

на тему: «Роль індивідуального ортезування в комплексній реабілітації пацієнтів з парезом кисті після гострого порушення мозкового кровообігу»

Виконала:

(підпис)

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Тема: «Роль індивідуального ортезування в комплексній реабілітації пацієнтів з парезом кисті після гострого порушення мозкового кровообігу». Кваліфікаційна робота містить: 18 рисунків, 9 таблиць, 70 джерел, Додатки А та Б. Загальний обсяг роботи: 82 сторінки.

Мета роботи полягає у проєктуванні, створенні та оцінці дієвості індивідуального ортезу для променево-зап'ясткового суглоба у пацієнтів, які перенесли порушення мозкового кровообігу і мають парез, з урахуванням їхніх індивідуальних анатомічних та функціональних характеристик.

Об'єкт дослідження: процес реабілітації пацієнтів, які перенесли порушення мозкового кровообігу, з особливим акцентом на застосуванні ортезування для відновлення функціональних можливостей променево-зап'ясткового суглоба у хворих із парезом.

Предмет дослідження: індивідуально виготовлений ортез для променево-зап'ясткового суглоба, розроблений для пацієнтів з парезом внаслідок порушення мозкового кровообігу, а також його вплив на відновлення рухових функцій, зниження спастичності та підвищення якості життя.

У роботі вирішені наступні завдання:

- проаналізовано актуальні методи реабілітації та підходи до ортезування променево-зап'ясткового суглоба;
- вивчено індивідуальні аспекти застосування ортезів з урахуванням анатомічних особливостей пацієнтів;
- розроблено технологічний процес виготовлення персоналізованого ортезу;
- визначено ефективність використання індивідуального ортезу щодо покращення рухових функцій та зниження спастичності;
- досліджено вплив ортезу на підвищення якості життя та здатність до самообслуговування;
- сформульовано практичні рекомендації щодо застосування індивідуальних ортезів у клінічній практиці.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці та застосуванні сучасних технологічних рішень для виготовлення персоналізованих ортезів, які максимально враховують унікальні анатомо-функціональні характеристики

пацієнта та сприяють стимуляції нейропластичності через біомеханічно обґрунтоване позиціонування кінцівки.

Практичне значення одержаних результатів дослідження підтверджує, що індивідуальний підхід до ортезування є невід'ємним інструментом сучасної нейрореабілітації, який прискорює відновлення функцій кисті, забезпечує високу психологічну стабільність пацієнта та суттєво покращує якість його життя.

Ключові слова: гостре порушення мозкового кровообігу, парез кисті, індивідуальне ортезування, реабілітація, променево-зап'ястковий суглоб, спастичність, якість життя.

ABSTRACT

Topic: "The role of individual splinting in the complex rehabilitation of patients with hand paresis after acute cerebrovascular accident". The qualification work contains: 18 figures, 9 tables, 70 sources. Total volume of work: 82 pages.

The purpose of the work is the design, creation and evaluation of the effectiveness of an individual orthosis for the wrist joint in patients who have suffered a stroke and have paresis, taking into account their individual anatomical and functional characteristics.

Object of research: the process of rehabilitation of patients who have suffered a stroke, with a special emphasis on the use of splinting to restore the functional capabilities of the wrist joint in patients with paresis.

The subject of the study: an individually made orthosis for the wrist joint, developed for patients with paresis resulting from a stroke, as well as its impact on the recovery of motor functions, reduction of spasticity and improvement of the quality of life of these patients.

The following tasks are solved in the work:

- current rehabilitation methods and approaches to wrist joint orthosis were analyzed;
- individual aspects of using orthoses were studied, taking into account the anatomical features of patients;
- the technological process of manufacturing a personalized orthosis was developed;
- the effectiveness of using an individual orthosis in improving motor functions and reducing muscle spasticity was determined;
- the impact of using the orthosis on improving the quality of life and the ability to self-care was investigated;
- practical recommendations for the use of individual orthoses in clinical practice were formulated.

The scientific novelty of the obtained results lies in the development and application of modern technological solutions for the production of personalized orthoses that maximally take into account the unique anatomical and functional characteristics of the patient and promote the stimulation of neuroplasticity through biomechanically grounded positioning of the limb.

The practical significance of the obtained research results confirms that an individual approach to orthosis is an integral tool of modern neurorehabilitation, which accelerates the recovery of hand functions, ensures high psychological stability of the patient and significantly improves their quality of life.

Key words: acute cerebrovascular accident, hand paresis, individual orthosis, rehabilitation, wrist joint, spasticity, quality of life.

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 «Протезування – ортезування»
(назва освітньої програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

проф. Голка Г.Г
(підпис) (ПІБ)

«21» листопада 2025року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ(МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Крицька Ольга Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Роль індивідуального ортезування в комплексній реабілітації пацієнтів з парезом кисті після гострого порушення мозкового кровообігу». Керівник: доцент кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії, травматології та протезування, к.мед.н, доц. Григорук В.В.
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 ортеза 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
	Не передбачено		

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 практичних/експериментальних досліджень, збір та аналіз даних	Лютий – 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 _____ Крицька О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

к.мед.н, доц. кафедри
екстреної та невідкладної
медичної допомоги,
ортопедії, травматології
та протезування

_____ Григорук В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ		10
ВСТУП		11
РОЗДІЛ 1	ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОРТЕЗУВАННЯ ПРИ ГОСТРОМУ ПОРУШЕННІ МОЗКОВОГО КРОВООБІГУ	15
	1.1. Неврологічні наслідки гострого порушення мозкового кровообігу та їх вплив на опорно-руховий апарат	15
	1.2. Патофізіологія парезу та обґрунтування необхідності ортезування	19
	1.3. Сучасні методи реабілітації хворих з парезом	22
	1.4. Використання ортезів у відновленні функції верхньої кінцівки	25
	Висновки до розділу 1.....	32
РОЗДІЛ 2	МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОРТЕЗУ.....	33
	2.1. Загальна характеристика хворих, які перенесли гостре порушення мозкового кровообігу та мають парез кисті.	33
	2.2. Технологічний процес виготовлення індивідуального ортезу	39
	2.3. Вибір матеріалів для виготовлення ортезу.....	40
	2.4. Біомеханічні аспекти конструкції ортезу.....	42
	2.5 Обґрунтування та методологія індивідуального ортезування верхньої кінцівки після перенесеного гострого порушення мозкового кровообігу.	45
	2.6. Безпека у протезно-ортезному виробництві.	46
	2.7. Методика математичної обробки результатів	47

	лікування хворих старших вікових груп	
	Висновки до розділу 2	49
РОЗДІЛ 3	КЛІНІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОРТЕЗУ	50
	3.1. Критерії оцінки ефективності ортезу	50
	3.2 Динаміка відновлення функцій зап'ястя та кисті	55
	3.3 Перспективи подальших досліджень	58
	Висновки до розділу 3	58
	АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ ОРТЕЗА НА ЯКІСТЬ ЖИТТЯ.	60
	ВИСНОВКИ	62
	ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	64
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.	66
	ДОДАТКИ	76
	ДОДАТОК А	76
	ДОДАТОК Б	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЛФК	Лікувальна фізична культура
ОРА	Опорно-руховий апарат
ЦНС	Центральна нервова система
ГПМК	Гостре порушення мозкового кровообігу
FES	Functional Electrical Stimulation - функціональна електростимуляція
MMT	Manual Muscle Testing- Мануально-м'язеве тестування
MAS	Modified Ashworth Scale - модифікована шкала Ашворта
ARAT	Action Research Arm Test - Тест дослідження дій руки
FMA-UE	Fugl-Meyer Assessment - Оцінка Фугля-Мейєра
BBT	Box and Block Test - Тест коробки та блоку
NHPT	Nine-Hole Peg Test - Тест кілочка з дев'ятьма лунками
VAS	Visual Analog Scale (візуальна аналогова шкала болю – ВАШ)
Лікар ФРМ	Лікар фізичної та реабілітаційної медицини

ВСТУП

Актуальність дослідження. Порушення мозкового кровообігу, як одна з провідних причин інвалідності серед дорослого населення, часто супроводжується втратою рухових функцій та порушеннями в роботі окремих суглобів. Одним із поширених наслідків порушення мозкового кровообігу є парез – часткове порушення рухової функції, зменшення сили м'язів. Внаслідок цього пацієнти можуть відчувати значні труднощі з функціонуванням променево-зап'ясткового суглоба, що негативно позначається на їхній здатності виконувати базові побутові та професійні завдання [25, 29, 32, 40].

Парез кисті та передпліччя є частим і виснажливим наслідком гострого порушення мозкового кровообігу. Це ураження значно знижує моторний контроль над кінцівкою та призводить до втрати функціональної активності. У багатьох пацієнтів розвивається характерна патологічна згинальна поза із надмірним м'язовим тонусом, що суттєво перешкоджає відновленню побутових та професійних навичок [17].

Одним з найбільш дієвих методів відновлення рухових функцій у пацієнтів які перенесли гостре порушення мозкового кровообігу є ортезування.

Індивідуально розроблений та підібраний ортез сприяє корекції патологічних положень, рухів, зменшенню спастики та забезпеченню оптимального положення ураженого суглоба та є ефективним методом запобігання деформаціям, що в свою чергу полегшує процес реабілітації та покращує якість життя пацієнтів. Крім того, вони можуть стимулювати сенсомоторну активність, сприяючи кращому відновленню функцій.

Дана магістерська робота присвячена дослідженню процесу створення індивідуального ортезу для променево-зап'ясткового суглоба у пацієнтів з парезом, спричиненим порушенням мозкового кровообігу.

Основний акцент зроблено на розробці та застосуванні сучасних технологічних рішень для виготовлення ортезів, які б максимально враховували анатомічні та фізіологічні особливості кожного пацієнта, а також їхні індивідуальні потреби.

Метою дослідження є проєктування, створення та оцінка дієвості індивідуального ортезу для променево-зап'ясткового суглоба у пацієнтів, які перенесли порушення мозкового кровообігу і мають парез, з урахуванням їхніх індивідуальних анатомічних та функціональних характеристик. Оцінка Ефективність розробленого ортезу оцінювали шляхом аналізу його впливу на відновлення рухової здатності, зменшення спастичності та покращення загальної якості життя пацієнтів.

Для досягнення поставленої мети передбачалось вирішення наступних **завдань:**

1. Проаналізувати актуальні методи реабілітації пацієнтів з порушенням мозкового кровообігу, зокрема підходи до ортезування променево-зап'ясткового суглоба.
2. Вивчити індивідуальні аспекти застосування ортезів у пацієнтів з парезом, враховуючи їхні анатомічні особливості та функціональні потреби.
3. Розробити технологічний процес виготовлення персоналізованого ортезу для пацієнтів з парезом, що виник внаслідок порушення мозкового кровообігу.
4. Визначити ефективність використання індивідуального ортезу щодо покращення рухових функцій та зниження м'язової спастичності у досліджуваної групи пацієнтів.
5. Дослідити вплив застосування ортезу на підвищення якості життя пацієнтів, включаючи їхню здатність до самообслуговування та повернення до звичної повсякденної діяльності.
6. Сформулювати практичні рекомендації щодо застосування індивідуальних ортезів у клінічній практиці реабілітації після порушення мозкового кровообігу.

Об'єктом дослідження є процес реабілітації пацієнтів, які перенесли порушення мозкового кровообігу, з особливим акцентом на застосуванні ортезування для відновлення функціональних можливостей променево-зап'ясткового суглоба у хворих із парезом.

Предметом дослідження є індивідуально виготовлений ортез для променево-зап'ясткового суглоба, розроблений для пацієнтів з парезом, що виникла внаслідок порушення мозкового кровообігу, а також його вплив на відновлення рухових функцій, зниження спастичності та підвищення якості життя цих пацієнтів.

У даній роботі було застосовано комплекс наступних **методів дослідження**:

- Аналіз наукових публікацій та літературних джерел: проведено систематичний огляд сучасних підходів до реабілітації пацієнтів після порушення мозкового кровообігу, зокрема ортезування променево-зап'ясткового суглоба, наявних технологій виготовлення ортезів та їхнього впливу на стан пацієнтів.
- Клінічне обстеження пацієнтів: здійснено оцінку функціональних порушень променево-зап'ясткового суглоба у пацієнтів з парезом, що виникла внаслідок інсульту, включаючи кількісне визначення рухової активності та оцінку ступеня спастичності.
- Проектування та виготовлення індивідуального ортезу на основі отриманих даних про анатомічні та функціональні особливості кожного пацієнта, із застосуванням сучасних матеріалів та технологій.
- Порівняльний аналіз: проведено оцінку ефективності використання індивідуальних ортезів шляхом порівняння функціональних показників пацієнтів до та після застосування ортезу з використанням стандартизованих шкал оцінки.
- Статистична обробка даних: застосовано методи математичної статистики для аналізу отриманих результатів дослідження та визначення статистичної достовірності виявлених змін у функціональних показниках пацієнтів після використання ортезу.
- Спостереження та оцінка якості життя: проведено анкетування пацієнтів з метою вивчення їхніх суб'єктивних відчуттів щодо покращення функціональних можливостей та загальної якості життя після використання індивідуального ортезу.

- Наукова новизна: Стислий опис нових положень, які відмінні від відомих раніше.

Практичне значення отриманих результатів дослідження підтверджують, що завдяки індивідуальному підходу, який враховує унікальні анатомічні особливості та специфічні завдання реабілітації, ортез є невід'ємним інструментом сучасної нейрореабілітації, що прискорює відновлення та суттєво покращує якість життя пацієнтів після гострого порушення мозкового кровообігу.

Апробація результатів роботи: VI Міжнародної наукової конференції, м. Вінниця, 31 жовтня, 2025 (Сертифікат ICSR No 25/3110-055).

За результатами дослідження опублікована стаття: Виготовлення індивідуального ортезу хворому з парезом верхньої кінцівки в наслідок гострого порушення мозкового кровообігу з дотриманням безпеки у протезно-ортезному виробництві /В.В. Григорук, Л.М. Рисована, М.І. Литвиненко, О.В. Крицька//Актуальні питання розвитку галузей науки: збірник наукових праць з матеріалами VI Міжнародної наукової конференції, м. Вінниця, 31 жовтня, 2025р. /Міжнародний центр наукових досліджень. – Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2025. – С. 573–580. – DOI: <https://doi.org/10.62731/mcnd-31.10.2025.010>. ISBN 978-617-8312-90-9.

URI <https://repo.knmu.edu.ua/handle/123456789/37029>.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи наступний: вступ, три розділи (теоретичні аспекти ортезування при порушенні мозкового кровообігу, матеріали та методи виготовлення індивідуального ортезу, клінічна ефективність індивідуального ортезу), аналіз та узагальнення результатів власних досліджень впливу конструкції ортеза на якість життя, висновки, практичні рекомендації, список використаних літературних джерел (70, з них 61 - закордонне). Робота обсягом 82 сторінки, має 9 таблиць, 18 рисунків, 4 формули. Додатки на 6 сторінках.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОРТЕЗУВАННЯ ПРИ ГОСТРОМУ ПОРУШЕННІ МОЗКОВОГО КРОВООБІГУ

1.1 Неврологічні наслідки гострого порушення мозкового кровообігу та їхній вплив на опорно-руховий апарат

Інсульт, що являє собою гостре порушення мозкового кровообігу, залишається однією з провідних причин інвалідності у світі. Його вплив охоплює не лише центральну та периферичну нервову систему, а й опорно-руховий апарат (ОРА), що визначає складність і багатогранність клінічних наслідків.

Інсульты поділяють на ішемічні та геморагічні. У зоні ураження нервові клітини втрачають живлення, стискаються крововиливом, частково або повністю втрачають функцію, а іноді гинуть. Основними факторами, що підвищують ризик розвитку інсульту, є гіпертонічна хвороба, атеросклероз мозкових судин, надмірні фізичні та психічні навантаження, інфекції та інтоксикації.

Порушення мозкового кровообігу зазвичай настає раптово і супроводжується тяжким загальним станом. Часто спостерігаються порушення свідомості, дихання, серцевої діяльності, мовлення, а також розвиток парезів чи паралічів. Рухові розлади найчастіше проявляються на боці тіла, протилежного вогнищу ураження, що пояснюється перехрестом пірамідних шляхів у довгастому мозку.

