

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЛИТВИНЧУК АЛІНА ГЕННАДІЇВНА

УДК 616.711-001-036.82/.85:355.257

**ДИСЕРТАЦІЯ
НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ
РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПАЦІЄНТІВ-
ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ З НАСЛІДКАМИ КОМПРЕСІЙНИХ
УШКОДЖЕНЬ ХРЕБТА**

227 фізична терапія, ерготерапія

22 Охорона здоров'я

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ А. Г. Литвинчук

Науковий керівник Антонова-Рафі Юлія Валеріївна, кандидат технічних наук,
доцент.

Київ - 2026

АНОТАЦІЯ

Литвинчук А. Г. Наукове обґрунтування особливостей побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 227 Фізична терапія, ерготерапія (22 - Охорона здоров'я). - Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, 2026.

Мета дослідження: Розробити науково обґрунтовані рекомендації побудови індивідуальних реабілітаційних програм, що забезпечують ефективне відновлення військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта, з урахуванням специфіки та особливостей воєнного часу, скорочених термінів стаціонарної та амбулаторної реабілітації, інноваційних можливостей дистанційного супроводу їх відновлення.

Досягнення мети передбачає проведення аналізу існуючих методів лікування та реабілітації, вивчення їхньої ефективності, адаптацію світового досвіду до умов військової медицини України, а також створення практичних рекомендацій для фахівців у сфері фізичної терапії та реабілітації.

Методи дослідження:

1. Теоретичні методи:

- аналіз сучасних наукових джерел з військової медицини, травматології та нейрореабілітації;
- узагальнення даних щодо дистанційних (телереабілітаційних) підходів та інтенсивних короткострокових програм;
- порівняння традиційних та інноваційних моделей реабілітації при компресійних переломах.

2. Організаційно-методичні методи

- розробка структурованої програми реабілітації, адаптованої до умов військової служби (скорочений час відновлення, висока частота занять, можливість онлайн-супроводу);

- моделювання програми з урахуванням бойових та побутових навантажень військового;

- впровадження комбінованого формату (очно + дистанційно).

3. Емпіричні методи

- клініко-функціональне оцінювання стану хребта: амплітуда рухів, сила м'язів-стабілізаторів, постуральний контроль;

- інструментальна діагностика (рекомендовано: рентген, мрт/кт, стабілометрія, за наявності);

- моніторинг ефективності програми у реальних умовах служби (динаміка болю, витривалість, працездатність).

4. Методи кількісної оцінки:

- використання стандартизованих шкал (VAS, ODI, SF-36, PainDetect, Roland–Morris);

- статистичний аналіз результатів:

- порівняння показників «до–після»;

- визначення темпу відновлення;

- кореляція між інтенсивністю програми та клінічними змінами.

5. Практичні методи реабілітації:

- впровадження адаптованої програми: стабілізаційні тренування, кінезіотерапія, міофасціальні техніки, дихальні вправи, робота з болем;

- використання дистанційних інструментів: відеоінструкції, онлайн-нагляд, телемоніторинг дотримання програми;

- корекція протоколу відповідно до навантажень та умов служби.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що в ній:

- Вперше було науково обґрунтовано підхід до дистанційної реабілітації пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.

- Вперше було обґрунтовано, розроблено і апробовано гібридні моделі реабілітації пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта, які поєднують очні та дистанційні форми реабілітаційного втручання із застосуванням технологій інформаційної медицини.

- Вперше проведено порівняльний аналіз результатів реабілітації пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта при застосуванні традиційної та гібридної моделей відновлення в умовах сучасної системи військової медицини.

- Набула подальшого розвитку інтегрована система оцінки, яка поєднує клінічні шкали, біомеханічні тести та дистанційні метрики активності, що забезпечує більш точне відстеження динаміки функціонального відновлення;

- Отримано нові дані про специфічні патерни компенсаторних порушень, характерні для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта, а також визначено, які з них найбільш чутливі до гібридної реабілітації.

- Отримано нові дані, що гібридна реабілітація за рахунок інноваційних реабілітаційних технологій, цифрового контролю та зворотного зв'язку суттєво скорочує терміни та підвищує ефективність відновлення і комплаєнс пацієнтів

- Вперше впроваджено в діяльність реабілітаційних центрів структуровану модель гібридної реабілітації пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта, а також окремі її компоненти.

Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження.

Теоретичне значення дисертаційної роботи полягає у розвитку та поглибленні наукових уявлень щодо сучасних підходів до фізичної терапії та реабілітації пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. У роботі узагальнено сучасні наукові дані щодо особливостей функціональних порушень, механізмів формування компенсаторних рухових патернів та факторів, які впливають на ефективність відновлення даної категорії пацієнтів.

У дисертації вперше науково обґрунтовано концепцію застосування гібридної моделі реабілітації, яка поєднує традиційні форми фізичної терапії з дистанційними телереабілітаційними технологіями та засобами цифрового моніторингу функціонального стану пацієнтів. Отримані результати розширюють наукові знання щодо можливостей інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій у систему реабілітаційної допомоги військовослужбовцям з наслідками компресійних ушкоджень хребта та поглиблюють теоретичні уявлення про механізми підвищення ефективності відновлення шляхом персоналізації реабілітаційних втручань.

Наукове значення роботи також полягає у подальшому розвитку методологічних підходів до комплексної оцінки функціонального стану пацієнтів на основі інтеграції клінічних шкал, функціональних тестів, біомеханічних показників та цифрових метрик фізичної активності. Отримані результати доповнюють сучасні наукові уявлення щодо особливостей функціонального відновлення військовослужбовців після компресійних ушкоджень хребта та ролі інноваційних реабілітаційних технологій у забезпеченні безперервності реабілітаційного процесу.

Робота виконана відповідно до пріоритетних напрямів розвитку медичної реабілітації, фізичної терапії та охорони здоров'я України в умовах зростання кількості бойових травм та потреби у відновленні функціональної спроможності військовослужбовців. Результати дослідження створюють наукове підґрунтя для подальшого вдосконалення системи реабілітаційної допомоги особам із травматичними ушкодженнями хребта та можуть бути використані при розробленні сучасних клінічних і реабілітаційних протоколів.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у розробленні, науковому обґрунтуванні та впровадженні структурованої гібридної моделі реабілітації пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Запропонована модель забезпечує поєднання очних реабілітаційних втручань із дистанційним супроводом, використанням телереабілітаційних технологій,

цифрових засобів контролю фізичної активності та моніторингу функціонального стану пацієнтів.

