри. Обирають систему вакуумної фіксації (клапан або активна помпа).	Клінічний висновок, карта вимірів, схема навантаження кукси
II	Отримання негативного зліпка	На куку надягають тонкий панчіх, наносять маркери анатомічних орієнтирів. Накладають гіпсові бинти або синтетичний литтєвий матеріал. Під час формування негативу	Точний негативний зліпок кукси

		проводять ручну компресію м'яких тканин у ділянках майбутніх опорних зон, моделюють виростки великогомілкової кістки, гребінь, плато, задню групу м'язів. Формують правильну проксимальну обрізку.	
III	Виготовлення гіпсового позитиву	У негатив заливають гіпсовий розчин, встановлюють технологічний штир. Після тужавіння знімають оболонку негативу. Проводять первинне шліфування та згладжування поверхні.	Базова позитивна модель кукси
IV	Модифікація позитивної моделі	Виконують анатомо-біомеханічну корекцію: знімають гіпс у ділянках кісткових виступів і чутливих зон; додають гіпс у ділянках допустимого навантаження (передньо-медіальна поверхня, литкові м'язи, підколінна ділянка). Формують підвищення для стабілізації у фронтальній та сагітальній площинах. Створюють форму під вакуумне прилягання.	Повністю скоригована робоча модель

V	Герметизація та підготовка моделі до ламінування	Модель висушують у сушильній шафі 50-60°C. Поверхню покривають ізоляційним лаком або ПВА. Наносять розділовий агент. Формують дистальний отвір під вакуумний клапан.	Підготовлена модель до ламінування
VI	Викладка карбонових шарів	На модель накладають: 1-2 шари нейлонового трикотажу, 2-4 шари карбонової тканини, за потреби - шари скловолокна або кевлару в зонах підвищеного навантаження. Формують армування по проксимальному краю та в дистальній частині.	Підготовлена композиційна оболонка
VII	Ламінування під вакуумом	Модель поміщають у вакуумний мішок. Готують ламінувальну смолу (акрилову або епоксидну). Під вакуумом -0,8 бар просочують композиційні шари смолою до повного насичення. Підтримують вакуум до повного затвердіння.	Сформована карбонова гільза
VIII	Полімеризація та зняття гільзи	Після повного твердіння смоли знімають вакуумний мішок, видаляють гільзу з моделі. Виконують попередню обрізку по проксимальному контуру.	Чорнова карбонова гільза
IX	Механічна обробка	Обрізають краї, шліфують внутрішню та зовнішню	Готова оброблена гільза

		поверхню, формують анатомічний контур країв. Висвердлюють отвір та встановлюють вакуумний клапан.	
Х	Монтаж у протез та клінічна примірка	Гільзу з'єднують з модульними компонентами протеза. Перевіряють вакуумну герметичність, стабільність, посадку, комфорт. За потреби виконують локальні корекції.	Повністю готова постійна гільза



Рис. 2.2.-2.3. Протез з карбоновою гільзою з вакуумним кріпленням

2.4. Висновки до розділу 2

У другому розділі роботи розроблено та методично обґрунтовано клінічну основу дослідження, визначено контингент пацієнтів, описано процес обстеження та детально описано процес виготовлення приймальної гільзи

протеза гомілки середньої третини у хворих, які отримали травматичну ампутацію внаслідок вибуху.

Поетапний відбір з первинної вибірки створив клінічно однорідну групу з десяти пацієнтів з однобічною травматичною ампутацією гомілки на рівні середньої третини. Це дозволило виключити вплив різних рівнів ампутації та нетравматичних причин втрати кінцівки на результати дослідження та забезпечити коректність подальшого аналізу.

За результатами детальної клініко-функціональної оцінки пацієнтів було виявлено, що хоча пацієнти були однаковими за рівнем і причиною ампутації, досліджувана група була різноманітною за морфологічними характеристиками кукс, станом м'яких тканин, наявністю кісткових виступів, супутньою патологією та рівнем рухової активності. Це вказує на те, що для проектування та виготовлення гільзи потрібно використовувати індивідуальний підхід. Використаний комплекс клінічних, функціональних та протезно-ортопедичних методів обстеження дозволив всебічно оцінити стан опорно-рухового апарату, реабілітаційний потенціал пацієнтів, особливості кукси та обґрунтувати вибір конструкції протеза, типу гільзи, системи фіксації та допустимого рівня навантаження. Запропонована система критеріїв оцінки ефективності протезування забезпечила можливість об'єктивного та динамічного аналізу результатів лікування.

Таким чином, матеріали та процедури, викладені в розділі 2, створюють методично обґрунтовану та клінічно коректну основу для подальшого аналізу функціональних результатів протезування та оцінки впливу конструктивних особливостей приймальної гільзи на відновлення ходи у пацієнтів із ампутацією гомілки середньої третини внаслідок вибухової травми.

РОЗДІЛ 3

ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Результати підгонки та адаптації приймальної гільзи у пацієнтів з ампутацією гомілки середньої третини

У даному розділі наведено результати клінічного аналізу процесу підгонки та адаптації приймальної гільзи протеза гомілки у 10 пацієнтів з однобічною травматичною ампутацією середньої третини гомілки внаслідок вибухової травми. Оцінювання проводилося у динаміці та охоплювало етап первинної примірки, період поступової адаптації до протеза та підсумкову клініко-функціональну оцінку після формування стабільного стереотипу ходи.

З огляду на виражену різноманітність морфологічних характеристик кукс, стану м'яких тканин, наявності кісткових виступів і рубців, у жодному випадку не застосовувались стандартні шаблонні рішення. Усі гільзи підлягали індивідуальній поетапній клінічній та технічній корекції.

Аналіз результатів первинної клінічної примірки

Під час первинної примірки пробної або вже сформованої постійної гільзи у всіх пацієнтів оцінювали: відповідність внутрішньої форми гільзи анатомічній формі кукси; щільність і рівномірність контакту по всій площі опори; стабільність фіксації у вертикальному положенні та при перенесенні маси тіла; наявність або відсутність локальних зон надмірного тиску; суб'єктивні відчуття пацієнта (тиск, біль, нестабільність, “перекручування” кукси в гільзі); стан шкіри після 20-40 хвилин носіння гільзі.

У 7 з 10 пацієнтів (70%) вже на етапі першої примірки були виявлені зони локального перевантаження, що клінічно проявлялися болісністю при пальпації та появою гіперемії після зняття гільзи. Найбільш типовими зонами були гребінь великогомілкової кістки, передньо-медіальна поверхня кукси, ділянка головки малогомілкової кістки та дистальний кінець кукси. У 3 пацієнтів із надлишковими м'якими тканинами під час первинної примірки

спостерігалися ознаки нестабільності фіксації гільзи та початкові прояви поршневих рухів кукси, що вимагало посилення проксимального охоплення та корекції конусності гільзи. У 2 пацієнтів із дефіцитом м'яких тканин виявлено знижену толерантність до осьового навантаження, що стало підставою для посилення дистальних зон розвантаження та обов'язкового використання гелевого або силіконового вкладиша (рис.3.1). Усі виявлені недоліки усувалися шляхом поетапної локальної модифікації позитивної моделі або безпосередньо внутрішньої поверхні гільзи.