Найпоширенішим ураженням є геміплегія - параліч кінцівок однієї половини тіла. На гострому етапі часто спостерігається м'який параліч, який згодом трансформується у спастичний із характерними контрактурами: згинальні у верхніх кінцівках та розгинальні у нижніх. Виникає типова поза Верніке–Манна: уражена рука приведена до тулуба, пронована, зігнута в ліктьовому та променево-зап'ястковому суглобах, пальці стиснуті в кулак;

нижня кінцівка випрямлена, дещо ротована назовні, стопа опущена і змінена через підвищений м'язовий тонус [19, 20].

Пацієнти часто пересуваються характерною «косарською» ходою: щоб уникнути зачіпання носком підлоги, уражена нога здійснює напівколовий рух. Наукові дослідження підкреслюють, що у постінсультних пацієнтів часто спостерігаються: парез, геміпарез, геміплегія, спастичність, афазія, порушення ковтання, апраксія, порушення просторового та зорового сприйняття, труднощі з ходою і рівновагою, зміни постави, біль у паретичних кінцівках, депресія, контрактури та низький рівень самостійності [33].

Клінічні прояви інсульту залежать від локалізації та обсягу ураження нейронів ЦНС. Ураження кортикоспінального тракту призводить до розвитку парезів або плегій протилежної половини тіла. Вираженість рухового дефіциту варіює від помірного зниження сили м'язів до повної втрати довільних рухів, що суттєво обмежує функціональну самостійність пацієнта.

Порушення кровопостачання може також торкатися сенсорних провідних шляхів, що проявляється змінами больової, температурної, тактильної та пропріоцептивної чутливості. Це ускладнює контроль рухів, підвищує ризик травматизації та знижує ефективність реабілітаційних заходів.

Ураження окремих ділянок мозку може викликати когнітивні порушення, включно з дефіцитом пам'яті, уваги та виконавчих функцій, а також порушення мовлення. Ці зміни можуть ускладнювати навчання новим руховим навичкам і знижувати мотивацію до реабілітації.

Вторинні наслідки інсульту зачіпають периферичну нервову систему та м'язи. Зменшення рухової активності призводить до атрофії м'язів, втрати сили, а тривала іммобілізація - до структурних змін у м'язових волокнах. Поширеною проблемою є спастичність - патологічне підвищення м'язового тону, що обмежує рухи, сприяє розвитку контрактур, може супроводжуватися болем і значно ускладнює довільні рухи [31].

Ураження мозочка або його провідних шляхів викликає атаксію - розлад координації, що проявляється неточністю, неритмічністю та надмірною

амплітудою рухів, що знижує здатність до цілеспрямованих дій і підтримки рівноваги.

Неврологічні ускладнення інсульту безпосередньо та опосередковано впливають на опорно-руховий апарат, спричиняючи структурні та функціональні зміни. Пацієнти пересуваються повільніше, із порушенням ритму та асиметрією ходи. Часто виникають патологічні рухові синергії та спастичні моделі активації м'язів, зокрема рефлекторне поєднання згинання кульшового суглоба з одночасним розгинанням колінного [54].

Найбільш виражені порушення ходи зумовлені слабкістю згиначів стопи, чотириголового м'яза стегна та великого сідничного м'яза. Внаслідок цього формуються компенсаторні стратегії пересування: гіперекстензія коліна, циркумдукція нижньої кінцівки, надмірне згинання та зменшення довжини кроку [30].

Парез або плегія призводять до суттєвого зниження м'язової сили на ураженому боці, що обмежує виконання повсякденних фізичних дій. Зниження активності та атрофічні зміни зменшують поперечний переріз м'язів і їхню масу, що ускладнює відновлення рухів.

Beckwée та співавт. (2022) підкреслюють суттєві зміни у скелетних м'язах протягом перших трьох місяців після інсульту, включно з втратою м'язової маси та змінами у складі м'язової тканини. Клінічні дослідження свідчать, що після інсульту може розвиватися саркопенія – прогресуюче зменшення м'язової маси і функціональних можливостей, що негативно впливає на відновлення рухових навичок і загальний соматичний стан [18].

Тривале підвищення м'язового тону, у поєднанні з м'язовою слабкістю, сприяє розвитку контрактур у верхніх (плечовий, ліктьовий, променево-зап'ястковий) та нижніх (кульшовий, колінний, гомілковостопний) суглобах. Частим ускладненням є післяінсультний плечовий біль, зумовлений підвивихом, спастичністю, ушкодженням м'яких тканин або центральним больовим синдромом [48].

Зниження рухової активності та порушення іннервації паретичних кінцівок можуть призводити до остеопорозу, що підвищує ризик переломів.

Реабілітація після інсульту – це комплексний мультидисциплінарний процес, спрямований на відновлення функцій, профілактику ускладнень та покращення якості життя. Базовими компонентами є фізична терапія, спрямована на відновлення рухливості, зміцнення м'язів, координації та рівноваги. Раннє та достатньо інтенсивне початок реабілітації відіграє ключову роль у відновленні функцій [31].

Сучасні програми часто включають інноваційні технології: роботизовану терапію, віртуальну реальність, телереабілітацію, функціональну та транскраніальну магнітну стимуляцію, а також використання екзоскелетів [43, 47].

Mehrholz та співавт. (2018) довели ефективність електромеханічних і роботизованих методів тренування верхніх кінцівок після інсульту. Роботизовані системи дозволяють проводити багаторазові та контрольовані тренування уражених кінцівок, регулювати навантаження та забезпечувати біологічний зворотний зв'язок, що стимулює нейропластичність [39].

Rodrigues та співавт. (2025) підтвердили ефективність VR у телереабілітації верхніх кінцівок. Віртуальна реальність створює інтерактивне середовище для моделювання життєвих ситуацій, підвищує мотивацію, дає зворотний зв'язок у реальному часі, дозволяє проводити відновлення в домашніх умовах та підвищує доступність реабілітаційних послуг та сприяє відновленню моторних і когнітивних функцій, покращують рухові здібності та зменшують спастичність. Також екзоскелети підтримують рухи верхніх і нижніх кінцівок, що особливо важливо при значних порушеннях функції [53].

Отже, гостре порушення мозкового кровообігу призводить до первинного ураження головного мозку, що у свою чергу призводить до дефіциту функцій зокрема опорно-рухового апарату.

1.2 Патолофізіологія парезу та обґрунтування необхідності ортезування

Парез може виникати внаслідок різних патологій, які уражають нервову систему. Найчастіше його причинами є інсульт, травми спинного мозку, нейродегенеративні захворювання та ураження периферичних нервів. Розглянемо кожну з цих причин детальніше.

Гостре порушення мозкового кровообігу призводить до ішемічного або геморагічного пошкодження мозкової тканини, що порушує проведення нервових імпульсів від головного мозку до м'язів. Це проявляється частковою або повною втратою рухової функції кінцівок [42,52].

В основі розвитку парезу лежить критичне порушення або повна втрата провідності нервових шляхів, які відповідають за передачу імпульсів від центральної нервової системи до скелетних м'язів. Фактично, м'язи втрачають здатність «чути» команди мозку. Це стає наслідком органічного ураження ЦНС, зниження ресурсів нейропластичності або розвитку стійкої спастичності.

Зокрема, при гострому порушенні мозкового кровообігу або механічних травмах голови руйнується цілісність нейронних мереж. Через цей розрив руховий сигнал не доходить до цілі, що клінічно проявляється слабкістю м'язів та різким обмеженням рухової активності [42].

Процес відновлення безпосередньо залежить від нейропластичності - природної здатності мозку до структурної перебудови та формування нових зв'язків замість втрачених. Однак після інсульту чи тяжких травм цей потенціал часто виснажується, що значно ускладнює та сповільнює реабілітацію [50].

Ще однією серйозною перешкодою для пацієнта стає патологічне підвищення м'язового тону, бо постійна напруга м'язів призводить до вираженої скутості суглобів, що робить довільне керування кінцівкою практично неможливим і створює умови для формування контрактур [26].

Також часткову або повну втрату рухової функції та чутливості верхньої кінцівки чи кінцівок можуть спричинити травматичні ушкодження як

периферичних нервів так і спинного мозку на рівні шийного відділу хребта. Ці ушкодження можуть були спровоковані гострим порушенням мозкового кровообігу. Через втрату контролю над тілом на певний час на момент падіння, дорожньо-транспортної пригоди чи інших нещасних випадків пацієнт отримував механічні пошкодження у тому числі в проєкції плечового сплетіння чи його окремих нервів або спинного мозку на рівні шийних сегментів. Клінічно отримували симптоматику пареза чи параліча без підтвердження ознак пошкодження речовини головного мозку при МРТ чи СКТ [50,56].

Значна частка парезів верхньої кінцівки має посттравматичний характер і пов'язана з пошкодженням периферичних нервів на тлі переломів або вивихів. Згідно з даними фундаментальних досліджень Azar F. M. et al. (2020) де особливої уваги заслуговує пошкодження променевого нерва, ураження якого фіксується у 14% випадків переломів діяфіза плечової кістки, причому половина цих ускладнень пов'язана з переломами її дистальної третини. Така висока частота та різноманітність периферичних уражень вимагає чіткої диференціації при підборі індивідуальних ортезів для відновлення функції кисті та передпліччя» [14].

Хронічні прогресуючі захворювання нервової системи, такі як хвороба Паркінсона, розсіяний склероз або аміотрофічний латеральний склероз, поступово ушкоджують нервові структури, що відповідають за контроль рухів, що веде до наростання рухових порушень, проте вони не призводять до класичної картини звисаючої кисті, як при парезі чи паралічі [26].

Слід зазначити, що патогенез ураження периферичної нервової системи інфекційного генезу суттєво відрізняється від механічних травм чи ішемічних наслідків гострого порушення мозкового кровообігу. Пряма мікробна або вірусна інвазія у нервові волокна зустрічається рідко. Провідними патогенетичними механізмами виступають дія бактеріальних екзотоксинів безпосередньо на мієлінову оболонку, запальний набряк тканин із вторинною компресією нервових стовбурів, а також аутоімунні реакції, коли

постінфекційна імунна відповідь хибно спрямовується проти антигенів власних периферичних нервів [44].

Так при синдромі Гієна-Барре провідною клінічною ознакою часто виступає інтенсивний біль, що супроводжується парестезіями, а залучення у процес вегетативних волокон призводить до розвитку виражених вегетативно-трофічних розладів у дистальних відділах верхньої кінцівки: зміна кольору та температури шкірних покривів, локальних набряків, порушення потовиділення та ламкості і зміни структури нігтів через погане живлення тканин [55].

Діабетична нейропатія є найбільш поширеним гетерогенним ускладненням цукрового діабету, що характеризується прогресуючим дегенеративним ураженням периферичних нервових волокон на тлі хронічної гіперглікемії. Патогенез даного стану ґрунтується на одночасному порушенні метаболічних та мікросудинних порушень, що призводить до дегенерації та демієлінізації нервових стовбурів, спричиняє хронічну ендоневральну ішемію, що значно погіршує регенеративний потенціал нервової тканини. Клінічно проявляється прогресуючим випадінням пропріоцептивної, больової та температурної чутливості за типом «рукавичок» [53].

Наслідки описаних вище патологічних процесів - втрати нервової провідності та розвитку спастичності - можуть проявлятися абсолютно по-різному. Те, які саме м'язи втратять здатність рухатися, безпосередньо залежить від того, на якому рівні відбулася «поломка» у нервовій системі та наскільки масштабним є ураження.

Спираючись на анатомічну локалізацію та тяжкість рухового дефіциту, у клінічній практиці розрізняють кілька основних типів парезів, а саме геміпарез, монопарез, парапарез та тетрапарез[42].

Геміпарез (найбільш типовий) – стан, за якого рухова функція обмежена на одній половині тіла (лівій або правій).

Монопарез – локалізована слабкість, що охоплює лише одну кінцівку (наприклад, ізольоване ураження кисті).

Парапарез – порушення рухів у симетричній парі кінцівок. Найчастіше страждають обидві нижні кінцівки, що зазвичай пов'язано з ураженням спинного мозку.

Тетрапарез - найбільш важка форма, за якої страждають усі чотири кінцівки. Таке ураження часто фіксують після травм шийного відділу хребта або масивних черепно-мозкових травм [42].

З огляду на специфіку нашого дослідження, найбільший практичний інтерес становить біомеханіка гемі- та монопарезу верхньої кінцівки. Саме ці стани вимагають розробки індивідуальних ортезних рішень для променево-зап'ясткового суглоба, щоб запобігти контрактурам і відновити функціональність кисті.

Для нас як фахівців із протезування та ортезування ключовим викликом є розвиток спастики, формування неправильних рухів та прогресуюча атрофія м'язів, що за відсутності належної фіксації призводять до незворотних контрактур та деформацій. Ці зміни не лише позбавляють пацієнта мобільності, а й критично ускладнюють подальше відновлення, що робить своєчасне призначення індивідуальних ортезних систем базовою умовою для збереження функціонального положення кінцівок та успішної реабілітації.

1.3. Сучасні методи реабілітації хворих з парезом

Комплексна програма фізичної реабілітації пацієнтів із моторним дефіцитом базується на принципах цілеспрямованої кінезіотерапії та поетапного відновлення нейром'язового контролю. Стратегія рухової терапії чітко диференціюється залежно від етапу відновлення та ступеня тяжкості парезу, включаючи пасивні, активно-пасивні, повністю активні рухи, а також функціонально-силовий тренінг [19].

Початковий етап моторного перенавчання, особливо при глибоких парезах або на етапі ранньої вертикалізації, обов'язково включає пасивну мобілізацію. Ці вправи виконуються фізичним терапевтом без вольової участі

м'язів пацієнта. Головна біомеханічна мета цього етапу полягає у збереженні фізіологічної амплітуди рухів у суглобах, підтримці еластичності суглобових капсул та запобіганні розвитку міогенних і артрогенних контрактур. Крім того, ритмічні пасивні рухи забезпечують безперервну аферентну стимуляцію пропріорецепторів, надсилаючи сенсорні сигнали до кори головного мозку, що є критично важливим для профілактики феномену «забування» ураженої кінцівки [61].

У міру відновлення нервової провідності та появи перших довільних рухів до протоколу додаються активні та активно-пасивні вправи. Пацієнт виконує їх самостійно або з дозованою мануальною чи механічною асистенцією (зокрема, за допомогою еластичних тяг динамічних ортезів або систем розвантаження ваги). Метою активного блоку є стимуляція нейропластичності, відновлення узгодженої роботи м'язів-агоністів та антагоністів і підвищення базової скоротливої здатності паретичної мускулатури [62].

Окремим і надзвичайно важливим компонентом є силове та функціональне тренування, спрямоване на подолання м'язової гіпотрофії та підвищення локальної витривалості. Сучасні протоколи реабілітації передбачають застосування методу прогресивного опору. Для цього використовується широкий арсенал засобів механотерапії: еластичні стрічки-еспандери з різним ступенем жорсткості, блокові тренажери та обтяжувачі.

Особливий акцент під час силової фази робиться на імітації складних рухів, притаманних повсякденній життєдіяльності. Пацієнт відпрацьовує не просто ізольоване згинання чи розгинання, а комплексні завдання: захоплення, утримання та перенесення предметів різної форми, тренування дрібної моторики кисті або утримання постуральної рівноваги під час рухів рукою. Такий підхід дозволяє максимально ефективно конвертувати ізольовану м'язову силу у практичні навички самообслуговування [62].

Фізіотерапевтичні методи відіграють важливу роль у комплексній реабілітації пацієнтів із парезом і використовуються як доповнення до

лікувальної фізкультури. Вони сприяють зменшенню болю, зниженню спастичності та покращенню загального функціонального стану організму. Зокрема, електрична стимуляція м'язів допомагає підвищити їх тонус та відновити здатність до скорочення, що особливо ефективно при вираженому парезі чи паралічі, сприяючи відновленню базових рухових функцій [58, 59, 63].