У роботі доведено ефективність застосування гібридної моделі реабілітації щодо покращення показників функціональної незалежності, рухової активності, фізичної працездатності та якості життя військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Встановлено, що використання дистанційного супроводу та цифрового контролю сприяє підвищенню прихильності пацієнтів до виконання реабілітаційної програми, забезпечує можливість тривалого моніторингу результатів відновлення та дозволяє своєчасно коригувати реабілітаційні втручання.

Практичні рекомендації, розроблені за результатами дослідження, можуть бути використані у діяльності реабілітаційних центрів, військово-медичних клінічних центрів, закладів охорони здоров'я, які надають реабілітаційну допомогу військовослужбовцям, а також у системі післядипломної освіти фізичних терапевтів, ерготерапевтів та інших фахівців мультидисциплінарної реабілітаційної команди.

Робота є складовою частиною наукових досліджень кафедри біобезпеки та здоров'я людини КПІ ім. Ігоря Сікорського та відповідає пріоритетним напрямам розвитку медичної науки, зокрема у сфері фізичної терапії, ерготерапії та медичної реабілітації. Результати дослідження сприяють подальшому розвитку науково-методичних підходів до побудови індивідуалізованих реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта та можуть бути використані для удосконалення системи реабілітаційної допомоги таким пацієнтам.

Практичні результати дисертаційного дослідження впроваджені у діяльність Центру протезування «BIONICS GROUP UKRAINE», Центру реабілітації «Mercy and Health» та Реабілітаційного центру «ТИТАНОВІ», де використовуються окремі компоненти та структурована модель гібридної реабілітації пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта.

Отримані результати можуть бути використані при розробленні сучасних програм фізичної терапії та реабілітації, удосконаленні систем дистанційної реабілітації, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти за спеціальністю І7 (227) «Терапія та реабілітація» та суміжними спеціальностями у сфері біомедичної інженерії та медичної реабілітації.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено мету та завдання роботи, об'єкт і предмет дослідження. Розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про особистий внесок здобувача, апробацію результатів дослідження, їх впровадження у практичну діяльність та публікації за темою дисертаційної роботи.

У першому розділі «Теоретико-методичні засади реабілітації військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта» проаналізовано сучасний стан проблеми компресійних ушкоджень хребта серед військовослужбовців, висвітлено клінічні особливості перебігу відновного періоду та наслідки травматичних ушкоджень для функціонального стану пацієнтів. Узагальнено сучасні підходи до фізичної терапії та реабілітації осіб із компресійними ушкодженнями хребта, розглянуто можливості використання телереабілітаційних технологій і цифрових інструментів у процесі відновлення. На основі аналізу наукової літератури обґрунтовано концепцію дослідження та доцільність розробки комплексної програми реабілітації з використанням дистанційного супроводу.

У другому розділі «Методи та організація дослідження» представлено характеристику контингенту обстежених осіб, описано організацію та етапи проведення дослідження. Наведено критерії включення та виключення учасників, методи клінічного й функціонального обстеження, а також інструменти оцінювання ефективності реабілітаційних заходів. Обґрунтовано структуру комплексної програми фізичної терапії для військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта, особливості використання дистанційного супроводу та додатка зі штучним інтелектом. Описано методи статистичної обробки отриманих результатів.

У третьому розділі «Ефективність комплексної програми реабілітації військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта» представлено результати дослідження та проведено аналіз змін показників функціонального стану пацієнтів під впливом запропонованої програми реабілітації. Висвітлено динаміку больового синдрому, м'язової сили, рухливості хребта, показників рівноваги, витривалості, швидкості ходьби, психоемоційного стану та якості життя. Проведено порівняльний аналіз результатів основної та контрольної груп і визначено ефективність застосування дистанційного супроводу в процесі реабілітації.

У четвертому розділі «Узагальнення результатів дослідження» здійснено інтерпретацію отриманих результатів та їх порівняння з даними вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень. Узагальнено результати впровадження комплексної програми реабілітації, визначено її переваги та практичну значущість для системи фізичної терапії військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта. Окреслено перспективні напрями подальших наукових досліджень у сфері телереабілітації та застосування цифрових технологій у відновному лікуванні.

За результатами дослідження опубліковано 10 наукових праць, серед яких 1 одноосібний розділ колективної монографії, 2 статі у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus, 7 публікацій у матеріалах науково-практичних конференцій.

Ключові слова: реабілітація, фізична терапія, кінезіотерапія, якість життя, корекція, хребет, функціональний стан, реабілітаційні технології, інноваційні реабілітаційні технології, здоров'я, міжнародна класифікація функціонування (МКФ), стабілометрія, інформаційна медицина, неспецифічний біль у попереку, мультидисциплінарна реабілітаційна команда.

ABSTRACT

Lytvynchuk A. H. *Scientific Substantiation of the Specific Features of Designing Rehabilitation Programs for Military Personnel with the Consequences of Compression Spinal Injuries* - Qualifying Scientific Work Submitted as a Manuscript.

Dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 227 Physical Therapy, Occupational Therapy (22 - Healthcare). - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2026.

Purpose of the Study

The purpose of the study was to develop scientifically substantiated recommendations for designing individualized rehabilitation programs that ensure effective recovery of military personnel with consequences of vertebral compression injuries, taking into account the specific challenges of wartime conditions, reduced durations of inpatient and outpatient rehabilitation, and innovative opportunities for remote rehabilitation support.

Achievement of this objective involved analyzing existing treatment and rehabilitation methods, evaluating their effectiveness, adapting international experience to the conditions of Ukrainian military medicine, and developing practical recommendations for specialists in physical therapy and rehabilitation.

Research Methods

1. Theoretical Methods: analysis of contemporary scientific literature in military medicine, traumatology, and neurorehabilitation; synthesis of evidence regarding remote (telerehabilitation) approaches and intensive short-term rehabilitation programs; comparison of traditional and innovative rehabilitation models for compression fractures.

2. Organizational and Methodological Methods: development of a structured rehabilitation program adapted to military service conditions (limited recovery time, high training frequency, and the possibility of online support); modeling of the rehabilitation program considering combat-related and daily military workloads; implementation of a combined rehabilitation format (face-to-face and remote).

3. Empirical Methods: clinical and functional assessment of spinal condition, including range of motion, stabilizing muscle strength, and postural control; instrumental diagnostics (recommended: radiography, MRI/CT, stabilometry, where available); monitoring of program effectiveness under real service conditions (pain dynamics, endurance, and work capacity).

4. Quantitative Assessment Methods: application of standardized assessment scales (VAS, ODI, SF-36, PainDetect, Roland–Morris Questionnaire); statistical analysis of results, including:

- pre–post intervention comparisons;
- determination of recovery rates;
- analysis of correlations between rehabilitation intensity and clinical outcomes.