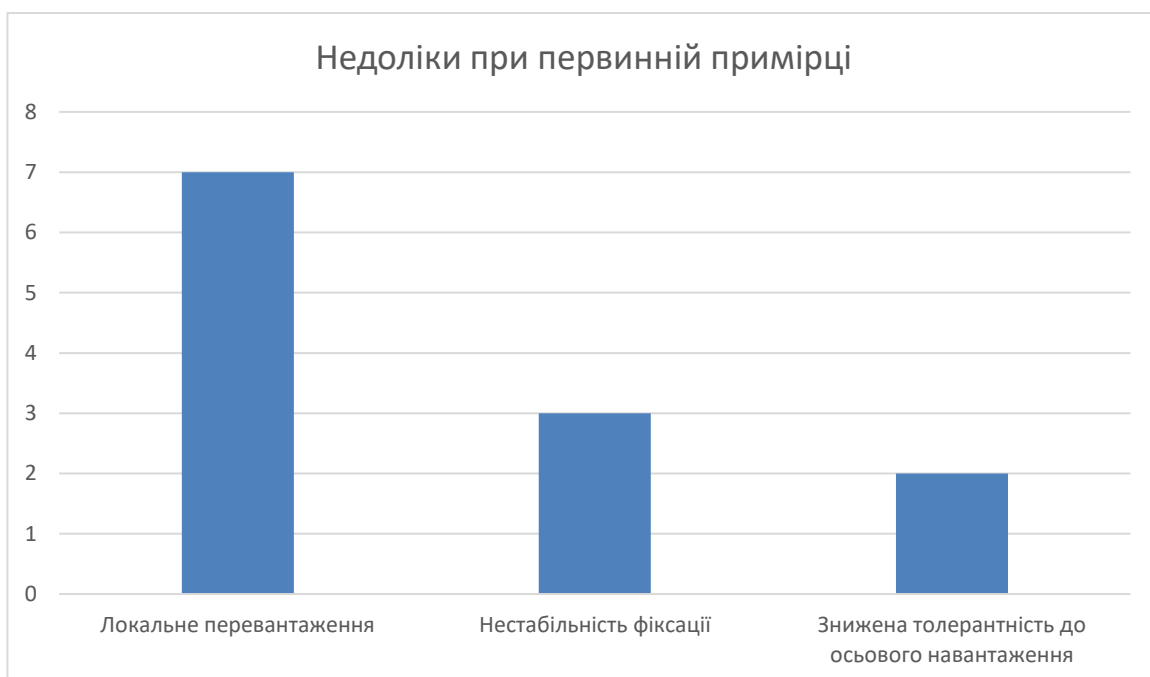


Рис.3.1. Недоліки виявленні при первинній клінічній примірці

Характер та обсяг виконаних технічних корекцій

У процесі підгонки гільз у середньому кожен пацієнт потребував від 2 до 5 сесій корекції. Корекції мали як локальний, так і загальний характер. Найбільш поширеними видами корекцій були: у 7 пацієнтів формування та поглиблення зон розвантаження у ділянках кісткових виступів; у 8 пацієнтів підсилення контакту у зонах допустимого навантаження (передньо-медіальна поверхня, задня група м'яких тканин); у 4 пацієнтів зміна конусності та проксимального краю гільзи для підвищення стабільності; у 3 пацієнтів корекція дистального відділу гільзи з метою зменшення осьового тиску; у 10

пацієнтів оптимізація взаємодії гільзи з вкладишем та системою фіксації. Особливої уваги потребували пацієнти з рухомими післяопераційними рубцями, у яких навіть незначне локальне перевантаження могло призводити до появи болісності та подразнення (рис.3.2.).



Рис.3.2. Характер та обсяг виконаних технічних корекцій

Перебіг періоду функціональної адаптації

Період адаптації до протеза та гільзи становив в середньому від чотирнадцяти до двадцяти восьми діб. Його тривалість безпосередньо залежала від функціональних можливостей пацієнта, стану м'яких тканин кукси, больового синдрому, загального стану здоров'я та рівня фізичної витривалості. Пацієнтам було рекомендовано використовувати протез не більше 1-2 годин на добу протягом перших 3-5 діб, з обов'язковим оглядом шкіри після кожного використання. У шести пацієнтів протягом першого тижня спостерігалися транзиторні симптоми гіперемії та помірного дискомфорту. Було припущено, що це є фізіологічною реакцією тканин на нові механічні навантаження. У перші десять-дванадцять діб адаптації у семи пацієнтів, які мали фантомний або навантажувальний біль ще до протезування, спостерігалось тимчасове посилення болю. Це призвело до того,

що було потрібно більш повільне збільшення навантаження та додаткових корекцій гільзи.

Динаміка стану шкіри та толерантність тканин до навантаження

Регулярний огляд шкіри кукси показав наступне: у 6 пацієнтів відзначалась періодична гіперемія без ознак ушкодження епітелію; у 2 пацієнтів на ранніх етапах адаптації з'являлися початкові ознаки потертостей, які повністю зникли після корекції гільзи; у жодному випадку не спостерігалось утворення виразок, тріщин або трофічних уражень (рис.3.3). До кінця періоду адаптації у всіх пацієнтів сформувалася адекватна толерантність м'яких тканин до щоденного навантаження.



Рис.3.3. Динаміка стану шкіри та толерантність тканин до навантаження

Оцінка стабільності фіксації та суб'єктивної комфортності

Після завершення етапу адаптації у 9 з 10 пацієнтів відзначалась повна або майже повна відсутність поршневих рухів кукси в гільзі. Найкращі показники стабільності та суб'єктивного комфорту були зафіксовані у пацієнтів із вакуумною системою фіксації, що проявлялось кращим відчуттям “єдності” з протезом, зменшенням потреби у додаткових проксимальних елементах фіксації та вищою впевненістю при ходьбі по нерівній поверхні. У

1 пацієнта із наколінниковою системою фіксації відзначалася дещо нижча суб'єктивна комфортність, однак клінічно значущих проблем із користуванням протезом виявлено не було.