Ультразвукова терапія покращує кровообіг та активує процеси регенерації тканин. Вона застосовується для зменшення болю, спастичності та запальних процесів, які часто супроводжують парез [36].

Ортезування передбачає використання спеціальних пристроїв, що підтримують ослаблені або пошкоджені кінцівки, забезпечують їх стабільність та запобігають розвитку контрактур. Вибір ортеза залежить від локалізації ураження та індивідуальних потреб пацієнта, а матеріали й конструкції підбираються відповідно до конкретної ділянки тіла.

Для верхніх кінцівок, включаючи кисть, передпліччя та ліктьовий суглоб, ортези допомагають утримувати кінцівку у правильному положенні, зменшують спастичність та полегшують виконання повсякденних завдань. Залежно від тяжкості парезу та особливостей пацієнта використовують жорсткі або м'які пристрої [60].

Пацієнтам із парезом нижніх кінцівок показані ортези для підтримки стопи та гомілковостопного суглоба, що покращує ходьбу та знижує ризик падінь. Вони допомагають зберігати рівновагу під час руху та сприяють відновленню загальної мобільності [45].

Парез часто супроводжується порушенням мовлення, особливо після інсульту чи інших уражень нервової системи. Логопедична реабілітація спрямована на відновлення мовних навичок та покращення комунікації. Терапевт з мови працює з пацієнтами за допомогою спеціальних вправ для розвитку артикуляції, дикції та координації рухів мовного апарату. Це може включати тренування вимови складних звуків та слів, відновлення голосу і

дихання, а також використання невербальних засобів спілкування, таких як жести [22].

Пацієнтам із когнітивними порушеннями застосовують психолінгвістичні методики, що тренують пам'ять, увагу та інші компоненти мовленнєвої діяльності. Такі методи не лише сприяють відновленню мовлення, а й полегшують адаптацію до нових життєвих умов [57].

Гострі порушення мозкового кровообігу та серйозні травми часто супроводжуються депресією, тривожністю та іншими емоційними розладами, що негативно впливають на процес відновлення. Індивідуальні консультації з психологом допомагають пацієнтам подолати емоційні труднощі, а когнітивно-поведінкова терапія є ефективним інструментом лікування депресії та тривожності [49].

Психотерапевтичні підходи також спрямовані на підтримку пацієнтів у подоланні травматичних переживань і адаптації до змін у житті, зокрема у навчанні новим навичкам і відновленні соціальних контактів, що особливо важливо після інсульту чи тяжких травм [57].

Сучасні технології, а саме використання роботизованих систем дозволяють відновлювати рухові функції пацієнтів із парезом, забезпечуючи точний контроль рухів кінцівок та підвищуючи ефективність тренувань. Такі пристрої, як Lokomat, підтримують пацієнтів із парезом нижніх кінцівок під час ходьби та створюють оптимальне навантаження на м'язи [37].

Для відновлення рухів верхніх кінцівок використовують роботизовані системи для рук, що допомагають відновити здатність виконувати базові дії, зокрема захоплення предметів [19].

Віртуальна реабілітація дає можливість тренуватися в інтерактивному комп'ютерному середовищі. Віртуальні тренажери пропонують різноманітні вправи для відновлення моторики, підвищують мотивацію пацієнтів та роблять процес реабілітації більш ефективним і доступним [41].

1.4 Використання ортезів у відновленні функції верхньої кінцівки

У сучасній практиці протезування-ортезування розробка та застосування технічних засобів розглядається не просто як допоміжний захід, а як створення складної біотехнічної системи, спрямованої на компенсацію втраченого рухового дефіциту. З точки зору біомеханіки, ортез виконує роль зовнішнього опорного каркаса, який забезпечує стабілізацію та екзогенну підтримку сегментів кінцівки. На ранніх етапах патологічного стану, коли скелетні м'язи не здатні самотійно протистояти гравітаційному навантаженню, правильно спроектована конструкція забезпечує необхідну опору, запобігаючи мікротравматизації та передчасному виснаженню м'язових структур [26].

Важливим аспектом проектування є врахування профілактики незворотних структурних змін, оскільки утримання суглоба у біомеханічно вигідному положенні дозволяє уникнути вкорочення сухожильно-м'язового апарату та дегенерації суглобових капсул. Технічне рішення при виготовленні ортеза безпосередньо впливає на розширення функціональної незалежності пацієнта, створюючи умови для відновлення маніпулятивної здатності кисті або стабілізації локомоторного акту [50].

Через конструкційні особливості виробу реалізується механізм корекції м'язового тону: за рахунок постійного низькоінтенсивного розтягнення м'язів-згиначів ортез сприяє інгібуванню патологічної спастичності та зниженню больового синдрому [26].

В цілому, ефективність ортезування базується на жорсткій фіксації суглобів у фізіологічно правильних осях, що мінімізує ризик повторного травматизму, спричиненого порушеною пропріоцепцією та координацією [26, 50].

Процес вибору конкретної конструкції в протезно-ортопедичній галузі базується на індивідуальній оцінці форми парезу та антропометричних даних. Зокрема, при геміпарезах, що виникають внаслідок інсульту, інженерна задача полягає у створенні ортезів для променево-зап'ясткового, ліктьового чи плечового суглобів, які здатні запобігти підвивихам та забезпечити умови для самообслуговування [42].

За конструкційним виконанням та вибором матеріалів вироби диференціюють на м'які та функціональні. М'які (еластичні) ортези, виготовлені з текстильних та полімерних матеріалів, забезпечують легку підтримку та пропріоцептивний зворотний зв'язок, не обмежуючи при цьому залишкову рухливість [50].

Водночас функціональні або динамічні ортези являють собою складні пристрої з шарнірними механізмами, що дозволяють пацієнту виконувати активні цілеспрямовані рухи, жорстко контролюючи положення кінцівки у потрібній фазі [26].

Таким чином, ортезування є обґрунтованим технічним методом, що дозволяє реалізувати біомеханічну корекцію та створити необхідну базу для подальшого відновлення функцій організму.

Ураження верхньої кінцівки внаслідок гострого порушення мозкового кровообігу (ГПМК) та інших важких неврологічних патологій призводить до глибокої інвалідизації пацієнта, критично знижуючи його здатність до самообслуговування та соціальної інтеграції.

Відновлення маніпулятивної функції кисті та загальної рухливості руки є одним із найскладніших, але водночас пріоритетних завдань сучасної нейрореабілітації. У цьому контексті індивідуальне ортезування розглядається як невід'ємний біомеханічний інструмент. Застосування спеціалізованих технічних пристроїв (ортезів), які конструюються для забезпечення стабілізації, екзогенної підтримки або функціонального заміщення уражених структур, є необхідною умовою для запобігання вторинним ускладненням. Як підтверджують сучасні клінічні дослідження, своєчасна інтеграція індивідуальних ортезних систем у комплексні програми реабілітації достовірно підвищує їхню загальну ефективність та прискорює моторне перенавчання [66].

Отже страждає провідність рухових імпульсів, що призводить до вираженого моторного дефіциту від часткового послаблення м'язової сили та

зниження амплітуди рухів (парезу) до повної втрати здатності виконувати довільні рухи (плегії).

У міру перебігу захворювання первинний млявий парез часто трансформується у патологічне підвищення м'язового тону. Цей стан формує типову згинальну установку кисті та передпліччя, що суттєво обмежує залишкову рухливість кінцівки. Постійний дисбаланс між напруженими м'язами-згиначами та розтягнутими розгиначами стає головною причиною обмеження рухів у ліктьовому, променево-зап'ястковому суглобах та дрібних суглобах пальців кисті. Через глибоке зниження тону м'язів, що утворюють ротаторну манжету виникає високий ризик підвивиху головки плечової кістки та провокує розвиток вираженого больового синдрому, який додатково пригнічує рухову активність пацієнта та вимагає обов'язкового зовнішнього ортезного контролю. Ці порушення значно знижують функціональні можливості кінцівки, обмежують самостійність пацієнта та погіршують якість життя [64].

Класифікація технічних засобів у сучасному протезуванні та ортезуванні базується на функціональному призначенні та біомеханічному впливі виробу на уражену кінцівку. Спираючись на клінічні потреби пацієнта, у практичній діяльності виділяють кілька ключових типів ортезних конструкцій [15].

Найбільш поширеними є статичні ортези які жорстко або напівжорстко фіксують суглоб у заданому фізіологічному положенні.

Динамічні ортези мають складнішу конструкцію, що дозволяє зберігати контрольовану амплітуду рухів. Завдяки еластичним елементам у конструкції або пружинним механізмам, такі вироби забезпечують постійне, але м'яке розтягування спастичних м'язів, що сприяє нормалізації тону та поступовому відновленню природних рухових патернів [25].

Окрему категорію становлять функціональні ортези, які проєктуються спеціально для полегшення щоденної активності пацієнта. Їхня конструкція орієнтована на компенсацію втраченого захоплення та утримання предметів,

що дозволяє пацієнту повернути навички самообслуговування та підвищити рівень побутової незалежності.

Для забезпечення безперервного терапевтичного впливу в нічний час застосовуються спеціалізовані позиційні шини. Вони забезпечують пролонговану фіксацію кінцівки у коригуючому положенні під час сну, що є необхідним для боротьби з ранковою ригідністю та запобігання прогресуванню стійких деформацій суглобів.

Найбільш технологічним напрямом сучасної галузі є роботизовані ортези та екзоскелетні системи. Ці інтелектуальні пристрої забезпечують активну допомогу при виконанні рухів, спираючись на зчитування сенсорних сигналів від м'язів або нервових закінчень пацієнта. Використання такої високотехнологічної підтримки є надзвичайно ефективним при виражених парезах, оскільки воно не просто механічно заміщує рух, а стимулює процеси нейропластичності головного мозку через створення стійкого біомеханічного зворотного зв'язку.

Для кращого розуміння спектра інженерних рішень, що застосовуються в сучасній протезно-ортопедичній практиці для відновлення верхньої кінцівки, доцільно розглянути кілька клінічно апробованих конструкцій різного типу дії. Окремо зупинимось на ефективності сучасних пристроїв.

Серед пристроїв динамічного типу особливої уваги заслуговує ортез SaeboFlex. Його біомеханічна дія спрямована на подолання одного з найскладніших наслідків спастичного парезу — неможливості розкриття кисті після захоплення предмета (оскільки тонус м'язів-згиначів значно переважає силу розгиначів). Конструкція цього ортеза оснащена індивідуально налаштованою системою еластичних тяг та пружин, які забезпечують пасивне розгинання пальців та їхнє повернення у фізіологічне вихідне положення. Це дозволяє пацієнту багаторазово тренувати навичку захоплення. Ефективність такого підходу переконливо доводиться клінічними даними: зокрема, дослідження Lannin NA та співавторів (2016) продемонструвало, що регулярне

використання цього пристрою протягом шести тижнів достовірно покращує активний моторний контроль рухів пальців [34].

Наступним етапом еволюції ортезних систем є інтеграція роботизованих технологій, яскравим представником яких є екзоскелетний апарат MyoPro (від розробника MuoTo Inc.). Це високотехнологічний ортез, керований міоелектричними сигналами. Пристрій функціонує за принципом зчитування залишкової електричної активності м'язів з поверхні шкіри. Навіть при глибокому парезі датчики вловлюють мінімальний намір пацієнта здійснити рух, після чого сервомотори забезпечують активну механічну допомогу для згинання чи розгинання в ліктьовому суглобі та кисті, як зазначено у дослідженні Pundik S та al. (2022) [51].

За даними Lee S et al. (2024) процес зміни ортеза протягом лікування враховує стан пацієнта. У перші два тижні після інсульту, коли м'язи зазвичай мляві, головною метою є захист руки. Для цього використовують нічні шини, що тримають кисть рівно, та спеціальні бандажі типу GivMohr Sling. Такий бандаж значно кращий за звичайну «косинку», оскільки він не просто підвішує руку, а правильно вправляє плече в суглоб, залишаючи при цьому лікоть і кисть вільними для рухів та вправ. Коли через кілька тижнів тонус м'язів зростає і з'являється спастичність, акцент зміщується на активну роботу. У цей період застосовують динамічні ортези, які допомагають пацієнту розтискати пальці та заново вчитися побутовим навичкам, перетворюючи ортез із засобу підтримки на інструмент активного відновлення [35].

З переходом у підгостру фазу, що триває від другого до дванадцятого тижня, клінічна картина часто змінюється наростанням спастичності та появою перших вольових рухів. Відповідно, вектор ортезування зміщується від пасивної підтримки до активної рухової стимуляції. На цьому етапі доцільним є застосування динамічних ортезів, таких як SaeboFlex, що допомагають пацієнту долати гіпертонус згиначів та механічно сприяють розкриттю кисті після захоплення. Паралельно призначаються спеціалізовані функціональні ортези, конструкція яких розроблена для підтримки

ерготерапевтичних вправ, що дозволяє пацієнту тренувати маніпулятивні навички та повертатися до базового самообслуговування [34].

Хронічна фаза відновлення, що розпочинається з третього місяця, вимагає інтенсифікації функціонального тренування для закріплення набутих нейропластичних змін.

У цей період найвищу ефективність демонструє застосування високотехнологічних роботизованих ортезів, керованих міоелектричними сигналами. Вони забезпечують активну механічну допомогу, дозволяючи пацієнту виконувати складні комплексні рухи навіть при глибокому залишковому парезу. Крім того, для щоденної побутової активності в хронічному періоді підбираються індивідуальні максимально полегшені підтримуючі ортези. Вони конструюються таким чином, щоб не обмежувати залишкову рухливість кінцівки, але гарантувати необхідну стабілізацію та комфорт під час тривалого використання [27, 37].

Максимальний клінічний ефект від ортезування досягається лише тоді, коли воно застосовується з іншими реабілітаційними заходами.

Сучасні протоколи відновлення передбачають тісне поєднання використання технічних засобів із цілеспрямованими терапевтичними вправами, ерготерапією, функціональною електростимуляцією про що свідчать результати дослідження Лі та співавторів (2022) [27, 35, 46].

Треба зазначити, що роботизовані ортези мають обмежене застосування через технічні помилки в конструкції або неправильне носіння, що може призвести до пошкодження м'яких тканин; коштовність та складнощі у обслуговуванні, бо потребують постійного професійного обслуговування та переналаштування фахівцем, що важко реалізувати в державних лікарнях через брак обладнання та кваліфікованих протезистів. Через це доступ до якісного персоналізованого та роботизованого ортезування наразі залишається обмеженим.

Висновки до розділу 1

На основі проведеного аналізу теоретичних та клінічних джерел можна зробити висновок, що ортезування є основою реабілітації пацієнтів із парезом внаслідок гострого порушення мозкового кровообігу, оскільки воно допомагає відновити функції руки та повернути пацієнта до самостійного життя.

У ході дослідження було детально вивчено механізми негативного впливу парезу на опорно-руховий апарат, а також визначено роль різних конструкцій ортезів у процесі функціонального відновлення кінцівок.

Ортез має ідеально відповідати анатомії людини, рівню її м'язової сили та стадії хвороби. Оскільки стан пацієнта постійно змінюється, конструкцію виробу потрібно регулярно коригувати. Важливо привчати організм до ортеза поступово, починаючи з кількох годин на день, та щодня перевіряти шкіру під ним, щоб уникнути подразнень. Найкращий результат досягається лише тоді, коли ортез використовують не сам по собі, а разом із вправами та роботою з ерготерапевтом. Це все створює необхідні умови для повернення пацієнтів до самостійного способу життя.

Таким чином, науково обґрунтоване застосування ортезних систем є не лише засобом компенсації рухових втрат, а й базовою умовою для суттєвого підвищення якості життя та соціальної адаптації таких пацієнтів.

РОЗДІЛ 2.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

2.1 Загальна характеристика хворих, які перенесли гостре порушення мозкового кровообігу та мають парез кисті.

На початковому етапі пацієнтам надавали повну інформацію про суть дослідження, передбачені процедури та можливі наслідки участі, проводили ознайомлення з правилами і нормами Гельсінської Декларації «Етичні принципи проведення медичних досліджень за участю людини». У разі згоди на участь, хворі підписували інформовану згоду (ф. 003-6/о) на лікування та включення в дослідження, а також давали дозвіл на збір, обробку та публікацію отриманих під час спостереження даних.