5. Practical Rehabilitation Methods: implementation of an adapted rehabilitation program including stabilization training, kinesitherapy, myofascial techniques, breathing exercises, and pain management strategies; use of remote rehabilitation tools, including video instructions, online supervision, and telemonitoring of adherence to the rehabilitation program; modification of rehabilitation protocols according to workload and service conditions.

Scientific Novelty

The scientific novelty of the dissertation lies in the following:

- For the first time, a scientific rationale for remote rehabilitation of military personnel with consequences of vertebral compression injuries has been developed.
- For the first time, hybrid rehabilitation models combining face-to-face and remote rehabilitation interventions through information medicine technologies have been substantiated, developed, and tested for military personnel with consequences of vertebral compression injuries.
- For the first time, a comparative analysis of rehabilitation outcomes achieved through traditional and hybrid rehabilitation models within the contemporary military healthcare system has been conducted.

- An integrated assessment system combining clinical scales, biomechanical tests, and remote activity metrics has been further developed, enabling more accurate monitoring of functional recovery dynamics.

- New data have been obtained regarding specific compensatory movement patterns characteristic of military personnel with consequences of vertebral compression injuries, and those most responsive to hybrid rehabilitation have been identified.

- New evidence has been obtained demonstrating that hybrid rehabilitation, through the use of innovative rehabilitation technologies, digital monitoring, and feedback mechanisms, significantly reduces recovery time while improving rehabilitation effectiveness and patient adherence.

- For the first time, a structured hybrid rehabilitation model and its individual components have been implemented in rehabilitation centers for military personnel with consequences of vertebral compression injuries.

Theoretical and Practical Significance of the Results and Their Implementation

The theoretical significance of the dissertation lies in the advancement and expansion of scientific knowledge regarding contemporary approaches to physical therapy and rehabilitation of military personnel with consequences of vertebral compression injuries. The study summarizes current scientific evidence concerning the characteristics of functional impairments, mechanisms underlying the development of compensatory movement patterns, and factors influencing recovery outcomes in this category of patients.

For the first time, the dissertation provides a scientific rationale for the application of a hybrid rehabilitation model combining traditional physical therapy interventions with remote telerehabilitation technologies and digital tools for monitoring patients' functional status. The obtained findings expand scientific understanding of the integration of information and communication technologies into rehabilitation services for military personnel with vertebral compression injuries and deepen theoretical knowledge regarding mechanisms for improving rehabilitation effectiveness through personalized interventions.

The scientific significance of the study also lies in the further development of methodological approaches to comprehensive functional assessment based on the integration of clinical scales, functional tests, biomechanical indicators, and digital physical activity metrics. The findings contribute to contemporary scientific knowledge regarding the characteristics of functional recovery in military personnel following vertebral compression injuries and the role of innovative rehabilitation technologies in ensuring continuity of the rehabilitation process.

The study was conducted in accordance with the priority directions of development of medical rehabilitation, physical therapy, and healthcare in Ukraine under conditions of increasing numbers of combat-related injuries and the growing need to restore the functional capacity of military personnel. The results provide a scientific basis for further improvement of rehabilitation services for individuals with traumatic spinal injuries and may be used in the development of modern clinical and rehabilitation protocols.

The practical significance of the dissertation lies in the development, scientific substantiation, and implementation of a structured hybrid rehabilitation model for military personnel with consequences of vertebral compression injuries. The proposed model combines face-to-face rehabilitation interventions with remote support, telerehabilitation technologies, digital physical activity monitoring tools, and continuous assessment of patients' functional status.

The study demonstrates the effectiveness of the hybrid rehabilitation model in improving functional independence, motor activity, physical performance, and quality of life among military personnel with consequences of vertebral compression injuries. It was established that remote support and digital monitoring enhance patient adherence to rehabilitation programs, enable long-term monitoring of recovery outcomes, and facilitate timely modification of rehabilitation interventions.

The practical recommendations developed as a result of the study may be applied in rehabilitation centers, military medical clinical centers, healthcare institutions providing rehabilitation services to military personnel, as well as in postgraduate education programs for physical therapists, occupational therapists, and other members of multidisciplinary rehabilitation teams.

The dissertation constitutes a component of the scientific research conducted by the Department of Biosafety and Human Health of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute and corresponds to the priority areas of development of medical science, particularly in physical therapy, occupational therapy, and medical rehabilitation. The results contribute to the further development of scientific and methodological approaches to designing individualized rehabilitation programs for military personnel with consequences of vertebral compression injuries and may be used to improve rehabilitation services for this patient population.

The practical results of the dissertation have been implemented in the activities of BIONICS GROUP UKRAINE Prosthetics Center, Mercy and Health Rehabilitation Center, and TYTANOVI Rehabilitation Center, where individual components and the structured hybrid rehabilitation model for military personnel with consequences of vertebral compression injuries are currently being utilized.

The findings may also be used in the development of contemporary physical therapy and rehabilitation programs, improvement of remote rehabilitation systems, and in the educational process of higher education institutions offering training in Specialty I7 (227) “Therapy and Rehabilitation” and related fields in biomedical engineering and medical rehabilitation.

Dissertation Structure

The Introduction substantiates the relevance of the research topic, defines the aim and objectives of the study, and identifies the object and subject of the research. It presents the scientific novelty and practical significance of the findings, information on the author’s personal contribution, dissemination and implementation of the results, and publications related to the dissertation topic.

Chapter 1, “Theoretical and Methodological Foundations of Rehabilitation of Military Personnel with Consequences of Vertebral Compression Injuries,” analyzes the current state of the problem of vertebral compression injuries among military personnel, describes the clinical characteristics of the recovery period, and examines the impact of traumatic injuries on patients’ functional status. Contemporary approaches to physical

therapy and rehabilitation are reviewed, and the potential of telerehabilitation technologies and digital tools in the recovery process is discussed. Based on the analysis of scientific literature, the conceptual framework of the study and the rationale for developing a comprehensive rehabilitation program with remote support are presented.

Chapter 2, “Methods and Organization of the Study,” presents the characteristics of the study population and describes the research design and stages of the investigation. Inclusion and exclusion criteria, methods of clinical and functional assessment, and tools for evaluating rehabilitation effectiveness are provided. The structure of the comprehensive physical therapy program for military personnel with consequences of vertebral compression injuries, the specifics of remote support, and the use of an artificial intelligence-based application are substantiated. Methods of statistical data analysis are also described.

Chapter 3, “Effectiveness of a Comprehensive Rehabilitation Program for Military Personnel with Consequences of Vertebral Compression Injuries,” presents the results of the study and analyzes changes in functional status indicators under the influence of the proposed rehabilitation program. The dynamics of pain intensity, muscle strength, spinal mobility, balance performance, endurance, walking speed, psycho-emotional status, and quality of life are examined. A comparative analysis of the outcomes of the experimental and control groups is conducted, and the effectiveness of remote rehabilitation support is evaluated.