Підсумкова клініко-функціональна оцінка результатів

За сукупністю клінічних, функціональних та суб'єктивних критеріїв результати підгонки гільзи були оцінені як добрі у 9 пацієнтів (90%), як задовільні у 1 пацієнта (10%). Незадовільних результатів не зафіксовано. Усі 10 пацієнтів змогли користуватися протезом щоденно протягом більшої частини дня, самостійно пересуватися у побутових умовах та виконувати основні види повсякденної активності. Дані результати дослідження переконливо свідчать, що у пацієнтів із травматичними ампутаціями гомілки вибухового генезу процес підгонки гільзи завжди потребує багатоетапної індивідуальної корекції. Морфологічні особливості кукси (форма, стан м'яких тканин, наявність кісткових виступів та рубців) є визначальними чинниками складності та тривалості адаптації. Застосування принципів тотального контакту, селективного розвантаження та адекватної фіксації дозволяє досягти високого рівня комфортності та безпеки користування протезом.

3.2. Оцінка функціональних результатів протезування (комфорт, хода, стабільність)

Оцінка функціональних результатів протезування у пацієнтів із ампутацією гомілки середньої третини травматичного походження проводилась після завершення періоду адаптації до протеза та формування відносно стабільного стереотипу ходи. Аналіз включав комплексну оцінку суб'єктивних та об'єктивних показників, що характеризують комфорт користування протезом, якість ходи та стабільність опори на протезовану кінцівку.

З огляду на те, що досліджувана група була клінічно однорідною за рівнем та причиною ампутації, але різнорідною за морфологічними

характеристиками кукси, станом м'яких тканин, наявністю кісткових виступів, супутньою патологією та рівнем рухової активності, отримані функціональні результати аналізувалися з урахуванням індивідуальних особливостей кожного пацієнта.

Оцінювання проводилось на підставі: клінічного спостереження, аналізу ходи,

оцінки стабільності стояння та переносу ваги тіла, аналізу переносимості протеза протягом дня, оцінки стану шкіри та наявності больового синдрому, суб'єктивної оцінки комфорту пацієнтами.

Оцінка комфортності користування протезом

Комфортність користування протезом розглядалася як один із ключових показників якості виготовлення приймальної гільзи та адекватності її посадки. Під комфортністю розуміли відсутність або мінімальну вираженість больових відчуттів, відсутність потертостей та ушкоджень шкіри, а також можливість користування протезом протягом більшої частини дня без суттєвого дискомфорту.

Після завершення періоду адаптації у більшості пацієнтів (8 з 10) після 3–5 годин безперервного користування протезом спостерігалось лише помірне, рівномірне почервоніння шкіри, яке зникало протягом 15–25 хвилин після зняття гільзи, що свідчить про фізіологічно допустимий рівень навантаження. У 2 пацієнтів із рубцевими деформаціями та тонким шаром підшкірно-жирової клітковини відзначалися локальні ділянки підвищеного тиску в проєкції кісткових виступів, що потребувало додаткової корекції внутрішньої поверхні гільзи та застосування м'яких вставок. У 7 пацієнтів, які до протезування мали фантомний або навантажувальний біль, після періоду адаптації спостерігалось або суттєве зменшення інтенсивності больового синдрому, або його повна відсутність під час повсякденної ходи у протезі. Комфортність користування протезом є інтегральним показником, який включає не лише відсутність болю, але й відчуття стабільності, психологічну

впевненість у протезі, відсутність страху навантаження, можливість тривалого безперервного користування протезом.

За результатами опитування та клінічного спостереження 6 пацієнтів могли користуватися протезом 8-10 годин на добу, 2 пацієнти - 6-8 годин, 2 пацієнти, 4-6 годин без вираженого дискомфорту (рис.3.4.).



Рис.3.4. Тривалість користування протезом без вираженого дискомфорту

Зменшення тривалості користування у частини пацієнтів було зумовлене не стільки недоліками протеза, скільки загальною втомлюваністю, супутньою патологією або больовими синдромами у контралатеральній кінцівці та хребті. Жодного випадку формування стійких трофічних порушень, мокнuttя або ушкодження шкіри зафіксовано не було, що свідчить про достатньо високу біосумісність конструкцій та правильність біомеханічного розвантаження проблемних зон. Особливо високі показники суб'єктивного комфорту відзначали пацієнти з вакуумною системою фіксації, які характеризували користування протезом як “більш природне” та “більш стабільне”.

Оцінка стабільності опори та фіксації протеза

Стабільність фіксації приймальної гільзи оцінювалася в наступних умовах: статичного стояння, переносу ваги тіла, початку та завершення кроку, руху по нерівній поверхні, поворотів тулуба та зміни напрямку руху. За результатами клінічного спостереження встановлено, що у 9 пацієнтів спостерігалася практично повна відсутність поршневих рухів кукси в гільзі, що свідчить про високу ефективність індивідуальної посадки та системи фіксації. У 1 пацієнта з вираженим дефіцитом м'яких тканин та конічною формою кукси відзначалися мінімальні мікрорухи при швидкій ході, які, однак, не призводили до порушення безпеки пересування або больового синдрому. У пацієнтів з вакуумною фіксацією спостерігалася найкраща стабільність при вертикальному навантаженні, мінімальні мікрорухи кукси в гільзі, вищий рівень довіри до протеза під час переносу ваги тіла на протезовану кінцівку. Пацієнти із наколіниковою системою фіксації також демонстрували задовільну стабільність, однак у деяких випадках відзначалося менш виражене відчуття “єдності” з протезом. Загалом, у всіх 10 пацієнтів стабільність опори була достатньою для самостійного пересування без додаткових засобів підтримки.

Формування раціонального стереотипу ходи є одним із головних показників успішності протезування. Аналіз ходи проводився за такими параметрами: довжина та симетричність кроків, тривалість фаз опори та переносу, положення тулуба та тазу, наявність компенсаторних рухів плечового пояса, стабільність темпу ходи. У 8 пацієнтів після завершення адаптації хода була близькою до фізіологічної, без грубих асиметрій та виражених компенсаторних рухів. У 2 пацієнтів знижена рухова активність до травми та супутні дегенеративні зміни опорно-рухового апарату зумовлювали збереження помірної асиметрії ходи, однак без істотного впливу на самостійність пересування. У більшості пацієнтів спостерігалось впевнене навантаження протеза у фазі опори, достатня стабільність колінного суглоба, відсутність вираженого “провалювання” або страху навантаження протеза. У

7 пацієнтів із високим та середнім рівнем реабілітаційного потенціалу (3-4 функціональний рівень) хода була функціонально повноцінною для повсякденної активності, включаючи пересування по нерівній поверхні та зміну темпу руху.

Здатність до побутової та соціальної активності

Після завершення реабілітаційного етапу усі десять пацієнтів могли самостійно пересуватися як удома, так і на вулиці; сім пацієнтів повернулися до активної побутової або професійної діяльності, такої як робота, керування автомобілем, домашнє господарство та соціальна активність; три пацієнти мали обмеження, пов'язані не з протезуванням, а з загальними соматичними проблемами або патологіями контралатеральної кінцівки та хребта. Ця інформація підтверджує думку про те, що добре виготовлена та правильно підігнана приймальна гільза є життєво важливою для ходи та загальної соціальної інтеграції пацієнтів.