Загальними критеріями включення до дослідження були: підписання інформованої згоди на участь у дослідженні та діагноз (Гостре порушення мозкового кровообігу ускладнене парезом кисті), а критерієм виключення - небажання приймати участь у дослідженні або підписувати інформовану згоду.

В основу цієї роботи покладені результати клінічного спостереження за 15 хворими на гостре порушення мозкового кровообігу, які перебували на лікуванні у відділенні реабілітації Комунального Некомерційного підприємства "Миргородська лікарня інтенсивного лікування" Миргородської міської ради.

Розподіл хворих за віком та статтю наведений у табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Розподіл хворих за віком та статтю

Пацієнти	Кількість пацієнтів		Вік $M \pm S^{**}$
	абсолютне	відносне	
Чоловіки	7	46,67	62,14 $\pm$ 1,65
Жінки	8	53,33	63,35 $\pm$ 1,65
всього	15	100	62,73 $\pm$ 1,65

Примітка: * – Середнє значення; ** – середньквдратична похибка

Всім пацієнтам були виготовлені індивідуальні ортези для фіксації кисті та передпліччя.

Спостереження проводили через 7–10 днів, місяць, 3 місяці, 6 місяців.

Для об'єктивної оцінки відповідності ортезу потребам пацієнта використовується комплекс методів, які включають клінічне обстеження, суб'єктивну оцінку і функціональні тести.

Первинне функціональне обстеження пацієнта є першим і найважливішим кроком, що проводиться мультидисциплінарною командою, до якої входять фізичний та ерготерапевт та ортезист для виявлення зон можливого тиску або дискомфорту [3]

Обстеження проводиться згідно з наказом МОЗ України №1946 від 20.11.2024 [7].

Візуально перевіряли позицію кисті в ортезі, враховували індивідуальні анатомо-функціональні особливості [4, 23].

Гоніометричний метод – вимірювання амплітуди рухів за допомогою гоніометрів (кутомірів, оптичних головок), які мають градуйовану шкалу у градусах. Його використовують для діагностики патологій, планування лікування та моніторингу прогресу одужання.

Оцінюють згинання та розгинання: у вихідному положенні пацієнт сидить біля столу, передпліччя лежить на столі (пронація), кисть звисає з краю або знаходиться в нейтральному положенні. Вісь гоніометра: встановлюється на зовнішню сторону зап'ястка, в області шилоподібного відростка променевої кістки; стаціонарне плече розташовано паралельно поздовжній осі променевої кістки, а рухоме плече - паралельно поздовжній осі II п'ясткової кістки та вказівного пальця. Норми: згинання: $0^{\circ} - 80^{\circ}$, розгинання: $0^{\circ} - 70^{\circ}$.

Відведення (променева девіація) та приведення (ліктьова девіація). Вихідне положення: Передпліччя та долоня лежать плоско на столі (повна пронація). Вісь гоніометра проходить по тильній поверхні зап'ястка, над головчастою кісткою, стаціонарне плече розташоване по середній лінії передпліччя, а рухоме - по середній лінії III п'ясткової кістки (середнього

пальця). Норми: променеве відведення (0° – 20°), ліктьове приведення (0° – 30°) [12].

Проводили визначення м'язової сили за шкалою ММТ (Manual Muscle Testing) – ручне м'язове тестування, яка дозволяє визначити рівень ураження нервової або опорно-рухової системи за допомогою оцінки в балах від 0 до 5 [38], як наведено у табл 2.2.

Таблиця 2.2.

Визначення м'язової сили за шкалою ММТ

Бали	Обсяг рухів	Опір дослідника
5 балів (норма)	Повний, проти сили тяжіння	максимальний
4 бали (добре)	Повний, проти сили тяжіння	помірний
3 бали (задовільно)	Повний, проти сили тяжіння	Без опору
2 бали (погано)	повний обсяг рухів, без сили тяжіння	Без опору
1 бал (сліди скорочення)	Є напруга м'яза, руху в суглобі немає.	Без опору
0 балів (параліч)	М'язове скорочення відсутнє	Без опору

Оцінювали м'язовий тонус за шкалою MAS (Modified Ashworth Scale) - модифікована шкала Ашворта - це загальноприйнятий клінічний інструмент, який використовується для оцінки підвищеного м'язового тону при пасивних рухах у суглобах.

Пацієнт повинен перебувати у зручному положенні. Обстежувач виконує пасивне швидке згинання/розгинання кінцівки (приблизно за 1 секунду) у суглобі [13].

Оцінюється опір, який чинить м'яз у балах від 0 до 4, як наведено у табл 2.3.

Визначення м'язового тону за шкалою MAS

Бали	М'язевий тонус
0 - балів:	М'язовий тонус у нормі (спастичність відсутня).
1 бал:	Незначне підвищення м'язового тону, що виявляється у вигляді «спійманого» моменту (catch) та відпускання, або мінімального опору наприкінці діапазону руху (рух кінцівки завершено).
1+ бал	Незначне підвищення м'язового тону, що виявляється у вигляді «спійманого» моменту, після чого слідує мінімальний опір протягом усього решти (менше половини) діапазону руху.
2 бали	Більш виражене підвищення м'язового тону протягом більшої частини діапазону руху, але кінцівка легко згинається/розгинається.
3 бали	Значне підвищення м'язового тону, пасивні рухи виконуються важко.
4 бали	Кінцівка ригідна (нерухома) у згинанні або розгинанні

Суб'єктивна оцінка базується на відгуках самого пацієнта, який оцінює комфорт, динаміку болю, естетичне сприйняття та психологічне прийняття під час носіння ортезу.

За допомогою VAS (лінія 10 см від «болю немає» до «найгірший біль, який можна уявити») оцінюється динаміка болю без ортеза (у стані спокою та при русі) у ортезі під час виконання функціональних завдань. Інтерпретація отриманих результатів: пацієнт повинен поставити крапку там, де, як він відчуває, розташовується його біль на рис. 2.1.

Біль									
вкрай слабка	Слабка			помірна		дуже сильна		нестерпна	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Рисунок 2.1. Візуально ана логова шкала болю

За допомогою цього тесту ми визначали чи ортез розвантажує суглоб, не створює нові точки тиску. Пацієнти оцінювали виріб щодо комфорту та зручності, відповідали на три запитання (Чи не здається конструкція занадто масивною? Чи не виникає надмірного перегріву шкіри під матеріалом? Чи може пацієнт самостійно зафіксувати ортез ураженою або здоровою рукою?).

Окрім цього пацієнти оцінювали естетичне сприйняття та психологічне прийняття ортезу, а саме: наскільки ортез помітний під одягом і чи викликає він соціальний дискомфорт та наскільки очікування пацієнта від ортезування збігаються з реальним покращенням функцій за допомогою QUEST 2.0 (Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology) від 1 до 5 балів (5- дуже задоволений, 4- задоволений, 3- посередня оцінка, 2- незадоволений, 1 - зовсім незадоволений)[3]. Нижче наведено структуру оцінювання, розділену на дві ключові категорії: технічні характеристики виробу та якість супровідного сервісу у Табл. 2.4.

Таблиця 2.4.

Естетичне сприйняття та психологічне прийняття ортезу за допомогою QUEST 2.0

Оцінка ортеза	
Параметр оцінки	Що саме аналізує пацієнт
Розміри	Чи не заважає об'єм ортеза під одягом або під час рухів.
Вага	Наскільки легкою відчувається поліпропіленова конструкція.
Регулювання	Зручність системи ременів-липучок (Velcro).
Безпека	Відчуття надійної підтримки суглоба без ризику травматизації.
Міцність	Надійність матеріалу та відсутність деформацій при щоденному використанні.
Простота використання	Зрозумілість конструкції та легкість маніпуляцій.
Комфорт	Відсутність точок тиску, подразнень шкіри або перегріву під пластиком.
Ефективність	Суб'єктивне відчуття покращення функції кисті завдяки ортезу.
Оцінка професійного супровіду процесу ортезування	
Параметр оцінки	Значення для реабілітаційного процесу
Процес надання	Швидкість виготовлення ортеза після зняття зліпка.
Ремонт / Підгонка	Можливість корекції форми ортеза при зміні набряку чи тонусу.
Професіоналізм	Якість навчання пацієнта техніці самостійного одягання виробу.
Наступне спостереження	Регулярність контрольних оглядів та увага фахівця до скарг.

Показники по розділам розраховуються як середнє значення. За кожен параметр додається бали від 1 до 5, отримана сума ділиться на 8 (перший розділ), та на 4 (другий розділ), загальна оцінка вираховується аналогічно та ділиться на 12. При цьому бали від 4.0 до 5.0 свідчили про успішну інтеграцію ортеза в життя пацієнта, пацієнт відповідальний та носив виріб; бали від 2.5 до 3.9 - ортез потребує технічного доопрацювання; бали нижче 2.5 говорить про високий ризик відмови від реабілітаційного обладнання, потрібно замінити ортез.

Функціональні тести дозволяють об'єктивно оцінити покращення моторних навичок та функціональної незалежності пацієнта.

Action Research Arm Test (ARAT) - це тест імітує побутові дії, які ми робимо щодня (пиття зі склянки, перекладання предметів). Методика проведення: пацієнт сидить за столом, на якому розміщено предмети різного розміру (від кубиків 1 см до великих дерев'яних блоків 10 см, кульок та склянок) та має чотири блоки завдань, наведено у Табл. 2.5.

Таблиця 2.5.

Action Research Arm Test - Тест дослідження можливості дій руки

№	Функція		Дії
1	Grasp	захват	робота з великими кубами та блоками - оцінювали силу та надійність утримання
2	Grip	стискання	маніпуляції з циліндричними предметами та переливання води (стабільність зап'ястя)
3	Pinch	щипок	робота з дрібними кульками та штифтами - перевірка точності взаємодії вказівного та великого пальців
4	Gross Movement	грубі рухи	піднесення руки до голови/рота

Якщо пацієнт не міг пройти блок «Pinch», ортез кисті повинен мати спеціальну підтримку великого пальця (опозицію), щоб вивести його в робоче положення.

Fugl-Meyer Assessment (FMA-UE) – функціональна шкала мобільності - оцінювали як пацієнт виконує згинання ліктя, підняття плеча, розгортання

долоні від 0 до 2 балів. Під час виконання тесту оцінювали можливість рухати рукою окремо від тулуба, чи є згинання ліктя при згинанні пальців та визначали обсяг пасивних безболісних рухів.

Box and Block Test (BBT) – тест на витривалість та швидкість грубої моторики. Методика виконання: у ящику з перегородкою в одній частині знаходиться 150 кубиків (2.5 см) за 60 секунд потрібно перенести якомога більше кубиків по одному в іншу частину ящика у ортезі та без ортеза. Якщо з ортезом результат кращий, то конструкція вдала.

Nine-Hole Peg Test (NHPT) – мілка моторика. За 50–100 сек хворий повинен вставити штифти у дошку з 9 отворами а потім так само швидко їх вийняти. Якщо пацієнт «промахується» повз отвори в ортезі, значить, виріб заважає відчуттю положення пальців у просторі.

2.2. Технологічний процес виготовлення індивідуального ортезу

На основі зібраних мною даних клінічного обстеження було сформульовано реабілітаційну мету ортезування. У пацієнта спостерігається парез м'язів ураженої верхньої кінцівки, який проявляється переважним зниженням сили розгиначів у променево-зап'ястковому суглобі та пальцях. Відмічається м'язовий дисбаланс між згиначами та розгиначами, що призводить до порушення правильного положення кисті.

Активні рухи в суглобах обмежені, проте пасивні рухи збережені у достатньому обсязі. М'язовий тонус помірно підвищений, фіксовані контрактури відсутні. Функція захвату та виконання дрібних рухів кистю знижена, що ускладнює використання ураженої руки в повсякденній діяльності. Шкірні покриви перебувають у задовільному стані, протипоказів до застосування ортезу під час обстеження не виявлено.

З урахуванням результатів проведеного мною обстеження та наявних функціональних порушень, я дійшла висновку, що ортезування є доцільним у даному випадку.

Пацієнту рекомендували виготовлення індивідуального функціонального ортезу на кисть та променево-зап'ястковий суглоб для підтримки правильного фізіологічного положення кисті, сприяння розгинанню зап'ястя та пальців, зменшення проявів спастичності, покращення функції захвату та мілкої моторики, профілактики розвитку вторинних деформацій і контрактур, підвищення функціональної активності верхньої кінцівки.

Паралельно з призначенням ортеза рекомендувала комплекс фізичної реабілітації під контролем ерготерапевта. Корекцію ортеза проводили за потребою.

Отже, перед виготовленням ортезу для променево-зап'ясткового суглоба хворим з парезом кисті та передпліччя спочатку розробляли технологічну карту, яка включає наступні етапи:

- I. клінічні та вимірювальні роботи,
- II. створення негативу,
- III. створення позитиву,
- IV. обробка та розмітка позитиву,
- V. виготовлення ортезу,
- VI. складання апарату,
- VII. фінальне налаштування.

Розроблена технологічна карта наведена у Додатку Б.

2.3. Вибір матеріалу для виготовлення індивідуального ортезу на променево-зап'ястковий суглоб

Процес проектування індивідуального ортеза для променево-зап'ясткового суглоба вимагає критичного підходу до вибору конструкційного матеріалу. Від його фізико-механічних характеристик безпосередньо залежить стабільність фіксації, ергономічність, довговічність виробу та можливість адаптації конструкції під час експлуатації.

Основні вимоги до матеріалу для такого ортезу є: достатня жорсткість для надійної іммобілізації суглоба (обмеження флексії, екстензії, радіальної, ульнарної девіації), легкість виробу для попередження додаткового навантаження на верхню кінцівку, можливість термоформування для точного індивідуального моделювання за зліпком або 3D-сканом, біосумісність і гіпоалергенність, стійкість до вологи, поту та дезінфекції, а також прийнятну вартість і доступність у виробництві.

На сучасному етапі розвитку протезно-ортопедичної галузі для індивідуальних ортезів на променево- зап'ястний суглоб найчастіше використовують такі групи матеріалів як: термопластичні полімери низькотемпературного формування, високотемпературні термопласти (поліпропілен (PP), кополімер пропілену, (PETG)), та композитні матеріали - вуглецеве волокно (карбон) у комбінації з термопластичною матрицею.

Отже розглянемо всі варіанти:

Низькотемпературний термопластик має високу жорсткість, особливість те що виріб формується безпосередньо на пацієнті. Переваги: швидке виготовлення, можливість багаторазового переформування виробу відповідно до динаміки набряку та змін об'єму кінцівки.

3D-друковані полімери (PLA/TPU). Жорсткість матеріалу від середньої до дуже високої. Він не потребує нагріву (друк за цифровою моделлю). Висока індивідуальність на основі 3D-сканування кінцівки. Переваги: найкраща вентиляція (перфорована структура), легка вага, естетичний вигляд. Недоліки: потребує дорогого обладнання та часу на друк (від декількох годин).

Текстиль з металевими шинами. Жорсткість може бути середня або напівжорстка. Індивідуалізація низька адаптація лише за рахунок ременів-липучок та згинання шин. Переваги високий комфорт, можливість самостійного зняття, одягання, доступність. Недоліки не забезпечує повної іммобілізації; знос текстильних елементів.

Високотемпературний пластик (поліпропілен) має високу жорсткість. Температура для вакуумного формування 160-200 °C. Ортез виготовляється за

гіпсовим зліпком у майстерні. До переваг можна віднести міцність, довговічність та легкість, а до недоліків – виготовлення у майстерні та неможливість корекції «на місці».

Щодо неопрену, то він має низьку жорсткість, розміри стандартні (S, M, L, XL). Перевагами таких ортезів є низька ціна та термічний ефект, недоліками – мінімальна підтримка суглоба, ризик алергічних реакцій на неопрен.