Chapter 4, “Generalization of Research Findings,” provides an interpretation of the obtained results and compares them with findings reported in national and international scientific studies. The outcomes of implementing the comprehensive rehabilitation program are summarized, its advantages and practical significance for physical therapy of military personnel with consequences of vertebral compression injuries are identified, and перспективні напрями подальших досліджень у сфері телереабілітації та цифрових технологій у відновному лікуванні окреслено.

Publications

The results of the study have been published in 10 scientific works, including 1 chapter in a collective monograph, 2 articles published in journals indexed in the international scientometric databases Scopus, 7 publications in conference proceedings.

Keywords

Rehabilitation; Physical Therapy; Kinesitherapy; Quality of Life; Correction; Spine; Functional Status; Rehabilitation Technologies; Innovative Rehabilitation Technologies; Health; International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF); Stabilometry; Information Medicine; Non-Specific Low Back Pain; Multidisciplinary Rehabilitation Team.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Статті

1. Литвинчук А., Антонова-Рафі Ю. (2023). Порівняння методів обстеження військових у разі компресійного перелому хребта. Фітотерапія. Часопис, 3, 56–62, doi: 10.32782/2522-9680-2023-3-56 (Фахове видання категорія А, Scopus).

Доступно на:

<https://www.phytotherapy.vernadskyjournals.in.ua/journal/2023/3/8.pdf> Внесок

авторів: Литвинчук А.Г. – дизайн дослідження, корегування статті, збір та аналіз літератури, анотації, висновки, резюме; Антонова-Рафі Ю. В. – ідея, концепція дослідження, участь у написанні і редагуванні статті.

2. Hryshyn, I., Lytvynchuk, A., Antonova-Rafi, Y., Naumenko, N., & Katiukova, L. (2025). Biomechanical aspects of measurement in musculoskeletal physical therapy. Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies, 10(5), 360–369. (Scopus, Q3). Доступно на: [https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10\(5\).07](https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10(5).07) Внесок

авторів: І. Л. Гришин - концептуалізація, методологія, перевірка даних, кураторство даних, наукове керівництво (супервізія); А. Г. Литвинчук - концептуалізація, методологія, перевірка даних, кураторство даних, рецензування та редагування рукопису; Ю. В. Антонова-Рафі - концептуалізація, методологія, перевірка даних, кураторство даних, наукове керівництво (супервізія); Н. О. Науменко - методологія, перевірка даних, кураторство даних, рецензування та редагування рукопису; Л. Д. Катюкова - підготовка первинного варіанту рукопису.

3. Литвинчук А. Реабілітація військових після компресійного перелому хребта.// Війна за Незалежність України: сучасні виклики та перспективи реабілітації: колективна монографія / за ред. Олени БУРКИ, Алли КОВАЛЬОВОЇ. - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. - С. 66-86. (Одноосібний розділ у колективній монографії). Доступно на: <https://eir.zp.edu.ua/items/d282f490-fa51-4791-b983-f25dc60699> Особистий внесок здобувача: автором одноосібно підготовлено розділ «Реабілітація військових після компресійного перелому

хребта», у якому висвітлено результати досліджень, що увійшли до дисертаційної роботи.

Матеріали конференцій:

- 1.Литвинчук А.Г., Литвинчук Б.В. Біомеханіка травм шийного відділу хребта у військових. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Біомедична та сучасні реабілітаційні технології». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. С.111–113. <http://biomedconf.kpi.ua/biosafety/paper/view/27069/21667> Особистий внесок здобувача – формування концепції доповіді, аналіз сучасних підходів до біомеханіки травм шийного відділу хребта у військових, узагальнення літературних даних, підготовка та оформлення тексту тез доповіді; Литвинчук Б. В. – оформлення тез доповіді.
- 2.Данько Д.І., Литвинчук А.Г. Ефективність застосування EMS-костюмів у реабілітації військових. // Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 24-25 жовтня 2024. С.81–85. <http://biomedconf.kpi.ua/biosafety24/paper/viewFile/31629/18857> Особистий внесок здобувача –аналіз сучасних літературних джерел щодо застосування EMS-костюмів у реабілітації військових з наслідками компресійних ушкоджень хребта, узагальнення наукових даних, підготовка та оформлення тез до друку; Данько Д.І. – аналіз сучасних літературних джерел щодо застосування EMS-костюмів у реабілітації військових із міофасціальним больовим синдромом, формування наукової ідеї публікації, участь у редагуванні та оформленні остаточної версії матеріалів.
- 3.Данько Д.І., Литвинчук А.Г. Особливості психологічної підтримки військових під час реабілітаційного втручання. // Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 24-25 жовтня 2024. С.77–80. <http://biomedconf.kpi.ua/biosafety24/paper/viewFile/31629/18857> Особистий внесок здобувача – участь в аналізі сучасних літературних джерел в рамках реабілітації військових з наслідками компресійних ушкоджень хребта, підготовка та оформлення тез до друку; Данько Д.І. – аналіз сучасних літературних джерел в рамках реабілітації військових із міофасціальним больовим синдромом, узагальнення наукових даних, участь у редагуванні та погодженні остаточної версії матеріалів.
- 4.Латенко С.Б., Литвинчук А.Г. Синдром хронічної втоми, діагностичні критерії та напрями профілактики. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ НАУКИ І

ОСВІТИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ» 31 січня 2023 року Вип. 90 С.208–212.
<http://confscientific.webnode.com.ua/> Особистий внесок здобувача – участь в аналізі сучасних літературних джерел щодо синдрому хронічної втоми у військових з наслідками компресійних ушкоджень хребта, узагальнення наукових даних, підготовка та оформлення тез до друку; Латенко С.Б. – формування наукової ідеї публікації, методичне консультування та погодження остаточної версії матеріалів.

5.Литвинчук А.Г. Особливості реабілітації військових після компресійного перелому хребта в порівнянні з цивільними. //Біобезпека та сучасні реабілітаційні технології. Теорія, практика, перспективи. Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 15-16 листопада 2023. С.172–174.

<http://biomedconf.kpi.ua/biosafety23/paper/viewFile/29290/17138>

6.Данько Д.І., Литвинчук А.Г. Новітні підходи до фізичної терапії осіб з патологіями спини. // Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 23-24 жовтня 2025р. С.61-64.

<http://biomedconf.kpi.ua/biosafety25/paper/viewFile/33784/20290> Особистий внесок здобувача – участь в аналізі сучасних літературних джерел по фізичній терапії військових з синдромом хронічної втоми,що мають наслідки компресійних ушкоджень хребта, узагальнення даних, підготовка та оформлення тез до друку; Данько Д.І. – аналіз та узагальнення наукових даних, участь у редагуванні та погодженні остаточної версії матеріалів.