Узагальнена клініко-функціональна оцінка результатів

За сукупністю показників (комфорт, стабільність, якість ходи, функціональна незалежність): добрі результати отримано у 9 пацієнтів (90%), задовільні результати у 1 пацієнтів (10%). Незадовільних результатів не зафіксовано.

Отримані результати чітко корелюють із рівнем реабілітаційного потенціалу, морфологічними характеристиками кукси, наявністю або відсутністю супутньої патології, якістю індивідуалізації конструкції приймальної гільзи.

3.3. Порівняльний аналіз вакуумної, замкової та наколінниковою систем фіксації приймальної гільзи протеза гомілки

Загальні принципи та біомеханічна роль систем фіксації

Система фіксації приймальної гільзи є важливою конструктивною частиною протеза гомілки, оскільки саме вона визначає стабільність з'єднання «кукса-протез», величину поршневих рухів, характер передачі навантаження та рівень суб'єктивного комфорту пацієнта. Система фіксації, незалежно від типу, повинна забезпечувати надійне утримання протеза протягом усіх фаз ходи, зменшення вертикальних і ротаційних мікрорухів кукси в гільзі, рівномірне розподілення контактного тиску, зручність надягання та знімання протеза та збереження фізіологічного крово- та лімфообігу в тканинах кукси.

У цьому дослідженні порівняли клінічні та функціональні характеристики пацієнтів у реальних умовах експлуатації, застосовуючи три основні типи фіксації: наколінникова, замкова (pin-lock) і вакуумна.

Вакуумна система фіксації: клінічна та біомеханічна характеристика

Вакуумна система фіксації забезпечує щільне прилягання гільзи до кукси по всій площі контакту завдяки зниженому тиску між внутрішньою поверхнею гільзи та лайнером (рис.3.5.).



Рис.3.5. Вкладиш із силіконового або гелевого композиту

Вакуумна фіксація забезпечує рівномірний розподіл навантаження, майже повну відсутність поршневих рухів, менше пікових тисків у ділянках кісткових виступів, краще пропріоцептивне відчуття «єдності з протезом», менше коливань кукси протягом дня та більшу стабільність при ході по нерівній поверхні та зміні темпу руху.

Клінічні спостереження: пацієнти з вакуумною фіксацією виявили найкращу стабільність протеза у фазі переносу, не було або не було скарг на «підсмоктування повітря» чи люфт і менше частоти локальних перевантажень тканин.

Обмеження використання: вища технологічна складність виготовлення; більша чутливість до точності посадки гільзи; необхідність догляду за клапаном та герметичністю системи.

Замкова система фіксації (Pin-lock): клінічна та експлуатаційна оцінка

Замкова система фіксації передбачає механічне з'єднання лайнера з гільзою за допомогою дистального штифта та фіксуючого механізму.

До переваг відносять простота та надійність конструкції, легкість надягання протеза, чітке відчуття фіксації, менша вимогливість до абсолютної герметичності гільзи.

Недоліки, виявлені у дослідженні: наявність помірних поршневих рухів, концентрація навантаження у дистальній частині кукси, більша ймовірність болю в зоні дистального опику, менша рівномірність розподілу тиску.

Зауважимо, що у пацієнтів із чутливими дистальними відділами кукси або кістковими виступами замкова система вимагала додаткових зон розвантаження та м'яких вставок.

Надколінникова система фіксації: клінічна та функціональна характеристика

Надколінникова фіксація реалізується за рахунок еластичного наколінника або стегнового рукава, який створює додаткову підвіску протеза.

Перевагами цього виробу є простота та дешевизна, універсальність, легкість заміни, можливість використання як додаткової системи безпеки.

Недоліками є найменша стабільність серед досліджуваних систем, залежність ефективності від форми та об'єму кукси, більша кількість поршневих рухів, підвищене навантаження на колінний суглоб та м'які тканини. У дослідженні Надколінникова система використовувалася у пацієнтів із низьким рівнем активності, як допоміжна або тимчасова система, або як додаткова страховка до основної фіксації (табл.3.1).

Таблиця 3.1.

Порівняльна клініко-функціональна оцінка систем фіксації

Критерій	Вакуумна	Замкова	Надколінникова
Стабільність фіксації	Висока	Середня	Низько-середня
Поршневі рухи	Мінімальні	Помірні	Виражені
Розподіл тиску	Найбільш рівномірний	Менш рівномірний	Найменш рівномірний
Комфорт	Високий	Середній	Змінний
Простота використання	Середня	Висока	Висока
Вимогливість до точності виготовлення	Висока	Середня	Низька

На основі проведеного аналізу можна зробити такі узагальнення: вакуумна система є найкращою для пацієнтів, які дуже активні та потребують максимальної стабільності; замкова система хороша, коли важлива простота користування та надійність, але можуть бути незначні мікрорухи;

надколінникова система може бути тимчасовою або допоміжною для пацієнтів із низькими функціональними потребами.

3.4. Аналіз ускладнень та типових помилок у проєктуванні приймальних гільз протеза гомілки

Приймальна гільза є важливою частиною протеза нижньої кінцівки, оскільки від неї залежать комфорт, ефективність передачі навантаження, стан м'яких тканин кукси та довгострокова переносимість протеза (рис.3.6).



Рис.3.6. Процес виготовлення приймальної гільзи

Навіть незначні помилки в дизайні або виготовленні гільзи можуть призвести до локальних і системних проблем, обмеження функціональної здатності пацієнта та припинення використання протезу. Ризик розвитку ускладнень зростає у пацієнтів із наслідками мінно-вибухових травм через нерівність опилів кісток, наявність рубців, спаяних із глибокими тканинами, нерівномірне розподілення м'яких тканин, підвищену чутливість дистальних відділів кукси та часті нейропатичні больові синдроми. Таким чином, аналіз

типових помилок і проблем, пов'язаних з ними, є життєво важливим для оптимізації технології протезування.

У клінічній практиці ускладнення, пов'язані з некоректною гільзою, можна умовно поділити на:

1. Шкірно-трофічні ускладнення: потертості, мацерація шкіри, гіперкератози,

дерматити, локальні некрози, трофічні виразки.

2. Больові синдроми: біль у ділянці кісткових виступів, дистальний компресійний біль, біль у зоні рубця, нейропатичний біль при здавленні нервових закінчень,

посилення фантомного болю.

3. Біомеханічні порушення: нестабільність протеза, порушення стереотипу ходи,

перевантаження контралатеральної кінцівки, перевантаження хребта та кульшових суглобів, вторинні деформації постави.