Таким чином для виконання роботи було обрано поліпропілен товщиною 3–4 мм для виготовлення єдиного ортезу для променево-зап'ястного суглоба. Оскільки поліпропілен має найкраще поєднання механічних властивостей - високу міцність на вигин, достатню еластичність і малу масу - він є кращим для жорстких індивідуальних ортезів верхньої кінцівки. Позитивний результат вказує на те, що матеріал є чудовим кандидатом для вакуумного термоформування, що гарантує високий ступінь точності прилягання та незначний тиск на тканини. Тривале носіння вимагає хорошої хімічної стійкості до поту, мийних засобів та дезінфікуючих засобів. Можливість покращити комфорт у зонах підвищеного тиску шляхом включення м'яких внутрішніх вставок (силікон, PORON або піна EVA).

2.4. Біомеханічні аспекти конструкції ортезу

У перші тижні після гострого мозкового порушення кровообігу понад 80% пацієнтів відчують дисфункцію верхніх кінцівок, що робить її однією з основних причин постійної інвалідності в усьому світі.

Біомеханічні ортези є одними з найважливіших інструментів для відновлення функції верхніх кінцівок у цих ситуаціях. Біомеханіка променево-зап'ясткового суглоба у фізіологічному стані є важливим аспектом функціонування верхньої кінцівки.

Так як променево-зап'ястковий суглоб характеризується своєю складною анатомічною будовою та високою функціональною спроможністю. Цей суглоб

формується дистальним відділом променевої кістки, хрящовим диском дистального променево-ліктьового суглоба, а також проксимальним рядом кісток зап'ястя.

Завдяки своїй будові, суглоб забезпечує великий обсяг рухів в усіх площинах: згинання (варіюється в межах $70-90^\circ$), розгинання ($60-75^\circ$), відхилення у бік мізинця – сягає $30-40^\circ$, відхилення в напрямку великого пальця – до $15-20^\circ$.

Реалізація рухів у променево-зап'ястковому суглобі базується на скоординованій взаємодії м'язів-згиначів та розгиначів. Серед основних м'язових груп, що відповідають за виконання цих функцій, варто виділити:

- М'язи-згиначі: *m. flexor carpi radialis* (променевий згинач зап'ястка) та *m. flexor carpi ulnaris* (ліктьовий згинач зап'ястка).

- М'язи-розгиначі: *m. extensor carpi radialis longus/brevis* (довгий і короткий променеві розгиначі зап'ястка) та *m. extensor carpi ulnaris* (ліктьовий розгинач зап'ястка). Ця гармонійна взаємодія м'язів і анатомічних структур дозволяє забезпечити точність та ефективність рухової активності суглоба, що є критично важливим у щоденній діяльності людини. У здорової людини ці м'язи працюють у збалансованій взаємодії, що забезпечує точні, контрольовані рухи та ефективну стабілізацію зап'ястка під час будь-яких маніпуляцій з об'єктами [10, 11].

З біомеханічної точки зору в наслідок гострого порушення мозкового кровообігу часто спостерігається домінування тонусу м'язів-згиначів (спастичне згинання зап'ястка, надмірну тонічну активність м'язів *flexor carpi ulnaris* та *flexor carpi radialis*) спричиняє постійне згинальне положення. У той же час спостерігається обмеження або повна відсутність розгинання через слабкість або параліч м'язів-розгиначів, що значно ускладнюють виконання розгинальних рухів. Це все призводить до нестабільності променево-зап'ясткового суглоба під час спроби виконати захват.

Вимушена обмеженість рухів призводить до формування вторинних контрактур і деформацій кисті, а тривале перебування руки у патологічному

положенні призводить до укорочення м'язів та формування спайок, що значно обмежує рухи.

Ці зміни зумовлюють зміщення центру обертання суглоба, втрату природної стабілізації осі передпліччя та порушення відчуття положення тіла в просторі. Як наслідок, функціональний захват суттєво знижується [30].

Розробка та виготовлення індивідуальних ортезів базувалися на ретельному аналізі біомеханічних порушень кожного пацієнта.

Основним завданням проєктування була стабілізація променево-зап'ясткового суглоба у положенні легкого розгинання (у межах 20-25°). Таке позиціонування є стратегічно важливим, оскільки воно оптимізує співвідношення «довжина–напруження» у м'язах-згиначах, створюючи умови для ефективної активації м'язів-розгиначів та пригнічення патологічного гіпертонусу через пасивне розтягнення тканин.

З метою корекції типових постінсультних деформацій, конструкція ортеза забезпечує підтримку нейтрального положення передпліччя, що запобігає розвитку стійкої патологічної пронації. Крім того, жорстка фіксація дистальних сегментів сприяє рівномірному розподілу осьового навантаження, що є критичним для відновлення опорної функції руки та стабілізації кисті під час спроб виконання маніпулятивних рухів. При цьому важливою особливістю виробу є збереження мобільності пальців у допустимому обсязі, що дозволяє уникнути активації патологічних рухових синергій [59].

Ефективність ортеза безпосередньо залежить від його анатомічної відповідності та ергономіки, що реалізується через такі конструктивні рішення: завдяки акцентованій опорі на ділянки тенара та гіпотенара відтворюється природне положення кисті, необхідне для функціонального захвату забезпечується триопірна стабільність; анатомічне ложе передпліччя точно повторює контури кінцівки, що гарантує рівномірний розподіл тиску та виключає компресію судинно-нервових пучків; використання регульованих ременів дозволяє адаптувати виріб до коливань м'язового тону або зміни об'єму м'яких тканин під час реабілітації, застосування сучасних полімерів та

термопластів забезпечує легкість, міцність та необхідну гігієнічність конструкції [24].

Вибір між статичною та динамічною моделями ортеза визначався індивідуальним реабілітаційним прогнозом та рівнем залишкової м'язової активності пацієнта.

Статичні ортези застосовувалися переважно для жорсткої стабілізації та профілактики фіброзних контрактур. Натомість динамічні системи, оснащені елементами пружного опору (пружинами або еластичними тягами), впроваджувалися на етапах появи вольового контролю, та дозволяють виконувати тренувальні рухи з опором [67].

Застосування науково обґрунтованих конструкцій сприяє не лише механічній стабілізації ураженого сегмента, а й реалізації низки терапевтичних ефектів: фіксація зап'ястка у стані фізіологічного розгинання ($20\text{--}25^\circ$) створює умови для активації розгиначів та попередження спастичності згиначів; конструкція ортеза обмежує мимовільні супутні рухи, сприяючи відновленню ізольованої моторики пальців, а стабільне положення суглоба та рівномірний розподіл тиску на тканини покращують відчуття положення кінцівки у просторі.

Отже, індивідуальні ортези, розроблені з урахуванням вищезазначених біомеханічних аспектів, виступають не просто як допоміжні технічні засоби, а як невід'ємний інструментарій комплексної реабілітаційної програми. Вони забезпечують сталий функціональний прогрес, знижують ризик розвитку вторинних деформацій та суттєво підвищують потенціал соціальної адаптації пацієнта.

2.5. Обґрунтування та методологія індивідуального ортезування верхньої кінцівки після перенесеного гострого порушення мозкового кровообігу.

Пацієнти, які перенесли гостре порушення мозкового кровообігу, стикаються із тривалою дисфункцією верхніх кінцівок у вигляді м'язової

слабкості, патологічним підвищенням тону, порушенням координації та сенсорним дефіцитом [65].

Найбільш критичним аспектом є втрата функціональності кисті та зап'ястка, оскільки саме ці сегменти відповідають за складні маніпулятивні рухи. Відтак, відновлення моторики цієї ділянки є пріоритетним завданням реабілітаційного процесу. Ортезування виступає як ефективний інструмент фіксації кінцівки у функціонально вигідному положенні, що дозволяє оптимізувати взаємодію м'язів-антагоністів та запобігти формуванню деформацій. Проте ефективність втручання прямо залежить від ступеня адаптації конструкції до антропометричних та функціональних особливостей пацієнта: рівня спастичності, обсягу вольового контролю та індивідуальної анатомії [21].

Для досягнення терапевтичного результату ортез має відповідати трьом групам критеріїв: морфологічним, біомеханічним та функціональним.

Таким чином виріб, з одного боку, повинен повторювати анатомічні контури кінцівки, підтримуючи правильну вісь суглоба та виключаючи надмірний тиск на зони проходження судинно-нервових пучків (зокрема, серединного нерву), застосування 3D-сканування з точністю до ± 1 мм дозволяє мінімізувати ризик трофічних ускладнень; з другого - стабілізація зап'ястка у стані легкого розгинання ($20-25^\circ$) з незначною ульнарною девіацією забезпечує оптимальне співвідношення «довжина-напруження» м'язів, що сприяє пригніченню згинальної синергії та активації розгиначів; конструкція повинна дозволяти пацієнту виконувати вправи на самообслуговування та маніпуляції з адаптованими побутовими предметами [24].

2.6 Безпека у протезно-ортезному виробництві.

Безпека праці в протезно-ортезному виробництві є одним із аспектів у сфері, оскільки цей вид діяльності пов'язаний із використанням спеціалізованих матеріалів, обладнання та технологій, які можуть становити ризик для здоров'я працівників. Відповідно до нормативних документів

України та міжнародних стандартів, забезпечення безпеки на робочих місцях ґрунтується на наступних основних положеннях.

Організація робочих місць має відповідати принципам ергономіки, що дозволяє мінімізувати фізичне навантаження працівників і знизити рівень виробничого травматизму. Необхідно забезпечити належне освітлення, достатню вентиляцію приміщень, особливо в тих зонах, де застосовуються хімічні речовини (смоли, клеї), що можуть виділяти шкідливі випари.

Необхідно забезпечити належний захист працівників від дії шкідливих чинників, зокрема хімічного забруднення, підвищеного рівня пилу та шуму. З цією метою використовуються технічні засоби безпеки - локальні системи витяжної вентиляції, шумопоглинаючі установки, а також індивідуальні засоби захисту (респіратори, захисні окуляри й рукавички).

Згідно з установленими нормативами, працівники систематично проходять інструктажі з питань охорони праці, пожежної безпеки та техніки безпеки на робочих місцях. Регулярний медичний огляд персоналу сприяє своєчасному виявленню можливих відхилень у стані здоров'я та запобіганню розвитку професійних хвороб [1, 2, 5-7, 9].

Таким чином, забезпечення безпечних умов праці у протезно-ортезному виробництві є складним комплексом заходів, спрямованих на захист здоров'я працівників і підвищення якості виготовленої продукції, що є невід'ємною частиною сучасного технологічного процесу.

2.7. Методика математичної обробки результатів лікування хворих на гостре порушення мозкового кровообігу з парезом передпліччя та кисті

Статистичні методи допомагають побачити, як один показник (наприклад, використання ортеза) впливає на інший (швидкість відновлення рухів). Без статистичного аналізу неможливо об'єктивно стверджувати, що покращення стану пацієнта стало результатом саме обраної тактики лікування, а не випадковим збігом обставин [8].

У дослідженнях використовують мала ($n \leq 30$) вибірка. Кожна середня арифметична величина має інтервальну оцінку.

Середню арифметичну обчислювали за формулою:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.1)$$

де x_i – значення варіант; $\sum_{i=1}^n x_i$ – знак сумації варіант у межах від першого (x_1) до n -ої варіанти; n – число варіант (спостережень).

Середнє значення M і дисперсію D визначали за формулами

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (2.2)$$

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M)^2}{n - 1}}, \quad (2.3)$$

де x_i – значення показника для кожного хворого у відповідній групі;

$i = 1, 2, \dots, n$;

n – число обстежених у цій групі.

Стандартну середньоквадратичну помилку середнього S визначали за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{D}{n}}. \quad (2.4)$$

Висновок до Розділу 2

В цьому розділі було детально описано весь процес виготовлення індивідуального ортезу. Починаючи з обстеження пацієнта, ми визначали функціональні порушення та індивідуальні потреби. Описані всі етапи: зняття мірок, створення гіпсової моделі, вибір матеріалу, формування ортезу та його біомеханічні особливості. Завдяки цьому підходу ортез не лише стабілізує зап'ясток, а й підтримує активну участь пацієнта в реабілітації, що в цілому покращує його функціональну активність.

Таким чином, обґрунтований підхід до виготовлення та оцінки ортезу дозволяє забезпечити його максимальну ефективність та безпеку для пацієнта.

РОЗДІЛ 3

КЛІНІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОРТЕЗУ

3.1. Критерії оцінки ефективності ортеза кисті та передпліччя

Оцінка ефективності ортезу на променево-зап'ястковий суглоб у пацієнтів із парезом після перенесеного гострого порушення мозкового кровообігу є важливою складовою клінічної реабілітації, оскільки дозволяє визначити не лише доцільність його використання, але й реальний вплив на відновлення функції верхньої кінцівки. У даному дослідженні застосовувався комплексний підхід до оцінки, що включав клінічні, функціональні та суб'єктивні показники, дані наведені у табл. 3.1-3.3.

Таблиця 3.1.

Динаміка клінічних та функціональних показників

Критерій оцінки	Стать	Термін спостереження (місяці)				Загальний прогрес (%)
		До ортезування	1	3	6	
Біль (ВАШ, 0-10)	Ж	6.6±0.7	4.0±0.5	2.1±0.4	1.0±0.3	Зменшення інтенсивності болю на 85%
	Ч	6.2±0.9	4.2±0.7	2.5±0.6	1.4±0.5	Зменшення інтенсивності болю на 77%
Спастичність Шкала Ешворта (0-4)	Ж	3.1±0.4	2.7±0.3	2.0±0.3	1.6±0.2	Зменшення спастичності на 48%
	Ч	3.3±0.6	2.9±0.5	2.2±0.4	1.8±0.3	Зменшення спастичності на 45%
Активне розгинання гоніометрія (градуси)	Ж	6°±2°	16°±3°	30°±4°	38°±5°	Амплітуда +533%
	Ч	4°±3°	14°±4°	26°±5°	2°±6°	Амплітуда +700%
Сила м'язів (ММТ, 0-5)	Ж	1.7±0.3	2.3±0.2	3.0±0.3	3.7±0.4	+117%
	Ч	1.9±0.5	2.5±0.4	3.2±0.5	3.9±0.6	+105%

Ця таблиця відображає фізіологічні зміни протягом лікування. Головним висновком є те, що жінки виявилися більш чутливими до терапевтичного впливу ортеза на ранніх етапах, тоді як чоловіки продемонстрували вищий компенсаторний потенціал на пізніх.

Купірування болю (ВАШ): Жінки продемонстрували кращий результат зниження на 85% проти 77% у чоловіків через фізіологічно меншу м'язову масу, що дозволяє ортезу ефективніше розвантажувати суглобові структури та швидше знижувати патологічне напруження.

При оцінці спастичності за Ешворт покращення відбулось на 45–48 %. В не залежності від статі. Це доводить, що індивідуальний ортез із поліпропілену ефективно пригнічує гіпертонус, забезпечуючи стабільне пасивне розтягнення згиначів.

Однак чоловіки показали вражаючий відносний приріст у амплітуді рухів за результатами гоніометрії (з $4^{\circ} \pm 3^{\circ}$ до $32^{\circ} \pm 6^{\circ}$, що склало +700 %). Хоча їхній старт був гіршим до кінця 6-го місяця вони майже наздогнали жінок бо після подолання піку спастичності чоловіки швидше активували м'язи-розгиначі.

Що стосовно показника ММТ протягом трьох перших місяців лідирували жінки, проте до 6-го місяця чоловіки досягли вищого абсолютного показника (3.9 ± 0.6), що пов'язано з природними особливостями м'язової системи.

Результати тестів ARAT, BBT та NHPT дозволяють оцінити, як клінічні покращення переходять у побутові навички.

За показником ARAT показники в обох групах зростали синхронно. Це вказує на те, що індивідуальна конструкція ортеза однаково успішно виводить кисть у функціональне положення для обох статей, дозволяючи виконувати складні типи захватів.

При виконанні тесту Box and Block чоловіки виявилися швидшими і переносили в середньому на 3 кубики більше, ніж жінки. Швидкість

виконання у чоловічій групі зросла майже в 6 разів, що свідчить про кращу адаптацію до ваги кінцівки в ортезі при активному переміщенні.