7.Данько Д.І., Литвинчук А.Г. Новітні технології в дистанційній реабілітації військовослужбовців. // Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 23-24 жовтня 2025р. С.127-130.

<http://biomedconf.kpi.ua/biosafety25/paper/viewFile/33784/20290> Особистий внесок здобувача – участь в аналізі сучасних літературних джерел по реабілітації військових з наслідками компресійних ушкоджень хребта, узагальнення наукових даних, підготовка та оформлення тез до друку; Данько Д.І. – узагальнення наукових даних у рамках реабілітації військових із міофасціальним больовим синдромом, участь у редагуванні та погодженні остаточної версії матеріалів.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	22
ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ПІСЛЯ КОМПРЕСІЙНИХ УШКОДЖЕНЬ ХРЕБТА ЗА ДАНИМИ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ	30
1.1 Сучасні знання про епідеміологію, етіопатогенетичні особливості компресійних ушкоджень хребта у військовослужбовців.....	30
1.2 Існуючі практики до діагностики та реабілітаційної допомоги військовослужбовцям із компресійними ушкодженнями хребта	32
1.3. Науково-методичні засади застосування інноваційних реабілітаційних технологій у фізичній терапії військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.	41
1.3.1. Телереабілітація та дистанційний моніторинг у фізичній терапії військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.....	43
1.3.2. Застосування технологій біологічного зворотного зв'язку на основі стабілографічних платформ у реабілітації військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта	48
1.3.3. Застосування технологій віртуальної та доповненої реальності у фізичній терапії військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.....	51
1.3.4. Цифрові технології моніторингу функціонального стану та безпеки реабілітаційного процесу у військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта	55
1.3.5. Персоналізація реабілітаційних втручань на основі Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я у військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.....	65
1.4 Обґрунтування напрямків та дизайну досліджень невирішених питань реабілітаційної діагностики та реабілітаційної допомоги військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта	68
Висновки до розділу 1	71
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	73
2.1 Матеріали дослідження	73

2.2 Методи дослідження	76
2.3 Програми фізичної реабілітації для основної та контрольної груп	88
2.3.1 Принцип програми відстежування руху в гібридній реабілітації... ..	92
2.3.2 Загальна адгерентність	95
2.3.3 Програма реабілітації контрольної групи	98
2.4 Методи статистичного аналізу досліджень реабілітаційних програм для пацієнтів-віськовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта	102
2.5. Аспекти застосування Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я (МКФ) у реабілітації пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.....	106
Висновки до розділу 2	109
РОЗДІЛ 3 ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАДИЦІЙНИХ ТА АВТОРСЬКИХ ПІДХОДІВ ДО ПОБУДОВИ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПАЦІЄНТІВ-ВІСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ З НАСЛІДКАМИ КОМПРЕСІЙНИХ УШКОДЖЕНЬ ХРЕБТА	111
3.1 Дослідження ефективності традиційних підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-віськовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта	111
3.2 Дослідження ефективності авторських підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-віськовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта	120
3.3 Порівняльний аналіз ефективності традиційних та авторських підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-віськовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.....	129
Висновки до розділу 3	133
РОЗДІЛ 4 УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РЕАБІЛІТАЦІЙНОЇ ДОПОМОГИ ПАЦІЄНТАМ-ВІСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯМ З НАСЛІДКАМИ КОМПРЕСІЙНИХ УШКОДЖЕНЬ ХРЕБТА.....	135
4.1. Узагальнення основних результатів дослідження.....	136
4.2. Біомеханічне обґрунтування отриманих результатів фізичної терапії ..	138
4.3 Перспективи вдосконалення реабілітаційної допомоги пацієнтам-військовослужбовцям з наслідками компресійних ушкоджень хребта	144

4.4 Значення отриманих результатів для системи військової реабілітації України	147
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	150
Висновки до розділу 4	151
ВИСНОВКИ.....	155
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	157
ДОДАТКИ.....	167

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БСКТ - багатоспіральна комп'ютерна томографія.

ВООЗ - Всесвітня організація охорони здоров'я

КГ - контрольна група (група порівняння)

МКФ - Міжнародна класифікація функціонування

ММТ - мануальне м'язове тестування

МРТ - магнітно-резонансна томографія

ОГ- основна група

ПТСР - посттравматичний стресовий розлад

ЧСС - частота серцевих скорочень

ФТ - фізична терапія

ФРМ - фізична та реабілітаційна медицина

ROM - обсяг рухів (Range of Motion)

VAS - візуальна аналогова шкала болю (Visual Analogue Scale)

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах масштабних воєнних дій значно зростає частота травм опорно-рухового апарату серед військовослужбовців, і особливої уваги заслуговують компресійні переломи хребта. За даними міжнародних епідеміологічних оглядів, від 15 до 20% усіх пошкоджень хребта становлять саме компресійні переломи, які належать до категорії високоризикових через імовірність розвитку затяжного больового синдрому, порушення осі хребетного стовпа, зменшення рухливості та тривалої втрати працездатності.

Для військових ці наслідки мають стратегічне значення: від швидкості та ефективності медичної допомоги, реабілітації та подальшого функціонального відновлення залежить не лише здоров'я конкретного бійця, а й загальна боєздатність підрозділів та успішність виконання операцій.

Попри значний розвиток традиційної травматології, питання створення сучасних комплексних реабілітаційних протоколів, адаптованих до специфічних умов військової служби, залишається недостатньо вивченим. Особливої актуальності набуває потреба в науково обґрунтованих підходах, що враховують як біомеханічні особливості травми, так і психофізіологічний стан військовослужбовців, тривалу дію стресових факторів, високий рівень фізичних навантажень та умови повернення до служби.

Таким чином, дослідження компресійних переломів хребта в контексті військової медицини є надзвичайно важливим для розробки ефективних методів лікування, скорочення термінів реабілітації, профілактики ускладнень та підвищення якості життя травмованих військовослужбовців. Актуальність теми також посилюється необхідністю інтеграції інноваційних технологій - телемедицини, біомеханічних сенсорних систем, віртуальної реальності та роботизованої реабілітації - у практику відновного лікування.

Сучасна концепція реабілітації пацієнтів із наслідками травматичних ушкоджень ґрунтується на принципах мультидисциплінарного підходу. Згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я та міжнародних

професійних асоціацій, ефективне відновлення пацієнтів із порушеннями функцій опорно-рухового апарату потребує залучення фахівців різного профілю, які працюють у межах єдиної реабілітаційної стратегії. Особливого значення цей підхід набуває у військовослужбовців, які після отримання бойових травм часто мають комплексні фізичні, психологічні та соціальні наслідки ушкодження.