Типові помилки у проектуванні гільзи та їх клінічні наслідки

До помилки у формі внутрішньої поверхні гільзи є надмірна конусність або циліндричність, що призводить до поршневих рухів, локальних перевантажень та нестабільності при ході. Відсутність зон селективної опори у свою чергу викликає пікові тиски у дистальних відділах, біль та ішемізацію тканин та швидку втому пацієнта.

Перевантаження дистального кінця може призвести до болю, набряку та ризику трофічних виразок, а також недостатня проксимальна підтримка може призвести до нестабільності, ротаційних зсувів і перевантаження колінного суглоба.

Основною помилкою при роботі з рубцями та кістковими виступами є відсутність зон розвантаження, що призводить до постійного болю, запалення та травми. Надмірне «вікно» розвантаження, у свою чергу, призводить до втрати стабільності, деформації м'яких тканин і повторних порушень опори.

Невідповідність рівню активності та неврахування об'єму м'яких тканин є двома основними помилками при виборі системи фіксації. Перевантаження, нестабільність і передчасна втома є наслідками невідповідного рівня активності. Поршневі рухи, мацерація та порушення кровообігу виникають через порушення об'єму м'яких тканин.

У проксимальних краях гільзи можуть бути завищені чи занижені краї. Завищені краї можуть призвести до натирання, болю при сидінні та обмеження рухів у колінному суглобі. Занижені краї викликають: втрату стабілізації, бічні зміщення, зростання навантаження на м'які тканини.

Клінічні спостереження у досліджуваній групі

У ході адаптації протезів у 6 із 10 пацієнтів на початковому етапі виявлялися локальні зони підвищеного тиску; у 4 пацієнтів відзначались болі у ділянці кісткових виступів; у 3 пацієнтів спостерігались епізоди нестабільності фіксації.

Усі зазначені ускладнення були усунені шляхом локальної модифікації внутрішньої поверхні гільзи, перерозподілу навантаження, корекції системи фіксації, модифікації лайнера.

Профілактика ускладнень: принципи раціонального проектування гільзи

Для запобігання ускладненням необхідно дотримуватися принципу тотального контакту, застосовувати селективний розподіл навантаження, враховувати індивідуальну морфологію кукси, обов'язково використовувати тестову гільзу, проводити поетапну адаптацію навантаження, здійснювати динамічний клінічний контроль.

Біомеханічні та реабілітаційні наслідки помилок гільзи

Невдало спроектована гільза призводить до хронічного больового синдрому, формування патологічного стереотипу ходи, вторинних уражень хребта та суглобів, зниження мотивації до реабілітації, у тяжких випадках до повної відмови від користування протезом.

3.5. Практичні рекомендації

На підставі проведеного клініко-функціонального дослідження результатів протезування пацієнтів із ампутацією гомілки середньої третини травматичного (мінно-вибухового) генезу розроблено наступні практичні рекомендації:

Організація процесу протезування:

- Виготовлення приймальної гільзи слід розглядати як поетапний клініко-технічний процес, що включає первинну примірku, серію корекцій та контрольований період адаптації.
- Обов'язковим є динамічний клінічний контроль стану кукси на всіх етапах протезування.

Індивідуалізація приймальної гільзи

- Проектування гільзи повинно базуватися на детальній оцінці морфології кукси: форми, об'єму м'яких тканин, локалізації кісткових виступів та післяопераційних рубців.
- Використання стандартних або шаблонних рішень є недоцільним і не забезпечує адекватної посадки гільзи.

Принципи формування внутрішньої геометрії гільзи

- Необхідно дотримуватися принципу тотального контакту з одночасним селективним розвантаженням зон підвищеного ризику.
- Обов'язковим є формування зон: розвантаження (кісткові виступи, рубці), функціональної опори (передньо-медіальна поверхня, задня група м'яких тканин).
 - Слід уникати як надмірного, так і недостатнього розвантаження тканин.

Первинна примірku гільзи

- Під час першої примірku необхідно оцінювати:
- рівномірність контакту,
- стабільність фіксації,

- наявність зон локального тиску,
- суб'єктивні відчуття пацієнта.
- Оцінка стану шкіри після 20–40 хвилин носіння є обов'язковою.

Корекція гільзи

- Рекомендується проводити поетапні корекції (у середньому 2–5 сесій) з урахуванням клінічних проявів.

- Основні напрямки корекції:
- усунення локальних перевантажень,
- оптимізація конусності гільзи,
- корекція дистального навантаження,
- покращення проксимальної стабілізації.

Вибір та використання лайнерів

- У пацієнтів із дефіцитом м'яких тканин або підвищеною чутливістю кукси рекомендовано обов'язкове використання гелевих або силіконових лайнерів.

- Необхідно забезпечити оптимальну взаємодію лайнера з гільзою для попередження мацерації та мікрорухів.

Вибір системи фіксації

- Вакуумна система фіксації рекомендована для пацієнтів із середнім і високим рівнем активності як найбільш стабільна та комфортна.

- Замкова (pin-lock) система доцільна при необхідності простоти використання, однак потребує контролю дистального навантаження.

- Надколінникова система може застосовуватися як тимчасова або допоміжна у пацієнтів із низьким рівнем активності.

Організація періоду адаптації

- Рекомендується поступове збільшення часу користування протезом:

перші 3-5 діб - 1-2 години на добу, подальше нарощування навантаження індивідуально.

- Обов'язковий щоденний контроль стану шкіри кукси.

Контроль ускладнень

- Необхідно регулярно оцінювати:
- наявність гіперемії,
- больовий синдром,
- ознаки нестабільності,
- формування потертостей.
- Усі виявлені проблеми повинні негайно коригуватися шляхом модифікації гільзи.

Профілактика типових помилок

- Слід уникати: неправильної конусності гільзи, перевантаження дистального кінця кукси, відсутності зон розвантаження, неадекватного вибору системи фіксації.
- Обов'язковим є використання тестової (пробної) гільзи перед виготовленням постійної.

Реабілітаційний супровід

- Протезування повинно поєднуватися з програмою фізичної реабілітації, спрямованою на: формування правильного стереотипу ходи, зміцнення м'язів, покращення координації та балансу.
- Необхідно враховувати стан контралатеральної кінцівки та хребта.

Оцінка ефективності протезування

- Результати слід оцінювати комплексно з урахуванням: комфортності користування, стабільності фіксації, якості ходи, рівня функціональної незалежності пацієнта.

3.6. Висновки до розділу 3

Клініко-функціональне дослідження результатів підгонки, адаптації та експлуатації приймальних гільз протеза гомілки у пацієнтів з одnobічною травматичною ампутацією середньої третини гомілки внаслідок вибухової травми дало багато важливих теоретичних і практичних узагальнень.