Відновлення дрібної моторики за тестом NHPT підтверджує, що ортезування забезпечує стабільне відновлення координації незалежно від статі. Найскладніший тест на точність показав перевагу чоловіків за часовим показником (59 сек проти 65 сек у жінок). Проте динаміку показника була практично однаковою 66%, у жінок проти 67% у чоловіків. Ці дані зазначені у табл. 3.2

Таблиця 3.2.

Результати стандартизованих функціональних тестів

Тест	Стать	Термін спостереження міс			
		До ортезування	1	3	6
ARAT (бали)	Ж	11.8±2.8	18.9±3.2	31.5±3.9	43.5±4.5
	Ч	12.8±3.4	19.9±3.8	33.7±4.5	44.7±5.2
Box and Block (куб/хв)	Ж	3.8±1.5	7.9±1.8	15.2±2.8	23.5±3.6
	Ч	4.6±2.1	9.1±2.4	17.6±3.6	26.1±4.6
NHPT (секунди)	Ж	190±20	145±15	98±12	65/pm10
	Ч	180±28	139±21	90±18	59/pm14

Стосовно суб'єктивної оцінки та експлуатаційних характеристик (QUEST 2.0) дані наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Суб'єктивна оцінка та експлуатаційні характеристики (QUEST 2.0)

Параметр оцінки (бали 1-5)	Стать	7–10 днів	1 місяць	3 місяці	6 місяців
1	2	3	4	5	6
Оцінка ортеза					
Розміри (естетичність)	Ж	4.1±0.3	4.4±0.2	4.7±0.2	4.8±0.1
	Ч	3.9±0.4	4.1±0.3	4.3±0.3	4.5±0.3

Продовження Табл. 3.3.					
1	2	3	4	5	6
Вага (легкість)	Ж	4.3±0.3	4.4±0.2	4.5±0.2	4.6±0.2
	Ч	4.1±0.5	4.2±0.4	4.4±0.3	4.5±0.2
Регулювання (Velcro)	Ж	2.9±0.5	3.7±0.4	4.3±0.3	4.6±0.2
	Ч	3.1±0.6	3.9±0.5	4.4±0.4	4.8±0.3
Безпека (підтримка)	Ж	4.4±0.3	4.5±0.2	4.7±0.2	4.8±0.1
	Ч	4.6±0.4	4.7±0.3	4.9±0.1	5.0±0.0
Міцність матеріалу	Ж	4.5±0.2	4.6±0.2	4.7±0.1	4.8±0.1
	Ч	4.7±0.3	4.8±0.2	4.9±0.1	5.0±0.0
Простота використання	Ж	2.8±0.6	3.5±0.5	4.2±0.4	4.6±0.3
	Ч	3.0±0.7	3.8±0.6	4.5±0.5	4.8±0.4
Комфорт (контакт)	Ж	3.9±0.4	4.3±0.3	4.7±0.2	4.9±0.1
	Ч	3.7±0.6	4.1±0.5	4.5±0.4	4.7±0.3
Ефективність (користь)	Ж	3.5±0.6	4.0±0.5	4.6±0.3	4.8±0.2
	Ч	3.6±0.7	4.1±0.6	4.7±0.4	4.9±0.1
Оцінка професійного супровіду процесу ортезування					
Процес надання	Ж	4.6±0.3	4.7±0.2	4.7±0.2	4.8±0.1
	Ч	4.5±0.4	4.6±0.3	4.7±0.3	4.7±0.2
Ремонт / Підгонка	Ж	4.2±0.5	4.4±0.4	4.6±0.3	4.8±0.2
	Ч	4.0±0.6	4.3±0.5	4.5±0.4	4.7±0.3
Професіоналізм навчання	Ж	4.7±0.3	4.8±0.2	4.8±0.2	4.9±0.1
	Ч	4.8±0.2	4.9±0.1	4.9±0.1	5.0±0.0
Наступне спостереження	Ж	4.5±0.4	4.6±0.3	4.7±0.2	4.8±0.1
	Ч	4.4±0.5	4.5±0.4	4.6±0.3	4.8±0.2

Оцінка ефективності застосування ортеза на променево-зап'ястковий суглоб у пацієнтів із постінсультним парезом є невід'ємною складовою

реабілітації, оскільки вона дозволяє верифікувати доцільність обраної методики та виміряти реальний прогрес у відновленні функцій кінцівки.

Протягом цього дослідження було впроваджено комплексний підхід, що базується на поєднанні об'єктивних клінічних вимірювань, функціональних тестів та аналізу суб'єктивного сприйняття пацієнтом технічного засобу.

Клінічна результативність ортезування передусім проявляється через суттєве зниження інтенсивності больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою, де очікуваним результатом є полегшення стану на третину або половину від початкового рівня. Паралельно з цим фіксація кінцівки сприяє регресу набряків і запальних процесів, а також забезпечує антиспастичний ефект, що підтверджується позитивною динамікою за модифікованою шкалою Ешворта у вигляді зменшення тонуусу на один-два бали. Важливою прогностичною ознакою є також успішна профілактика вторинних деформацій та контрактур, що свідчить про стабілізацію сегмента у функціонально сприятливому положенні.

Рухова активність пацієнта трансформується завдяки зростанню амплітуди активних рухів, що фіксується гоніометрично, та підвищенню м'язової сили за шкалою MMT від мінімальних скорочень до здатності долати силу тяжіння. Це створює підґрунтя для відновлення функціонального захвату та здатності до маніпулювання предметами, що об'єктивується через покращення балів у стандартизованих системах оцінювання, таких як Fugl-Meyer, ARAT, Box and Block та Nine Hole Peg Test. Біомеханічна спроможність ортеза при цьому гарантує стабільність суглоба без патологічної рухливості, витримуючи фізіологічний кут тильного згинання у межах 20–35° та забезпечуючи рівномірний розподіл тиску на м'які тканини, що робить кінематику рухів більш плавною та контрольованою.

Експлуатаційна якість та практичність виробу визначаються через легкість самостійного одягання, відповідність анатомічним контурам без ризику виникнення пролежнів та можливість інтеграції ортеза у повсякденну

активність. Суб'єктивне прийняття пристрою, яке оцінюється за допомогою опитувальника QUEST 2.0, відображає рівень психологічного комфорту, відчуття безпеки та загальну задоволеність пацієнта результатом, що безпосередньо впливає на якість його життя. Процес моніторингу за цими критеріями має чітку часову структуру: перші десять днів присвячені адаптації та перевірці надійності, перший місяць демонструє первинне зниження болю та розширення амплітуди рухів, третій місяць характеризується появою стійкого функціонального захвату, а піврічний термін підтверджує повну інтеграцію ортеза в побут та стабільність досягнутих функціональних результатів.

Проведений комплексний моніторинг стану 15 пацієнтів (8 жінок та 7 чоловіків) протягом 6 місяців дозволив об'єктивувати динаміку відновлення функцій верхньої кінцівки. Аналіз результатів за кожним з показників демонструє стійку позитивну кореляцію між використанням біомеханічно обґрунтованого ортеза та функціональним прогресом.

3.2. Динаміка відновлення функцій зап'ястя та кисті на прикладі пацієнта 60 років, який переніс гостре порушення мозкового кровообігу.

Внаслідок порушення гострого мозкового кровообігу сформувався правобічний парез верхньої кінцівки з переважним ураженням кисті.

До ортезування відзначалися значні обмеження активних рухів у зап'ясті, підвищений м'язовий тонус і різке зниження сили захвату. Було прийнято рішення мультидисциплінарною командою щодо виготовлення індивідуального статичного ортеза з переходом у динамічний на 3-му місяці. Зміна показників у динаміці наведено у Табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Динаміки клінічних показників пацієнта 60 років, який переніс гостре порушення мозкового кровообігу

Шкала Показник	Термін спостереження, міс				Динаміка (%)
	До ортезування	1	3	6	
зміни фізіологічного стану м'яких тканин та нейром'язового контролю					
ВАШ (біль, 0–10)	7.0	4.5	2.5	1.0	-85%
Шкала Ешворта (спастика, 0–4)	3.5	3.0	2.0	1.5	-57%
Гоніометрія (активне розгинання)	0°	12°	25°	35°	+3500%*
ММТ (м'язова сила, 0–5)	1.5	2.5	3.5	4.0	+166%
Результати функціонального тестування					
Fugl-Meyer (FMA-UE)	15 балів	22 бали	38 балів	50 балів	Значне покращення моторного контролю.
ARAT (захват)	8 балів	16 балів	30 балів	45 балів	Перехід до виконання щипкового захвату.
Box and Block (куб/хв)	2 шт	7 шт	15 шт	26 шт	Відновлення швидкості переміщення об'єктів.
Nine Hole Peg Test (сек)	210 сек	150 сек	95 сек	60 сек	Повернення координації дрібної моторики.
Суб'єктивної оцінки за QUEST 2.0 - Оцінка пацієнтом зручності та психологічного прийняття ортеза. Бали від 1-5.					
Субшкала «Ортез»					
Розміри (компактність під одягом)			3.8	4.2	4.5 4.8
Вага (легкість конструкції)			4.2	4.3	4.5 4.7
Регулювання (фіксація ременів)			3.0	3.8	4.4 4.7
Безпека (надійність підтримки)			4.5	4.6	4.8 5.0
Міцність (стійкість матеріалу)			4.8	4.8	4.9 5.0
Простота використання			2.5	3.5	4.2 4.6
Комфорт (відсутність точок тиску)			3.5	4.0	4.6 4.9
Ефективність (допомога в рухах)			3.0	4.0	4.7 4.9
Субшкала «Сервіс»					
Процес надання (швидкість)			4.5	4.5	4.7 4.8
Ремонт / Підгонка			4.0	4.2	4.5 4.8
Професіоналізм фахівця			4.8	4.8	4.9 5.0
Наступне спостереження			4.5	4.6	4.7 4.8

*Величезний відсоток зумовлений переходом від повної відсутності руху до функціонально значущої амплітуди.

При проведенні аналізу отриманих даних пацієнта 60 років треба зазначити, що на початковому етапі на 7-10 день найнижчі оцінки пацієнт виставив за параметри «Простота використання» (2.5) та «Регулювання» (3.0). Це типова ситуація для пацієнта 60 років після інсульту, коли когнітивні зусилля та обмежена моторика здорової руки роблять процес одягання ортеза складним викликом. Показник «Комфорт» (3.5) також був помірним через незвичне відчуття жорсткого пластику на шкірі. Проте висока оцінка «Безпеки» (4.5) та «Професіоналізму» (4.8) свідчить про довіру до фахівця, що стала фундаментом для продовження реабілітації.

Протягом першого місяця спостерігали стрибок у балах за «Ефективність» (з 3.0 до 4.0). Пацієнт почав помічати, що стабілізоване зап'ястя дозволяє йому краще контролювати пальці. Оцінка «Простоти» зросла до 3.5, що вказує на успішне навчання та вироблення алгоритму самостійного одягання.

На момент трьох місяців більшість технічних параметрів перетнули відмітку 4.5. Пацієнт відзначав високу задоволеність «Комфортом» (4.6), що підтверджує якість індивідуального моделювання. Високий бал за «Ремонт / Підгонку» (4.5) відображає вчасну корекцію виробу фахівцем у відповідь на зменшення спастичності.

У строк шість місяців параметри «Безпека», «Міцність» та «Професіоналізм» досягли максимуму (5.0). Пацієнт повністю інтегрував ортез у свій побут. Підсумковий бал за субшкалою «Ортез» склав 4.76, а за субшкалою «Сервіс» — 4.85.

Отже аналіз пацієнта 60 років за всіма параметрами QUEST 2.0 доводить, що індивідуальне ортезування забезпечує не лише біомеханічну корекцію, а й високу психологічну стабільність. Найважливішим є те, що початкові низькі бали за складність використання не призвели до відмови від виробу завдяки високому рівню сервісної підтримки та професіоналізму протезиста-ортезиста, що є критичним для пацієнтів старшої вікової групи.

3.3. Перспективи подальших досліджень

Незважаючи на досягнуті результати, питання ефективності ортезування у пацієнтів з ураженням променево-зап'ясткового суглоба залишаються актуальними. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на кілька ключових напрямів.

По-перше, варто проводити більш масштабні клінічні випробування з великою кількістю пацієнтів, щоб отримати статистично значущі дані щодо порівняння стандартних і індивідуальних ортезів.

По-друге, перспективним є використання сучасних технологій 3D-друку та цифрового моделювання для виготовлення індивідуальних ортезів. Дослідження у цьому напрямку дозволять оцінити, наскільки такі методи підвищують комфорт, ефективність і функціональні результати порівняно з традиційними матеріалами та методами.

По-третє, доцільно вивчати довгостроковий вплив ортезів на відновлення рухових функцій кисті, розвиток спастичності та профілактику вторинних деформацій. Особливо важливо оцінювати ефект у пацієнтів різних вікових груп і з різними типами ураження.

Крім того, цікавим напрямом є інтеграція ортезів із сучасними методами нейрореабілітації, зокрема роботизованими системами та сенсорними тренажерами, що може сприяти більш швидкому відновленню функції руки та підвищенню рівня незалежності пацієнта у побуті.

Отже, подальші дослідження у цій сфері дозволять не лише вдосконалити конструкції ортезів, але й підвищити ефективність реабілітації, що позитивно вплине на якість життя пацієнтів після гострого порушення мозкового кровообігу та інших уражень променево-зап'ясткового суглоба.

Висновки до розділу 3

Ефективність ортезу потрібно оцінювати комплексно, враховуючи клінічні, функціональні, біомеханічні, ергономічні та суб'єктивні показники. Такий підхід дозволяє зрозуміти, наскільки доцільно застосовувати індивідуальний ортез і яку роль він відіграє у відновленні функції променево-зап'ясткового суглоба та кисті у пацієнтів після інсульту.

Використання ортезу значно прискорює відновлення рухових функцій і покращує якість функцій кисті порівняно з відсутністю ортезу. Він допомагає зменшити ризик вторинних ускладнень і формує ефективні рухові стереотипи, що підтверджує його користь у нейрореабілітації.

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ ОРТЕЗА НА ЯКІСТЬ ЖИТТЯ.

Отримані результати проведеного дослідження дозволяють стверджувати, що індивідуальне ортезування займає центральне місце в системі комплексної реабілітації пацієнтів із парезами кисті після гострого порушення мозкового кровообігу. Отримані дані підтверджують, що використання персоналізованих ортезних систем із термопластичних матеріалів забезпечує не лише механічну підтримку, а й створює умови для нейропластичного відновлення функцій кінцівки.

Ключовим досягненням індивідуального ортезування є виражений антиспастичний та анальгезуючий ефекти. Завдяки точній відповідності анатомічним контурам і фіксації променево-зап'ясткового суглоба у функціонально вигідному положенні, спостерігається зниження м'язового тону за шкалою Ешворта в середньому на 47% протягом шести місяців. Це створює необхідний «терапевтичний фундамент» для подолання патологічних синергій. Одночасне зниження інтенсивності больового синдрому за шкалою ВАШ на 81–85% дозволяє пацієнтам значно раніше та активніше залучатися до кінезотерапії, що корелює зі зростанням м'язової сили за шкалою ММТ від стадії ледве помітних скорочень до здатності виконувати рухи проти сили тяжіння.

Аналіз маніпулятивної здатності за допомогою тестів ARAT та Nine Hole Peg Test виявив якісну зміну рухів. Якщо на початкових етапах уражена кінцівка виконувала лише пасивну роль, то під впливом ортезування до третього місяця спостерігався перехід до активних захватів. Найбільш значущим результатом стало відновлення дрібної моторики, що підтверджується скороченням часу виконання тесту зі штифтами майже втричі. Це доводить, що стабілізація проксимального відділу (зап'ястя) є обов'язковою умовою для розблокування дистальної рухливості (пальців).

Дослідження за опитувальником QUEST 2.0 показало, що успіх реабілітації безпосередньо залежить від суб'єктивного прийняття пристрою. Виявлено, що жінки демонструють швидшу психологічну адаптацію до ортеза, орієнтуючись на параметри комфорту та естетичності, що дозволяє їм раніше повертатися до соціальної активності. Чоловіки натомість вище оцінюють відчуття безпеки та міцності конструкції, що формує у них довіру до виробу як до надійного інструмента для фізичної праці. Критичним періодом для обох груп є перші 7–10 днів, коли складність самостійного одягання ортеза потребує інтенсивного професійного супроводу. Подолання цього етапу призводить до стійкого підвищення задоволеності виробом, що до кінця півріччя сягає максимальних значень (4.7–4.9 балів).