Мультидисциплінарна реабілітаційна команда являє собою групу спеціалістів, які спільно здійснюють оцінювання стану пацієнта, формування цілей реабілітації, планування втручань та моніторинг результатів відновлення. До складу такої команди можуть входити лікар фізичної та реабілітаційної медицини, фізичний терапевт, ерготерапевт, психолог, лікар-невролог, ортопед-травматолог, медична сестра, соціальний працівник та інші спеціалісти залежно від потреб конкретного пацієнта.

Застосування мультидисциплінарного підходу дозволяє забезпечити цілісне бачення проблем пацієнта та підвищити ефективність реабілітаційних заходів. Координація дій між членами команди сприяє більш повному врахуванню біомеханічних, функціональних, психоемоційних та соціальних аспектів відновлення, що особливо важливо для військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта.

Зв'язок роботи з науковими планами, темами. Дослідження виконане в рамках теми, що розроблялась кафедрою біобезпеки і здоров'я людини Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», «Розробка технологій фізичної терапії та технічних засобів її здійснення» (№ державної реєстрації 0117U002938).

Мета дослідження. Розробити науково обґрунтовані рекомендації побудови індивідуальних реабілітаційних програм, що забезпечують ефективне відновлення військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта, з урахуванням специфіки та особливостей воєнного часу, скорочених термінів стаціонарної та амбулаторної реабілітації, інноваційних можливостей дистанційного супроводу їх відновлення.

Досягнення мети передбачає проведення аналізу існуючих методів лікування та реабілітації, вивчення їхньої ефективності, адаптацію світового досвіду до умов військової медицини України, а також створення практичних рекомендацій для фахівців у сфері фізичної терапії та реабілітації.

Задачі дослідження:

1 Провести аналіз наукових досліджень з особливостей епідеміології, патогенезу та сучасного стану проблеми реабілітації пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійними ушкодженнями хребта.

2 Розробити та науково обґрунтувати авторський підхід до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з компресійним ушкодженням хребта.

3 Дослідити та кількісно оцінити ефективність існуючих традиційних підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

4 Дослідити та кількісно оцінити ефективність авторських підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

5 Провести порівняльну оцінку ефективності традиційних та авторських підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

6. Розробити та науково обґрунтувати рекомендації по подальшому удосконаленню реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з компресійним ушкодженням хребта.

Об'єкт дослідження. Пацієнти військовослужбовці з наслідками компресійних ушкоджень хребта.

Предмет дослідження. Методичні підходи до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта з урахуванням специфіки та особливостей воєнного часу, скорочених термінів стаціонарної та амбулаторної реабілітації, інноваційних можливостей дистанційного супроводу їх відновлення.

Методи дослідження

1. Теоретичні методи:

- аналіз сучасних наукових джерел з військової медицини, травматології та нейрореабілітації;
- узагальнення даних щодо дистанційних (телереабілітаційних) підходів та інтенсивних короткострокових програм;
- порівняння традиційних та інноваційних моделей реабілітації при компресійних переломах.

2. Організаційно-методичні методи

- розробка структурованої програми реабілітації, адаптованої до умов військової служби (скорочений час відновлення, висока частота занять, можливість онлайн-супроводу);
- моделювання програми з урахуванням бойових та побутових навантажень військового;
- впровадження комбінованого формату (очно + дистанційно).

3. Емпіричні методи

- клініко-функціональне оцінювання стану хребта: амплітуда рухів, сила м'язів-стабілізаторів, постуральний контроль;
- інструментальна діагностика (рекомендовано: рентген, мрт/кт, стабілометрія, за наявності);
- моніторинг ефективності програми у реальних умовах служби (динаміка болю, витривалість, працездатність).

4. Методи кількісної оцінки:

- використання стандартизованих шкал (VAS, ODI, SF-36, PainDetect, Roland–Morris);
- статистичний аналіз результатів:
порівняння показників «до–після»
визначення темпу відновлення
кореляція між інтенсивністю програми та клінічними змінами.

5. Практичні методи реабілітації:

- впровадження адаптованої програми: стабілізаційні тренування, кінезіотерапія, міофасціальні техніки, дихальні вправи, робота з болем;
- використання дистанційних інструментів: відеоінструкції, онлайн-нагляд, телемоніторинг дотримання програми;
- корекція протоколу відповідно до навантажень та умов служби.

Наукова новизна одержаних результатів

- уперше було науково обґрунтовано підхід до дистанційної реабілітації пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.
- уперше було обґрунтовано, розроблено і апробовано гібридні моделі реабілітації пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта, які поєднують очні та дистанційні форми реабілітаційного втручання із застосуванням технологій інформаційної медицини.
- уперше проведено порівняльний аналіз результатів реабілітації пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта при застосуванні традиційної та гібридної моделей відновлення в умовах сучасної системи військової медицини.
- набула подальшого розвитку інтегрована система оцінки, яка поєднує клінічні шкали, біомеханічні тести та дистанційні метрики активності, що забезпечує більш точне відстеження динаміки функціонального відновлення;
- отримано нові дані про специфічні патерни компенсаторних порушень, характерні для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта, а також визначено, які з них найбільш чутливі до гібридної реабілітації.
- отримано нові дані, що гібридна реабілітація за рахунок інноваційних реабілітаційних технологій, цифрового контролю та зворотного зв'язку суттєво скорочує терміни та підвищує ефективність відновлення і комплаєнс пацієнтів
- вперше впроваджено в діяльність реабілітаційних центрів структуровану модель гібридної реабілітації пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта, а також окремі її компоненти.

Практичне значення дослідження

- розроблено та апробовано ефективну гібридну модель реабілітації, яка поєднує очні заняття з дистанційними телереабілітаційними сесіями, що дозволяє застосовувати її у військових госпіталях та центрах медичної реабілітації для пацієнтів із наслідками бойових травм;

- запропонований протокол гібридної реабілітації може бути впроваджений як стандартизована програма, що забезпечує безперервність лікувального процесу навіть за умов обмеженої мобільності, віддаленого перебування або ротації військовослужбовців;

- отримані результати підтверджують доцільність використання цифрових біомеханічних інструментів (дистанційний контроль вправ, гом-аналітика, динамометрія, трекінг активності) для підвищення комплаєнсу та точності оцінки функціонального стану, що може бути інтегровано у практику реабілітологів;

- встановлено, що гібридна форма реабілітації сприяє швидшому зменшенню больового синдрому та відновленню рухових функцій, зокрема у пацієнтів із коксартрозом, міофасціальним синдромом, діафрагмальними дисфункціями та невралгіями, що робить її найбільш ефективною у комплексному лікуванні постбойових порушень;

- розроблені рекомендації щодо індивідуалізації реабілітаційних програм можуть бути використані у клінічній практиці для оптимізації планування навантажень, запобігання повторним компенсаторним порушенням та підвищення довгострокових результатів відновлення;

- створена система моніторингу домашніх програм може бути застосована у медичних закладах як інструмент підвищення дисципліни пацієнтів та об'єктивного контролю виконання реабілітаційних призначень;

- результати дослідження можуть бути використані у навчальному процесі для підготовки фахівців із фізичної терапії, ерготерапії та спортивної медицини, як приклад сучасного мультикомпонентного, цифрово-підтриманого підходу до відновлення військових.