З'ясувалося, що процес підгонки приймальної гільзи для цієї групи пацієнтів є складним і потребує обов'язкової індивідуалізації. На кількість і тип технічних корекцій, тривалість періоду адаптації та рівень кінцевого функціонального результату безпосередньо впливають морфологічні характеристики кукси (форма, стан м'яких тканин, наявність кісткових виступів і післяопераційних рубців). У жодному випадку застосування шаблонних або стандартних рішень не дозволило забезпечити достатню посадку гільзи без додаткових технічних і клінічних втручань. Аналіз результатів підгонки показав, що у більшості пацієнтів на етапі первинної примірки виявлялися локальні зони підвищеного тиску або ознаки нестабільності фіксації, що вимагало поетапної корекції внутрішньої поверхні гільзи, перерозподілу навантаження та оптимізації системи фіксації.

У більшості пацієнтів фізіологічний період адаптації до протеза становив від 14 до 28 діб. На початкових стадіях адаптації незначні симптоми гіперемії, дискомфорту або посилення болю не були патологічними та успішно коригувалися шляхом поступового нарощування навантаження та локальної модифікації гільзи. У досліджуваній групі не було важких шкірно-трофічних ускладнень, що свідчить про те, що принципи тотального контакту, селективного розвантаження та достатньої фіксації були ефективними.

Оцінка функціональних результатів протезування показала, що правильно спроектована та підігнана приймальна гільза забезпечує комфорт, стабільну опору та формує правильний стереотип ходи. Хода більшості пацієнтів була фізіологічно нормальною, без помітних компенсаторних механізмів, що дозволило їм повернутися до самостійного пересування та активної участі в побутових і соціальних діяльностях. Порівняльний аналіз

систем фіксації показав, що вакуумна система має суттєві переваги з точки зору стабільності, мінімізації поршневих рухів та суб'єктивної комфортності, особливо у пацієнтів із середнім і високим рівнем рухової активності. Замкова та надколінникова системи фіксації можуть забезпечувати задовільні функціональні результати, однак мають більші обмеження та потребують ретельного індивідуального підбору з урахуванням морфології кукси та функціональних можливостей пацієнта.

Аналіз ускладнень та типових помилок у проектуванні гільз підтвердив, що основними причинами поганих результатів є недооцінка індивідуальних характеристик кукси, помилки у розподілі навантаження, неправильний вибір системи фіксації та недостатній клінічний контроль під час адаптації. Розвиток больових синдромів, шкірно-трофічних уражень і вторинних біомеханічних порушень можна запобігти шляхом швидкого виявлення та усунення цих факторів.

Таким чином, дані підтверджують ідею про те, що якість проектування та індивідуальної підгонки приймальної гільзи, а також правильний вибір системи фіксації з урахуванням клінічних і функціональних характеристик пацієнта, є основними факторами, які визначають ефективність протезування пацієнтів з ампутацією гомілки середньої третини вибухового генезу.

РОЗДІЛ 4

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1. Порівняння отриманих результатів з даними інших досліджень

Отримані у даному дослідженні результати узгоджуються з сучасними науковими уявленнями про провідну роль приймальної гільзи як ключового елемента протеза нижньої кінцівки, що визначає не лише комфорт користування виробом, але й ефективність передачі навантаження, стабільність ходи та довгострокові функціональні наслідки протезування.

За даними аналізу літературних джерел, наведених у розділі 1, більшість авторів підкреслюють, що до 70-80% скарг пацієнтів після транстибіального протезування пов'язані з посадкою гільзи, локальними перевантаженнями тканин, больовим синдромом і недостатньою стабільністю фіксації, згідно з аналізом літературних джерел, наведених у розділі 1. Подібні проблеми є основною причиною скорочення терміну користування протезом або навіть відмови від нього.

Результати клінічного дослідження, яке було проведено, підтверджують ці положення. Вже під час першої примірки у 70% пацієнтів були виявлені локальні зони підвищеного тиску. Крім того, у деяких пацієнтів були ознаки поршневих рухів кукси або нестабільності фіксації. Це вказує на те, що навіть коли використовується сучасна технологія виготовлення гільз, стандартні або шаблонні методи не забезпечують достатню посадку гільзи, і для цього потрібна індивідуальна адаптація. У наукових роботах, присвячених біомеханіці транстибіального протезування, наголошується на необхідності застосування принципів тотального контакту та селективного розподілу навантаження для мінімізації пікових тисків у ділянках кісткових виступів. Отримані нами дані підтвердили ефективність такого підходу: поетапна модифікація внутрішньої поверхні гільзи, формування зон розвантаження та посилення контакту у функціонально витривалих ділянках дозволили запобігти розвитку тяжких шкірно-трофічних ускладнень. У жодному випадку

не було зафіксовано утворення виразок або хронічних ушкоджень шкіри, що узгоджується з результатами досліджень, у яких індивідуалізована посадка гільзи асоціюється зі зниженням частоти дерматологічних ускладнень.

Період адаптації, який у проведеному дослідженні становив у середньому 14-28 діб, відповідає даним літератури, де вказується, що формування толерантності тканин кукси до навантаження відбувається протягом перших 3-4 тижнів користування протезом. Тимчасові прояви гіперемії та дискомфорту, зафіксовані у частини пацієнтів, мали фізіологічний характер і зникали після корекції режиму навантаження, що також узгоджується з описаними адаптаційними реакціями м'яких тканин.

В літературі особливу увагу приділяють вибору системи фіксації гільзи. Більшість дослідників відзначають переваги вакуумних систем, оскільки вони зменшують мікрорухи, покращують рівномірність розподілу тиску та покращують пропріоцептивний контроль. У проведеній роботі пацієнти з вакуумною фіксацією показали найкращі показники стабільності, суб'єктивного комфорту та впевненості під час ходи. Тим часом замкові та пінові системи, хоча вони забезпечували задовільні функціональні результати, частіше супроводжувалися поршневими рухами або концентрацією навантаження в дистальних відділах кукси, що також відповідає повідомленням інших авторів.

Таким чином, порівняння власних результатів із даними наукових джерел свідчить про те, що вони узгоджуються з сучасними тенденціями, а також про те, що клінічні та технічні методи, які використовуються для проектування та підгонки приймальних гільз, є логічними.

4.2. Клінічне значення отриманих результатів

Отримані результати мають важливе практичне значення для вдосконалення технології протезування пацієнтів з ампутацією гомілки травматичного, зокрема мінно-вибухового, генезу, які характеризуються

складними морфологічними змінами кукси та підвищеним ризиком ускладнень.

Перш за все, доведено, що процес виготовлення приймальної гільзи не може розглядатися як одноетапна технічна процедура. Він повинен бути організований як поетапний клініко-технічний процес із обов'язковими повторними примірками, динамічним контролем стану тканин та своєчасною корекцією конструкції. Практичне впровадження такого підходу дозволяє суттєво зменшити частоту больових синдромів, потертостей і нестабільності фіксації.