Підсумовуючи результати, можна стверджувати, що роль індивідуального ортеза є динамічною: на ранніх етапах він виконує превентивну та охоронну функції (запобігання контрактурам, зняття болю), а на пізніх — стає активним асистивним засобом, що розширює межі самообслуговування. Використання індивідуального зліпка та поліпропілену дозволяє мінімізувати вагу пристрою та забезпечити його гігієнічність, що є суттєвою перевагою порівняно з серійними ортезами. Таким чином, індивідуальне ортезування слід розглядати не як допоміжний, а як базовий елемент реабілітаційного маршруту пацієнта після інсульту, що дозволяє досягти стабільного функціонального результату та високого рівня комплаєнсу.

ВИСНОВКИ

У ході проведеного дослідження було досягнуто поставленої мети — проєктування, створення та доведення дієвості індивідуального ортеза для променево-зап'ясткового суглоба у пацієнтів із постінсультним парезом. Результати роботи дозволяють сформулювати наступні положення відповідно до завдань:

1. За результатами аналізу актуальних методів реабілітації встановлено, що сучасні підходи до ортезування часто базуються на використанні серійних виробів, які не враховують складну патологічну установку кисті при спастичності. Визначено, що найбільш перспективним напрямком є перехід від стандартизованих фіксаторів до персоналізованих конструкцій, які дозволяють поєднати жорстку стабілізацію суглоба з високою ергономічністю.

2. Шляхом вивчення індивідуальних аспектів застосування ортезів доведено, що ефективність реабілітації прямо залежить від врахування анатомічних особливостей (об'єму передпліччя, наявності набряків) та ступеня спастичності. Встановлено, що фіксація суглоба саме під кутом $20-25^{\circ}$ тильного розгинання є оптимальною для створення базису, необхідного для відновлення маніпулятивної функції пальців у пацієнтів із різним ступенем парезу.

3. Розроблено та впроваджено технологічний процес виготовлення персоналізованого ортеза з поліпропілену товщиною 3–4 мм за індивідуальним гіпсовим зліпком. Дана технологія забезпечує точне прилягання виробу, рівномірний розподіл тиску на м'які тканини та можливість термічної корекції конструкції залежно від динаміки стану пацієнта (зменшення набряку чи зміна м'язового тону).

4. Визначено високу ефективність використання індивідуального ортеза щодо покращення рухових функцій. Доведено, що стабільна фіксація призводить до зниження м'язової спастичності за шкалою Ешворта (в середньому на 1.5 бали) та купірування больового синдрому за ВАШ на 81–

85%. Це дозволило збільшити м'язову силу розгиначів та покращити результати функціональних тестів (ARAT, Box and Block) у досліджуваної групи, що було б неможливим без надійної проксимальної стабілізації.

5. Досліджено позитивний вплив ортезування на якість життя пацієнтів. За допомогою опитувальника QUEST 2.0 зафіксовано високий рівень задоволеності (4.7–4.9 балів із 5). Встановлено, що індивідуальний ортез значно підвищує здатність до самообслуговування (прийом їжі, гігієна), сприяє психологічному прийняттю технічного засобу та прискорює повернення пацієнтів до звичної повсякденної діяльності завдяки ергономічності та естетичності конструкції.

6. Сформульовано практичні рекомендації щодо впровадження індивідуальних ортезів у клінічну практику. Рекомендовано починати ортезування у ранній термін після ГПМК, використовувати лише персоналізовані зліпки для виготовлення та забезпечувати професійний супровід пацієнта в період адаптації (перші 10 днів), що є критичним для формування комплаєнсу та досягнення максимального реабілітаційного ефекту.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Впровадження індивідуальне ортезування на ранньому етапі реабілітації (перші 2–4 тижні після ГПМК), як тільки пацієнт стабілізується соматично дозволяє запобігти формуванню стійких згинальних контрактур та мінімізувати розвиток вторинного больового синдрому. На спастичному етапі необхідно застосовувати статичний ортез для нічного та денного позиціонування, а при появі активних рухів (3-й місяць) розглядати можливість переходу на функціональні або динамічні конструкції.

2. При виготовленні індивідуального ортеза слід фіксувати променево-зап'ястковий суглоб у положенні тильного розгинання під кутом 20-25°. Саме такий кут забезпечує оптимальне натягнення м'язів-згиначів для зниження їхнього тону та створює найкращі умови для реалізації захвату пальцями. В разі вираженого набряку кисті необхідно передбачити використання м'яких підкладок (EVA або Poron) у зоні шилоподібних відростків та п'ясткових кісток для запобігання пролежням.

3. Поліпропілен товщиною 3–4 мм або низькотемпературні термопластики поєднують необхідну жорсткість для утримання спастичної кінцівки з малою вагою. Виготовлення має проводитися виключно за індивідуальним гіпсовим зліпком або шляхом 3D-сканування для попередження нерівномірного розподілу тиску та, як наслідок, відмови пацієнта від носіння пристрою.

4. Протезист-ортезист має навчити пацієнта (або особу, що доглядає) техніці самостійного одягання ортеза однією рукою. Низькі бали за шкалою QUEST у цей період є нормою, але потребують консультативного супроводу для запобігання зневірі у власних силах пацієнта. Треба враховувати естетичний вигляду виробу: обробці країв, вибору кольору фіксаторів та мінімізації габаритів під одягом.

5. Оптимальний режим носіння ортеза – 6–8 годин на добу (інтервально) та під час нічного сну. Обов'язковим є зняття пристрою кожні 2–

3 години для проведення гігієнічного догляду та виконання вправ лікувальної фізкультури.

Необхідно проводити контрольні огляди в строки 1, 3 та 6 місяців та за потребою (больові відчуття, формування ранової поверхні, пошкодження конструкції) для перевірки відповідності ортеза формі кінцівки. При зниженні спастичності та набряку об'єм передпліччя може змінюватися, що потребує термічної корекції або заміни м'яких елементів кріплення.

6. Для об'єктивізації прогресу рекомендується використовувати тести: ARAT (для оцінки захвату), Ешворт (для тонусу) та QUEST 2.0 (для оцінки задоволеності). Це дозволяє вчасно коригувати програму реабілітації на основі кількісних даних, а не лише суб'єктивних відчуттів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вимоги ПМГ 2023: реабілітаційна допомога дорослим і дітям у стаціонарних умовах. Київ: Національна служба здоров'я України; 2023 р. (<https://contracting.nszu.gov.ua/kontraktuvannya/kontraktuvannya-2023/vimogi-pmg-2023>).
2. Державні будівельні норми (ДБН) В.2.2-10:2022 «Заклади охорони здоров'я. Основні положення» Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 26.12.2022 №278 Реєстраційний номер BN01:4259-9592-6621-5622, https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3508997870881604750.
3. Мультидисциплінарний підхід до лікування ішемічного інсульту: діагностика, інтенсивна терапія та рання реабілітація з елементами ортезування. огляд літератури. PCS [Internet]. 2025 Mar. 27 [cited 2026 May 4];2(1):371-83. Available from: <https://pcs.khmnu.edu.ua/index.php/pcs/article/view/470>.
4. Мухін В. М. Фізична реабілітація: підручник / В. М Мухін. – 3-тє вид.,переробл. та доповн. — К.: Олімп, л-ра, 2009. — 488 с: іл.І 978-966-870-13-8
5. Наказ МОЗ № 1976 (від 17.11.2023) «Заходи щодо захисту працівників від ризиків, пов'язаних з впливом хімічних речовин»
6. Наказ МОЗ України від 15.06.2023. № 1091 «Про затвердження Порядку організації надання медичної допомоги пацієнтам із гострим мозковим інсультом». Київ: Міністерство охорони здоров'я України; 2023 р. (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1118-23#Text>).
7. Наказ МОЗ України №1946 від 20.11.2024 «Перелік рекомендованих інструментів оцінювання функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я особи» (https://moz.gov.ua/storage/uploads/5f45ee2e-55c6-4de6-9b8d-c7f17147e4e3/dn_1946_20112024_dod.pdf)
8. Основи медичної статистики та проведення комп'ютерного статистичного аналізу даних статистичними програмами [Текст]: навч.-метод. посіб.: [у 4 ч.]/М.М. Корда, М.О. Кашуба. - Тернопіль: ТНМУ: Укрмедкнига, 2021. Ч.1:

- Порівняння середніх, дисперсійний аналіз. - 2021. - 119 с. : рис. - Бібліогр.: с. 119. - 300 прим. - ISBN 978-966-673-428-3
9. Постанова Кабінету Міністрів України № 321 від 05.04.2012 «Про забезпечення технічними та іншими засобами реабілітації», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/321-2012-%D0%BF#Text>
 10. Ahrens, J. [et al.] Cognitive -behavioral therapy for managing depressive and anxiety symptoms after stroke: a systematic review and meta-analysis // Topics in Stroke Rehabilitation. — 2022. — P. 1—16.
 11. Alexander J, Dawson J, Langhorne P. Dynamic hand orthoses for the recovery of hand and arm function in adults after stroke: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. Top Stroke Rehabil. 2022 Mar;29(2):114-124. doi: 10.1080/10749357.2021.1878669. Epub 2021 Jan 31. PMID: 33517868.
 12. Alexander, J., Dawson, J., Langhorne, P. Dynamic hand orthoses for the recovery of hand and arm function in adults after stroke: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials // Topics in Stroke Rehabilitation. — 2021. — P. 1—11.
 13. Arya KN, Pandian S, Puri V. Rehabilitation methods for reducing shoulder subluxation in post-stroke hemiparesis: a systematic review. Top Stroke Rehabil. 2018 Jan;25(1):68-81. doi: 10.1080/10749357.2017.1383712. Epub 2017 Oct 11. PMID: 29017429.
 14. Azar F. M., Canale S. T., Beaty J. H. Campbell's Operative Orthopaedics. 14th ed. Philadelphia: Elsevier Health Sciences, 2020. 4880 p.
 15. Barbosa, I.M., Alves, P.R., Silveira, Z.C. Upper limbs' assistive devices for stroke rehabilitation: a systematic review on design engineering solutions // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. — 2021. - Vol. 43, no. 5. 1007/s40430-021-02919-4.
 16. Baronio, G.A, [et al.] Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process // Applied Bionics and Biomechanics. – 2016. – P. 1–7.

- 17.Barrios-Muriel J, Romero-Sánchez F, Alonso-Sánchez FJ, Rodríguez Salgado D. Advances in Orthotic and Prosthetic Manufacturing: A Technology Review. *Materials* (Basel). 2020 Jan 9;13(2):295. doi: 10.3390/ma13020295. PMID: 31936429; PMCID: PMC7013385.
- 18.Beckwée D, Cuypers L, Lefebvre N, De Keersmaecker E, Scheys E, Van Hees W, Perkisas S, De Raedt S, Kerckhofs E, Bautmans I, Swinnen E. Skeletal Muscle Changes in the First Three Months of Stroke Recovery: A Systematic Review. *J Rehabil Med*. 2022 Oct 4;54:jrm00308. doi: 10.2340/jrm.v54.573. PMID: 35848335; PMCID: PMC9575591.
- 19.Cai J, Liu B, Song M, Wang Q and Zhou L (2025) Virtual reality-based rehabilitation experience of stroke survivors: a meta-synthesis of qualitative studies. *Front. Public Health* 13:1566813. doi: 10.3389/fpubh.2025.1566813
- 20.Chang SR, Hofland N, Chen Z, Tatsuoka C, Richards LG, Bruestle M, Kovelman H, Naft J. Myoelectric Arm Orthosis Assists Functional Activities: A 3-Month Home Use Outcome Report. *Arch Rehabil Res Clin Transl*. 2023 Jul 13;5(3):100279. doi: 10.1016/j.arrct.2023.100279. PMID: 37744198; PMCID: PMC10517359.
- 21.Chang, S. [et al.] Myoelectric Orthosis Assists Functional Activities in Individuals with Upper Limb Impairment Post-Stroke: 3-Month Home Outcomes // *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. — 2024. — Vol. 105, no. 4. — P. e31-e32.
- 22.Cichon N, Wlodarczyk L, Saluk-Bijak J, Bijak M, Redlicka J, Gorniak L, Miller E. Novel Advances to Post-Stroke Aphasia Pharmacology and Rehabilitation. *J Clin Med*. 2021 Aug 24;10(17):3778. doi: 10.3390/jcm10173778. PMID: 34501229; PMCID: PMC8432240.
- 23.Clark B, Whitall J, Kwakkel G, Mehrholz J, Ewings S, Burridge J. The effect of time spent in rehabilitation on activity limitation and impairment after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021 Oct 25;10(10):CD012612. doi: 10.1002/14651858.CD012612.pub2. PMID: 34695300; PMCID: PMC8545241.

24. Demeco A, Foresti R, Frizziero A, Daracchi N, Renzi F, Rovellini M, Salerno A, Martini C, Pelizzari L, Costantino C. The Upper Limb Orthosis in the Rehabilitation of Stroke Patients: The Role of 3D Printing. *Bioengineering* (Basel). 2023 Oct 27;10(11):1256. doi: 10.3390/bioengineering10111256. PMID: 38002380; PMCID: PMC10669460.
25. Dereshgi, Hamid & DEMİR, Dilan & Yilmaz, Sedanur & Abderrahmane, Aya & Abderrahmane, Belkis. (2023). Advancements in Active Dynamic Orthoses: A Comprehensive Review of Hand Muscle Rehabilitation Strategies Advancements in Active Dynamic Orthoses: A Comprehensive Review of Hand Muscle Rehabilitation Strategies. *Journal of Smart Systems Research*. 4. 10.58769/joinssr.1391623.
26. Doucet BM, Mettler JA. Pilot Study Combining Electrical Stimulation and a Dynamic Hand Orthosis for Functional Recovery in Chronic Stroke. *Am J Occup Ther*. 2018 Mar/Apr;72(2):7202345030p1-7202345030p6. doi: 10.5014/ajot.2018.025007. PMID: 29426393; PMCID: PMC5807404.
27. Eraifej J, Clark W, France B, Desando S, Moore D. Effectiveness of upper limb functional electrical stimulation after stroke for the improvement of activities of daily living and motor function: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2017 Feb 28;6(1):40. doi: 10.1186/s13643-017-0435-5. PMID: 28245858; PMCID: PMC5331643.
28. Gasser BW, Goldfarb M. Design and performance characterization of a hand orthosis prototype to aid activities of daily living in a post-stroke population. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2015; 2015:3877-80. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319240. PMID: 26737140.
29. GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Neurol*. 2021 Oct;20(10):795-820. doi: 10.1016/S1474-4422(21)00252-0. Epub 2021 Sep 3. PMID: 34487721; PMCID: PMC8443449.