Результати роботи впроваджені у діяльність Центру протезування «BIONICS GROUP UKRAINE» (акт впровадження результатів дисертаційної роботи від 19.03.26р, Додаток Г), Центру реабілітації «Mercy and Health» (акт впровадження результатів дисертаційної роботи від 17.03.26р., Додаток Д) та Реабілітаційного центру «ТИТАНОВІ» (акт впровадження результатів дисертаційної роботи від 11.03.26, Додаток Е), де використовуються окремі компоненти та структурована модель гібридної реабілітації пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта.

Особистий внесок здобувача. Результати досліджень, представлені в дисертації, отримані автором особисто або за його безпосередньої участі у проведенні наукових досліджень. Планування дослідження проводилось спільно з науковим керівником к.т.н., доц. Антоною-Рафі Ю. В.

Здобувачем самостійно здійснено аналіз наукової літератури за темою дослідження, обґрунтовано мету та завдання роботи, проведено збір, систематизацію та аналіз емпіричних даних, виконано статистичну обробку та інтерпретацію отриманих результатів. Автор брав безпосередню участь у розробці та впровадженні програм фізичної реабілітації, оцінюванні їх ефективності та узагальненні результатів дослідження.

Основні наукові положення, висновки та практичні рекомендації сформульовані за безпосередньої участі здобувача. Наукові праці, опубліковані у співавторстві, відображають основні результати дисертаційного дослідження; внесок здобувача полягав у зборі, аналізі та інтерпретації даних, підготовці матеріалів до публікації та участі в написанні рукописів.

Автор висловлює щиру вдячність науковому керівнику, к.т.н., доц. Антоновій-Рафі Ю.В. за наукове консультування, постійну підтримку, цінні поради та конструктивні рекомендації під час планування, виконання й узагальнення результатів дисертаційного дослідження.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідались та обговорювались під час участі на міжнародних науково-практичних конференціях та оприлюднені у 7 тезах доповідей (Додаток Б).

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження здійснено публікаційну апробацію наукових напрацювань, що відображено у 10 наукових працях. Серед них: 1 одноосібний розділ у колективній монографії, 1 стаття у періодичному науковому фаховому виданні, категорія Б, проіндексованому у базах Scopus, 1 стаття у періодичному науковому виданні України, Scopus, Q3 (Додаток А), а також 7 публікацій у вигляді тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 177 сторінках, у тому числі основний текст дисертації складає 166 сторінок друкованого тексту і складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (86 найменувань, серед яких 46 видань англійською мовою) та 8 додатків. Робота містить 23 таблиці та 14 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ПІСЛЯ КОМПРЕСІЙНИХ УШКОДЖЕНЬ ХРЕБТА ЗА ДАНИМИ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Сучасні знання про епідеміологію, етіопатогенетичні особливості компресійних ушкоджень хребта у військовослужбовців

Етіологія та патогенез компресійних переломів хребта у військовослужбовців.

Спинальні травми, особливо компресійні переломи хребта серед пацієнтів-військовослужбовців є одними з найбільш типових травм, що виникають унаслідок впливу екстремальних зовнішніх факторів [58]. Їхня етіологія характеризується поліфакторністю, оскільки травми є результатом механічних, фізичних та психофізіологічних чинників, які є типовими для бойового середовища. [14, 33, 44].

Основні етіологічні фактори

1. Бойові поранення прямої дії. Вогнепальні ураження, осколкові поранення, а також удари важкими предметами під час ближніх бойових зіткнень створюють різке надмірне осьове навантаження на хребет [3, 14, 44]. Воно перевищує межі міцності тіл хребців, що призводить до їхньої компресії та руйнування. Такі травми часто поєднуються з ушкодженням м'яких тканин, спинномозкових структур і судин.

2. Вплив вибухової хвилі. Вибухова хвиля створює миттєве, нерівномірне та багатовекторне навантаження на хребетний стовп. Компресійні переломи при цьому можуть бути зумовлені: різким згинанням або перерозгинанням тулуба, раптовим підвищенням внутрішньогрудного та внутрішньочеревного тиску, первинним та вторинним ударним механізмом (поштовх тілом об тверду поверхню). Ураження вибуховою хвилею часто супроводжується супутніми неврологічними порушеннями [5].

3. Падіння з висоти. Стрибки з військової техніки, руйнування будівель, падіння внаслідок вибухів, а також авіаційні інциденти створюють потужне ударне навантаження при контакті з поверхнею. У таких випадках нерідко виявляються множинні компресійні переломи на рівні грудного й поперекового відділів хребта, що значно ускладнюють реабілітацію.

4. Надмірні фізичні та статичні навантаження. Тривале носіння важкого спорядження, бронежилетів і засобів захисту збільшує осьовий тиск на хребет. У поєднанні з виснаженням, перенапруженням та зниженням сили м'язів-стабілізаторів це призводить до формування мікропереломів, які можуть прогресувати до повноцінних компресійних пошкоджень [63].

5. Поєднана дія бойових факторів. У реальних умовах травма часто має комбінований характер - наприклад, вибух спричиняє падіння, яке супроводжується ударом спиною об перешкоду. Такі ситуації ускладнюють клінічну картину, підвищують ризик нестабільних переломів і супутніх неврологічних уражень.

Окремим і надзвичайно значущим фактором, що сприяє розвитку компресійних переломів хребта у військовослужбовців, є тривале носіння бронежилетів, особливо тих, що видаються державою та часто характеризуються недосконалою ергономікою. Багато моделей мають нерівномірний розподіл маси, зосереджуючи основне навантаження на передню або верхню частину тулуба. Це призводить до: підвищеного осьового тиску на хребет, особливо на грудний та поперековий відділи, зміщення центру тяжіння тіла вперед, що формує компенсаторний гіперкіфоз або гіперлордоз, зниження ефективності м'язово-зв'язкового стабілізаційного комплексу та швидкого його виснаження, підвищення ризику мікропереломів тіл хребців, які при тривалих фізичних навантаженнях прогресують у повноцінні компресійні переломи.