По-друге, було підтверджено, що внутрішня геометрія гільзи повинна бути індивідуалізована відповідно до морфології кукси, стану рубців, розташування кісткових виступів і об'єму м'яких тканин. Нехтування цими факторами може призвести до хронічної травматизації тканин, розвитку патологічного стереотипу ходи та перевантаження суміжних відділів опорно-рухового апарату.

По-третє, було продемонстровано, що ефективний вибір системи фіксації безпосередньо впливає на функціональні результати протезування. У пацієнтів із середнім і високим рівнем активності використання вакуумної фіксації збільшує стабільність опори, зменшує мікрорухи кукси та збільшує тривалість щоденного користування протезом. Для активних користувачів це може бути найкращим вибором. Коли простота експлуатації або функціональні вимоги нижчі, замкові та надколінникові системи доцільні. Важливим клінічним наслідком є те, що якісна підгонка гільзи забезпечує не лише локальний комфорт, але й сприяє формуванню раціонального стереотипу ходи, зменшує перевантаження контралатеральної кінцівки та хребта, а також підвищує рівень соціальної та побутової незалежності пацієнтів. У проведеному дослідженні всі пацієнти досягли самостійного пересування, а більшість повернулися до активної повсякденної діяльності, що свідчить про значний реабілітаційний ефект.

Таким чином, отримані результати можуть бути використані як практичні рекомендації для лікарів фізичної та реабілітаційної медицини, протезистів та членів мультидисциплінарної команди при плануванні та реалізації індивідуального протезування пацієнтів із транстибіальними ампутаціями. Їх впровадження сприятиме підвищенню ефективності реабілітації, покращенню якості життя пацієнтів та зниженню ризику вторинних ускладнень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз наукових джерел засвідчив, що мінно-вибухова травма є однією з провідних причин ампутацій нижніх кінцівок у осіб працездатного віку та характеризується значними руйнуваннями м'яких тканин, кісткових структур і судинно-нервових елементів, що зумовлює формування складних за морфологією кукс та підвищені вимоги до подальшого протезування.

Встановлено, що транстибіальна ампутація зі збереженням колінного суглоба забезпечує кращі функціональні результати, нижчі енергетичні витрати під час ходьби та вищий реабілітаційний потенціал порівняно з проксимальнішими рівнями втрати кінцівки, а оптимальним рівнем формування кукси є середня третина гомілки.

Доведено, що морфологічні та функціональні особливості кукс вибухового генезу (рубцеві зміни, нерівномірність м'якотканинного покриття, кісткові виступи, змінена чутливість) зумовлюють необхідність індивідуалізованого підходу до проєктування протезних систем та виключають можливість застосування стандартизованих конструктивних рішень.

Сформовано та методично обґрунтовано комплекс клінічних, функціональних і протезно-ортопедичних методів обстеження пацієнтів, який дозволяє об'єктивно оцінити стан культі, реабілітаційний потенціал хворого, визначити оптимальну конструкцію протеза, тип приймальної гільзи та систему фіксації.

Розроблена та впроваджена поетапна технологія виготовлення приймальної гільзи, що базується на принципах тотального контакту, селективного розподілу навантаження, анатоμο-біомеханічної відповідності та клінічного контролю на кожному етапі, забезпечує високу точність посадки, надійну фіксацію і комфорт користування протезом.

Встановлено, що процес підгонки гільзи у пацієнтів із травматичними ампутаціями є багатоетапним і потребує систематичних клініко-технічних

корекцій, а кількість і характер модифікацій безпосередньо залежать від індивідуальних анатомічних особливостей кукси.

Доведено, що застосування індивідуально спроектованих приймальних гільз сприяє скороченню термінів функціональної адаптації, зменшенню больового синдрому, профілактиці шкірно-трофічних ускладнень та формуванню раціонального стереотипу ходи, що забезпечує відновлення самостійного пересування та підвищення якості життя пацієнтів.

Порівняльна оцінка систем фіксації показала переваги вакуумної підвіски щодо стабільності протеза, мінімізації поршневих рухів та суб'єктивного комфорту, особливо у пацієнтів із середнім та високим рівнем рухової активності.

Узагальнено, що ключовим чинником ефективності протезування при ампутації гомілки середньої третини вибухового генезу є індивідуалізоване проєктування та точна клінічна підгонка приймальної гільзи, що визначає біомеханічну адекватність, безпечність навантаження та довготривале користування протезом.

Розроблено практичні рекомендації щодо протезування пацієнтів з транстібіальною ампутацією внаслідок мінно-вибухової травми.

Отримані результати мають практичне значення для лікарів фізичної та реабілітаційної медицини, протезистів-ортезистів і мультидисциплінарних команд та можуть бути використані для удосконалення технологій протезування й підвищення ефективності реабілітації пацієнтів із наслідками вибухових травм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Види протезів кінцівок. Всеукраїнський центр реабілітації та протезування «Здоров'я» [Інтернет]. [цитовано 2026 Лютий 26]. Доступно:<https://health-ukraine.com.ua/uk/vidu-protezo-v-konechnostey/>
2. Шевчук В.І. Хірургічне лікування вадних кукс нижньої кінцівки: посібник / В.І. Шевчук, Ю.О. Безсмертний. —Вінниця, 2004. — 55 с.
3. Шевчук ВІ, Безсмертний ЮО, Кириченко ВІ. М'язова пластика під час ампутацій і реампутацій гомілки. Ортопедия, травматология и протезирование. 2010;(4):13–18
4. 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. Clin Rehabil. 2022 Jul;36(7):857-872. doi: 10.1177/02692155221086204. Epub 2022 Mar 7. PMID: 35254152.
5. Amputee Essentials Prosthetic Socket Pads (Socket Adjustment Gel Pads) [Internet]. Amputee Store; [cited 2026 Feb 26]. Available from: <https://amputeestore.com/products/amputee-essentials-prosthetic-socket-pads>
6. Amputee Store. All about prosthetic liners – Part 1 [Internet]. Amputee Store Blog; [cited 2025 Oct 23]. Available from: <https://amputeestore.com/blogs/amputee-life/all-about-prosthetic-liners-part-1>
7. Brasel KJ. Lower Extremity Amputation. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan—. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546594/>
8. Choo YJ, Kim DH, Chang MC. Amputation stump management: A narrative review. World J Clin Cases. 2022 May 6;10(13):3981-3988. doi: 10.12998/wjcc.v10.i13.3981. PMID: 35665133; PMCID: PMC9131228
9. Churilov I, Churilov L, Murphy D. Do rigid dressings reduce the time from amputation to prosthetic fitting? A systematic review and meta-analysis. Ann

Vasc Surg. 2014 Oct;28(7):1801-8. doi: 10.1016/j.avsg.2014.05.002. Epub 2014 Jun 6. PMID: 24911808.

10. Crowel CS, Kte A, Impastato, Alex C, Donaghy AC, Earl C, Friendly JL, Keys KA. Prosthetic and orthotic options for lower extremity amputation and reconstruction. *Plast Aesthet Res*. 2019;6:4.