30. Hayward KS, Bernhardt J. Aspiring to restore arm and hand function after stroke. *Lancet Neurol.* 2023 Jun;22(6):464-465. doi: 10.1016/S1474-4422(23)00150-3. PMID: 37210089
31. Homola, Alona & Tsiganenko, Alexander. (2023). Application of physical therapy methods for patients after stroke with spasticity in the early period. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal.* 136. 21-29. 10.32345/USMYJ.1(136).2023.21-29.
32. Key performance indicators. KPI 8. In: *Stroke Action Plan for Europe* [website]. Basel: European Stroke Organisation; 2023 (<https://actionplan.eso-stroke.org/kpi/kpi-8>).
33. Kuliński W, Pasięka A. Physical procedures in post-stroke patients. Clinical and social problems. *Wiad Lek.* 2021;74(12):3119-3125. PMID: 35058377.
34. Lannin NA, Cusick A, Hills C, Kinnear B, Vogel K, Matthews K, Bowring G. Upper limb motor training using a Saebo™ orthosis is feasible for increasing task-specific practice in hospital after stroke. *Aust Occup Ther J.* 2016 Dec;63(6):364-372. doi: 10.1111/1440-1630.12330. Epub 2016 Sep 19. PMID: 27646624.
35. Lee S, Im S, Kim IS, Kim JY. "Rhin sling," A Novel Type of Shoulder Sling in Post-Stroke Shoulder Subluxation: A Case Report. *Brain Neurorehabil.* 2024 Feb 19;17(1):e6. doi: 10.12786/bn.2024.17.e6. PMID: 38585025; PMCID: PMC10990842.
36. Li KP, Wu JJ, Zhou ZL, Xu DS, Zheng MX, Hua XY, Xu JG. Noninvasive Brain Stimulation for Neurorehabilitation in Post-Stroke Patients. *Brain Sci.* 2023 Mar 6;13(3):451. doi: 10.3390/brainsci13030451. PMID: 36979261; PMCID: PMC10046557.
37. Mahfouz, D. M., Shehata, O. M., Morgan, E. I., & Arrichiello, F. (2024). A Comprehensive Review of Control Challenges and Methods in End-Effector Upper-Limb Rehabilitation Robots. *Robotics*, 13(12), 181. <https://doi.org/10.3390/robotics13120181>
38. Manual Muscle Testing - <https://rehabprime.com/mmt/>

- 39.Mehrholtz J, Pohl M, Platz T, Kugler J, Elsner B. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Sep 3;9(9):CD006876. doi: 10.1002/14651858.CD006876.pub5. PMID: 30175845; PMCID: PMC6513114.
- 40.Miyara K, Matsumoto S, Uema T, Noma T, Ikeda K, Ohwatashi A, Kiyama R, Shimodozono M. Effect of whole body vibration on spasticity in hemiplegic legs of patients with stroke. *Top Stroke Rehabil*. 2018 Mar;25(2):90-95. doi: 10.1080/10749357.2017.1389055. Epub 2017 Oct 16. PMID: 29032720.
- 41.Morone G [et al.] "CICERONE" Italian Consensus Conference on Robotic in Neurorehabilitation. Systematic review of guidelines to identify recommendations for upper limb robotic rehabilitation after stroke. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2021 Apr;57(2):238-245. doi: 10.23736/S1973-9087.21.06625-9. Epub 2021 Jan 25. PMID: 33491943..
- 42.Motolese F, Lanzone J, Todisco A, Rossi M, Santoro F, Cruciani A, Capone F, Di Lazzaro V, Pilato F. The role of neurophysiological tools in the evaluation of ischemic stroke evolution: a narrative review. *Front Neurol*. 2023 Apr 27;14:1178408. doi: 10.3389/fneur.2023.1178408. PMID: 37181549; PMCID: PMC10172480.
- 43.Mugisha S, Job M, Zoppi M Computer-Mediated Therapies for Stroke Rehabilitation: A Systematic Review and Meta-Analysis *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 2022; 31
- 44.Nyati KK, Prasad KN. Role of cytokines and Toll-like receptors in the immunopathogenesis of Guillain-Barré syndrome. *Mediators Inflamm*. 2014;2014:758639. doi: 10.1155/2014/758639. Epub 2014 Sep 22. PMID: 25614713; PMCID: PMC4189947
- 45.Oh, S.-Y., Nam, Y-G. Effect of Robotic Assisted Rehabilitation Treatment Using R-BOT on Cognitive and Physical Function of Stroke Patients: A Retrospective Pilot Study // *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*. — 2024. — Vol. 19, no. 4. — P. 35—46.

- 46.Olana DD, Abessa TG, Lamba D, Triccas LT, Bonnechere B. Effect of virtual reality-based upper limb training on activity of daily living and quality of life among stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *J Neuroeng Rehabil*. 2025 Apr 24;22(1):92. doi: 10.1186/s12984-025-01603-1. PMID: 40269877; PMCID: PMC12020027.
- 47.Oud TAM, Lazzari E, Gijsbers HJH, Gobbo M, Nollet F, Brehm MA. Effectiveness of 3D-printed orthoses for traumatic and chronic hand conditions: A scoping review. *PLoS One*. 2021 Nov 18;16(11):e0260271. doi: 10.1371/journal.pone.0260271. PMID: 34793566; PMCID: PMC8601455.
- 48.Paolucci T, Agostini F, Mussomeli E, Cazzolla S, Conti M, Sarno F, Bernetti A, Paoloni M, Mangone M. A rehabilitative approach beyond the acute stroke event: a scoping review about functional recovery perspectives in the chronic hemiplegic patient. *Front Neurol*. 2023 Sep 15;14:1234205. doi: 10.3389/fneur.2023.1234205. PMID: 37789885; PMCID: PMC10542412.
- 49.Praschan, Nathan & Huffman, Jeffery & Stern, Theodore. (2025). *Psychiatric Aspects of Stroke Syndromes*. 10.1016/B978-0-443-11844-9.00081-3.
- 50.Pritchard K, Edelstein J, Zubrenic E, Tsao L, Pustina K, Berendsen M, Wafford E. Systematic review of orthoses for stroke-induced upper extremity deficits. *Top Stroke Rehabil*. 2019 Jul;26(5):389-398. doi: 10.1080/10749357.2019.1599172. Epub 2019 Apr 7. PMID: 30955481.
- 51.Pundik S, McCabe J, Skelly M, Salameh A, Naft J, Chen Z, Tatsuoka C, Fatone S. Myoelectric Arm Orthosis in Motor Learning-Based Therapy for Chronic Deficits After Stroke and Traumatic Brain Injury. *Front Neurol*. 2022 Feb 8;13:791144. doi: 10.3389/fneur.2022.791144. PMID: 35211080; PMCID: PMC8863049.
- 52.Raghavan P. Upper Limb Motor Impairment After Stroke. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2015 Nov;26(4):599-610. doi: 10.1016/j.pmr.2015.06.008. Epub 2015 Aug 25. PMID: 26522900; PMCID: PMC4844548.
- 53.Rocha CD, Carneiro I, Torres M, Oliveira HP, Solteiro Pires EJ, Silva MF. Post-stroke upper limb rehabilitation: clinical practices, compensatory movements,

- assessment, and trends. *Prog Biomed Eng (Bristol)*. 2025 Jul 23;7(4). doi: 10.1088/2516-1091/adeb1e. PMID: 40698522.
54. Rodrigues, P., [et al.] Virtual Reality-Based Telerehabilitation for Upper Limb Recovery Post-Stroke: A Systematic Review of Design Principles, Monitoring, Safety, and Engagement Strategies // *rXiv preprint arXiv:2501.06899*. — 2025.
 55. Routson RL, Kautz SA, Neptune RR. Modular organization across changing task demands in healthy and poststroke gait. *Physiol Rep*. 2014 Jun 24;2(6):e12055. doi: 10.14814/phy2.12055. PMID: 24963035; PMCID: PMC4208640.
 56. Safa B [et al.] Peripheral nerve repair throughout the body with processed nerve allografts: Results from a large multicenter study. *Microsurgery*. 2020 Jul;40(5):527-537. doi: 10.1002/micr.30574. Epub 2020 Feb 26. PMID: 32101338; PMCID: PMC7496926
 57. Shaik MA, Choo PY, Tan-Ho G, Lee JC, Ho AHY. Recovery needs and psychosocial rehabilitation trajectory of stroke survivors (PReTS): A qualitative systematic review of systematic reviews. *Clin Rehabil*. 2024 Feb;38(2):263-284. doi: 10.1177/02692155231207265. Epub 2023 Nov 7. PMID: 37933440.
 58. Silveira, Alisson & Abreu de Souza, Mauren & Fernandes, Beatriz & Nohama, Percy. (2018). From the past to the future of therapeutic orthoses for upper limbs rehabilitation. *Research on Biomedical Engineering*. 34. 368-380. 10.1590/2446-4740.170084.
 59. Susan B. O'Sullivan; Thomas J. Schmitz; George Fulk. *Physical Rehabilitation* / Susan B. O'Sullivan; Thomas J. Schmitz; George Fulk. - [S. l.] : F. A. Davis Company, 2019. - 1476 p. ISBN 0803661622, 9780803661622
 60. Synek SS, Lohman HL, Jewell VD. The Effectiveness of Upper Extremity Orthotic Interventions on Performance Skills and Performance of Occupations for Adults after Stroke: A Scoping Review. *Occup Ther Health Care*. 2024 Apr;38(2):236-253. doi: 10.1080/07380577.2024.2310801. Epub 2024 Feb 7. PMID: 38327118.
 61. Thomas SM, Delanni E, Christophe B, Connolly ES. Systematic review of novel technology-based interventions for ischemic stroke. *Neurol Sci*. 2021

- May;42(5):1705-1717. doi: 10.1007/s10072-021-05126-0. Epub 2021 Feb 18. PMID: 33604762.
62. Torriani-Pasin C, Demers M, Polese JC, Bishop L, Wade E, Hempel S, Winstein C. mHealth technologies used to capture walking and arm use behavior in adult stroke survivors: a scoping review beyond measurement properties. *Disabil Rehabil.* 2022 Oct;44(20):6094-6106. doi: 10.1080/09638288.2021.1953623. Epub 2021 Jul 23. PMID: 34297652.
 63. Tyson SF, Kent RM. The effect of upper limb orthotics after stroke: a systematic review. *NeuroRehabilitation.* 2011;28(1):29-36. doi: 10.3233/NRE-2011-0629. PMID: 21335675.
 64. Wang J, Ding M, Weng C, Cai H. Effect of robot-assisted training on cognitive function in post-stroke patients: a meta-analysis. *Front Neurol.* 2026 Mar 3;17:1725457. doi: 10.3389/fneur.2026.1725457. PMID: 41853180; PMCID: PMC12992045.
 65. Wang S, Yang K, Zhu D, Rao R. Improvement of upper limb function in post-stroke patients with motion feedback training-based combination therapy: a retrospective analysis of muscle activation and recovery dynamics. *Am J Transl Res.* 2024 Dec 15;16(12):7618-7632. doi: 10.62347/FEPF6356. PMID: 39822549; PMCID: PMC11733395.
 66. Xie YL, Yang YX, Jiang H, Duan XY, Gu LJ, Qing W, Zhang B, Wang YX. Brain-machine interface-based training for improving upper extremity function after stroke: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Neurosci.* 2022 Aug 3;16:949575. doi: 10.3389/fnins.2022.949575. PMID: 35992923; PMCID: PMC9381818.
 67. Xu L, Zhang J, Liu Q, Cao Y, Aizezi N, Tian J, Wu C, Fang L, Chen L, Zhang Y, Pang X, Lin Y, Wang J, Wang H. Effects of a wearable hand orthosis on upper and lower limb motor recovery in stroke patients: a randomized controlled trial. *Front Bioeng Biotechnol.* 2025 May 30;13:1600706. doi: 10.3389/fbioe.2025.1600706. PMID: 40521091; PMCID: PMC12162502.

ДОДАТКИ**ДОДАТОК А. МАКЕТ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

(Спеціальність 224.02 «Протезування ортезування»)

Тема: «Роль індивідуального ортезування в комплексній реабілітації пацієнтів з парезом кисті після гострого порушення мозкового кровообігу».

Метою дослідження є проектування, створення та оцінка дієвості індивідуального ортезу для променево-зап'ясткового суглоба у пацієнтів, які перенесли порушення мозкового кровообігу і мають парез, з урахуванням їхніх індивідуальних анатомічних та функціональних характеристик. Оцінка Ефективність розробленого ортезу оцінювали шляхом аналізу його впливу на відновлення рухової здатності, зменшення спастичності та покращення загальної якості життя пацієнтів.

Об'єктом дослідження є процес реабілітації пацієнтів, які перенесли порушення мозкового кровообігу, з особливим акцентом на застосуванні ортезування для відновлення функціональних можливостей променево-зап'ясткового суглоба у хворих із парезом.

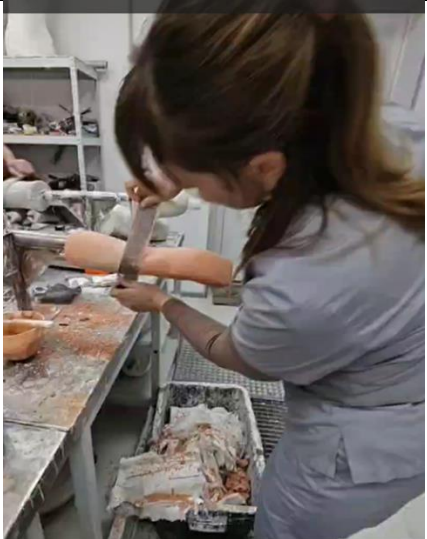
Предметом дослідження є індивідуально виготовлений ортез для променево-зап'ясткового суглоба, розроблений для пацієнтів з парезом, що виникла внаслідок порушення мозкового кровообігу, а також його вплив на відновлення рухових функцій, зниження спастичності та підвищення якості життя цих пацієнтів.

ДОДАТОК Б. ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТКА ВИГОТОВЛЕННЯ ОРТЕЗУ НА КИСТЬ ТА ПЕРЕДПЛІЧЧЯ

Етап	Опис виконання	Ілюстрація
1. Визначення функціонального положення	Розгинання зап'ястя 20–30°. Великий палець у легкій абдукції та опозиції. II–V пальці - у нейтральному положенні з легким згинанням у міжфалангових суглобах.	
2. Антропометричні вимірювання	Довжина кисті (А) - від зап'ястка до ПФС II–V пальців. Довжина передпліччя (В) - від шилоподібного відростка ліктьової кістки до внутрішнього надвіростка плечової кістки (Рис. 2.2)	
3. Периметри сегментів	Р1 - дистальне склепіння кисті; Р2 - проксимальне склепіння кисті; Р3 - верхня третина передпліччя; РП1 - середина дистальної фаланги I пальця; РП2 - середина проксимальної фаланги I пальця (Рис. 2.3).	
4. Підготовка кінцівки	Обгортання поліетиленовою плівкою. Позначення зон розвантаження (голівка ліктьової кістки). Нанесення контрольних ліній (Рис. 2.4).	

5. Формування негативу	Накладання гумового джгута. Бинтування зволоженим гіпсовим бинтом. Розрізання по зовнішній поверхні, зняття негативу (Рис. 2.5).	
6. Підготовка негативу	Вставка технологічної трубки. З'єднання країв. Фіксація гіпсовою лонгетою. Ізоляція мильним розчином (Рис. 2.6).	
7. Виливка позитиву	Приготування гіпсу та заливка негативу (Рис. 2.7).	

8. Отримання позитивної моделі	Після застигання зняття гіпсового бинта (Рис. 2.8).	
9. Корекція моделі	Видалення напливів, моделювання анатомічних контурів (Рис. 2.9).	
10. Формування функціональних зон	Поглиблення I міжпальцевого проміжку на 0,5–1 см. Формування зон розвантаження та тиску.	
11. Додаткове моделювання	Додавання гіпсу у зонах розвантаження. Контроль об'ємних параметрів (Рис. 2.10).	

12. Шліфування	Фінішна обробка поверхні позитиву (Рис. 2.11).	
13. Сушка моделі	24 год при кімнатній температурі або 8–10 год при 50–60°C.	
14. Підготовка до термоформування	Фіксація моделі у вакуумній установці, надягання панчохи, обробка тальком.	
15. Підготовка термопласта	Розкрій листа (товщина 3–4 мм). Розміри: периметр ліктя +6 см; кисті +6 см; довжина моделі +6 см. Та обробити розчином етилацетатом (Рис. 2.12)	
16. Нагрів матеріалу	Нагрівання поліетилену в термopечі при 160°C протягом 20–35 хв. (Рис. 2.13)	

17. Формування гільзи	Натягування матеріалу на модель, вакуумне формування, фіксація, обрізка надлишків (Рис. 2.14).	
18. Охолодження	Витримка до кімнатної температури (≈ 12 год).	
19. Розкриття та зняття	Нанесення ліній розрізу, розрізання та зняття гільзи з моделі (Рис. 2.15)	
20. Обрізка країв	Формування анатомічних країв ортеза (Рис. 2.16).	

21. Встановлення кріплень	Ремені: 1 - передпліччя (10 мм від проксимального краю); 2 - зап'ястя; 3 - кисть (10 мм від дистального краю) (Рис. 2.17).	
22. Готовий виріб (Рис. 2.18)	