11. Devinuwara K, Dworak-Kula A, O'Connor RJ. Rehabilitation and prosthetics post-amputation. *Orthopaedics and Trauma*. 2018 Aug 1;32(4):234-40.

12. Folsom D, King T, Rubin JR. Lower-extremity amputation with immediate postoperative prosthetic placement. *Am J Surg*. 1992 Oct;164(4):320-2. doi:10.1016/s0002-9610(05)80896-7. PMID: 1415937.

13. Gaffney BMM, Davis-Wilson HC, Christiansen CL, Awad ME, Lev G, Tracy J, Stoneback JW. Osseointegrated prostheses improve balance and balance confidence in individuals with unilateral transfemoral limb loss. *Gait Posture*. 2023 Feb;100:132-138. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.12.011. Epub 2022 Dec 13. PMID: 36521257.

14. Gholizadeh H, Lemaire ED, Nantel J. Effects of Unity Prosthetic Elevated Vacuum Suspension System on Minimum Swing Toe Clearance. *Can Prosthet Orthot J*. 2021 Oct 23;5(1):36847. doi: 10.33137/cpoj.v5i1.36847. PMID: 37614477; PMCID: PMC10443518

15. Godwin Y, Ahmed A, Shaat HY. A review of the first wave of lower limb amputees from the Great March of Return in Gaza: Taking stock and preparing for the task ahead. *Injury*. 2022 Jul;53(7):2541-2549. doi: 10.1016/j.injury.2022.05.031. Epub 2022 May 20. PMID: 35643556

16. Guest F, Marshall C, Stansby G. Amputation and rehabilitation. *Surgery (Oxford)*. 2019 Feb 1;37(2):102-5.

17. Hoskins RD, Sutton EE, Kinor D, Schaeffer JM, Fatone S. Using vacuum-assisted suspension to manage residual limb wounds in persons with transtibial amputation: a case series. *Prosthet Orthot Int*. 2014 Feb;38(1):68-74. doi: 10.1177/0309364613487547. Epub 2013 May 17. PMID: 23685916.

18. Hull JB. Traumatic amputation by explosive blast: pattern of injury in survivors. *Br J Surg.* 1992 Dec;79(12):1303-6. doi: 10.1002/bjs.1800791220. PMID: 1486425.
19. James W. CapperRobert E. ArbogastJeffrey L. DoddroeJames M. Colvin. Prosthetic attachment locking assembly having prosthetic attachment lock.US Patent US6605118B2 [Internet]. United States Patent and Trademark Office; 2003 Aug 12
20. Kraker D, Pinzur MS, Daley R, Osterman H. Early post-surgical prosthetic fitting with a pre-fabricated plastic limb. *Orthopedics.* 1986 Jul;9(7):989-92. doi: 10.3928/0147-7447-19860701-11. PMID: 3748905
21. Mukkamala N, Vala S. Functional Mobility in Individuals With Lower Limb Amputation: An Observational Study. *Cureus.* 2024 Jan 22;16(1):e52759. doi: 10.7759/cureus.52759. PMID: 38389638; PMCID: PMC10882146.
22. Mühldorfer-Fodor M, Dimitrova P, Prommersberger KJ. Amputationen an den Fingern und der Hand [Amputations of fingers and the hand]. *Unfallchirurg.* 2022 Apr;125(4):275-281. German. doi: 10.1007/s00113-022-01154-3. Epub 2022 Mar 15. PMID: 35290475.
23. Normann E, Olsson A, Brodtkorb TH. Modular socket system versus traditionally laminated socket: a cost analysis. *Prosthetics and orthotics international.* 2011 Mar 1;35(1):76-80
24. Paternò L, Ibrahimi M, Gruppioni E, Menciasse A, Ricotti L. Sockets for limb prostheses: a review of existing technologies and open challenges. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering.* 2018 Jan 23;65(9):1996-2010.
25. Pin Lock System [Internet]. Otto Bock HealthCare GmbH; [cited 2026 Apr 26]. Available from: <https://www.ottobock.com/en-au/pin-lock-system>
26. Qazi E, Wilting J, Patel NR, Alenezi AO, Kennedy SA, Tan KT, Jaber A, Mafeld S. Arteries of the Lower Limb-Embryology, Variations, and Clinical Significance. *Can Assoc Radiol J.* 2022 Feb;73(1):259-270. doi: 10.1177/08465371211003860. Epub 2021 Apr 22. PMID: 33886403

27. Sanders EA. Midfoot Amputations as Adjuncts to Limb Preservation. *Ann Vasc Surg.* 2024 Oct;107:60-71. doi: 10.1016/j.avsg.2023.11.059. Epub 2024 Apr 9. PMID: 38604498.
28. Sandhiya M, Chandrasekaran K, Rubella DH, Karthikeyan S. Prosthetics for lower limb amputation. In: *Orthotics and Prosthetics* [Internet]. London: IntechOpen; 2021. Available from: https://www.researchgate.net/publication/351952791_Prosthetics_for_Lower_Limb_Amputation. doi:10.5772/intechopen.95593
29. Selvam PS, Sandhiya M, Chandrasekaran K, Rubella DH, Karthikeyan S. Prosthetics for lower limb amputation. In: *Orthotics and Prosthetics* [Internet]. London: IntechOpen; 2021. Available from: https://www.researchgate.net/publication/351952791_Prosthetics_for_Lower_Limb_Amputation. doi:10.5772/intechopen.95593
30. Sume BW, Geneti SA. Determinant Causes of Limb Amputation in Ethiopia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ethiop J Health Sci.* 2023 Sep;33(5):891-902. doi: 10.4314/ejhs.v33i5.19. PMID: 38784515; PMCID: PMC11111207.
31. Tactical Combat Casualty Care (TCCC). Chapter 30. Lower Extremity Amputations [Internet] // ASSET (Advanced Surgical Skills for Exposure in Trauma). –06.12.2024- Available et :<https://tccc.org.ua/guide/ch30-lower-extremity-amputations-asset>.
32. Trutyak I, Malickii V, Samotowka M, Trunkvalter V, Trutyak R, Ivaschenko V. PROBLEMATIC ISSUES OF LIMB AMPUTATION IN WOUNDED WITH COMBAT TRAUMA . *Proc Shevchenko Sci Soc Med Sci* [Internet]. 2023 Dec. 22 [cited 2026 Feb. 2];72(2). Available from: <https://mspsss.org.ua/index.php/journal/article/view/883>
33. What you should know before getting a prosthetic leg [Internet]. Baltimore: Johns Hopkins Medicine; [cited 2026 Apr 26]. Available from:

<https://www.hopkinsmedicine.org/health/wellness-and-prevention/what-to-know-before-getting-prosthetic-leg/>