Через неякісну конструкцію, жорсткі панелі та значну масу, такі бронежилети створюють хронічне перевантаження хребетного стовпа навіть під час повільної ходьби чи статичної роботи, а під час бігу, стрибків, пересування по

нерівній місцевості або бойових маневрів навантаження збільшується у декілька разів.

У поєднанні з іншими бойовими факторами, такими як втома, нестача сну, холод, тривале перебування у бронезилеті - такий тип навантаження діє особливо шкідливо, значно підвищуючи ризик травмування тіл хребців навіть за відсутності прямої травматичної події [76].

1.2 Існуючі практики до діагностики та реабілітаційної допомоги військовослужбовцям із компресійними ушкодженнями хребта

Патогенез компресійних переломів хребта у військовослужбовців формується як результат взаємодії гострих травмувальних факторів та тривалої мікротравматизації, що відбувається в умовах високих фізичних і бойових навантажень. Первинним механізмом ушкодження є раптове і надмірне осьове стискання тіл хребців, яке перевищує фізичну межу міцності кісткових структур. Такий механізм найчастіше спостерігається при впливі вибухової хвилі, падінні з висоти чи ударі об тверду поверхню, коли енергія передається безпосередньо на грудопоперековий відділ - найвразливішу зону хребетного стовпа [59].

Біомеханічні особливості травмування у військових значною мірою визначають характер і тяжкість компресійних ушкоджень. Вибухова хвиля створює миттєву комбінацію згинальних, розгинальних і зсувних моментів, які діють одночасно і в різних площинах. Одночасне різке підвищення внутрішньогрудного та внутрішньочеревного тиску ще більше посилює компресію тіл хребців [16]. У ситуаціях падіння з висоти чи ударних навантажень енергія зіткнення не встигає розподілитися за рахунок м'язової амортизації, що призводить до локалізованого перевантаження переднього відділу хребця та його клиноподібної деформації. На тлі гострих подій суттєвою складовою патогенезу є мікроструктурні зміни, що розвиваються поступово внаслідок тривалих статичних та динамічних навантажень, характерних для військової служби [77]. Постійне носіння важкого

спорядження, особливо бронезилетів окремого зразка з нераціональним розподілом ваги, створює хронічне осьове перевантаження, що сприяє виснаженню трабекулярної кісткової тканини. У таких умовах формуються мікротріщини та порушується внутрішня архітектоніка хребцевого тіла, що значно знижує його стійкість до раптового навантаження. У результаті навіть відносно незначний травмувальний вплив може завершитися компресійним переломом [68].

Ключове значення у патогенезі має нейром'язовий компонент. Бойова втома, хронічний стрес, нестача сну та тривале перебування у вимушених позах призводять до зниження ефективності м'язового корсету [44]. Послаблення паравертебральних та глибоких стабілізаторів хребта порушує здатність опорно-рухового апарату до амортизації та рівномірного розподілу навантаження, що збільшує ризик різкого перевантаження тіл хребців у момент травми. Порушення нейром'язового контролю посилює деформаційні зміни, сприяє нестабільності ураженого сегмента та підвищує ризик повторних ушкоджень.

Після первинного структурного ушкодження хребця запускається ціла низка вторинних патологічних процесів. Розвивається локальна запальна реакція, виникає виражений рефлексорний м'язовий спазм, який обмежує рухливість, але водночас погіршує мікроциркуляцію у зоні травми. Порушення венозного відтоку, набряк м'яких тканин та подразнення рецепторного апарату зв'язкового апарату й фасеткових суглобів спричиняють стійкий больовий синдром [28]. У низці випадків формується хронізація болю з перебудовою центральних нейрональних шляхів, що значно ускладнює лікування і подовжує термін відновлення.

Одним із найбільш поширених клінічних проявів наслідків компресійних ушкоджень хребта є неспецифічний біль у попереку. Відповідно до сучасних наукових уявлень, під неспецифічним болем у попереку розуміють больовий синдром, який не може бути безпосередньо пов'язаний із конкретним структурним ураженням, інфекційним процесом, пухлиною чи системним захворюванням [9]. Незважаючи на відсутність чіткої анатомічної причини, такий біль суттєво впливає на функціональний стан пацієнта, обмежує фізичну активність та погіршує якість життя [12].

У військовослужбовців розвиток неспецифічного болю у попереку має свої особливості. Постійне носіння бронезахисту, тривалі статичні навантаження, пересування по пересіченій місцевості, виконання бойових завдань у вимушених положеннях тіла та хронічний психоемоційний стрес створюють умови для формування стійких функціональних порушень у попереково-крижовому відділі хребта [50]. Навіть після консолідації перелому та завершення гострого періоду травми значна частина пацієнтів продовжує скаржитися на біль різної інтенсивності, який обмежує фізичну працездатність та ускладнює повернення до повсякденної активності.

Важливу роль у розвитку неспецифічного болю відіграють зміни біомеханіки рухів. Після компресійного ушкодження хребта відбувається порушення нормального розподілу навантаження між окремими сегментами опорно-рухового апарату. Формуються компенсаторні рухові стереотипи, які супроводжуються перевантаженням паравертебральних м'язів, фасеткових суглобів, зв'язкового апарату та фасціальних структур. У результаті виникає хронічний м'язовий дисбаланс, який підтримує больовий синдром навіть за відсутності активного структурного ушкодження [23].

Крім механічних факторів, значний вплив на формування неспецифічного болю у попереку мають нейрофізіологічні механізми. Тривале існування больового синдрому призводить до змін центральної нервової системи, розвитку центральної сенситизації та підвищення чутливості больових рецепторів. У таких випадках інтенсивність болю може не відповідати ступеню структурних змін, що значно ускладнює процес лікування та реабілітації [60].

Таким чином, патогенез компресійних переломів хребта у військовослужбовців має комплексний, багаторівневий характер. Він включає гострі механічні пошкодження, прогресуючі мікроструктурні зміни, порушення біомеханіки хребетного сегмента, зниження нейром'язового контролю та розвиток вторинних запальних і больових процесів [13]. Взаємодія цих факторів визначає тяжкість клінічного перебігу та обумовлює необхідність створення

спеціалізованих, інтенсивних і водночас адаптованих до військових реалій реабілітаційних програм.

Компресійні переломи хребта у пацієнтів-військовослужбовців призводять до багаторівневих клінічно значущих наслідків, які включають структурні, функціональні, неврологічні, м'язово-фасціальні, вторинні дегенеративні та психосоціальні порушення. Одним із основних наслідків є хронічний больовий синдром у грудо поперековому відділі, який може бути локальним або відображеним у нижні кінцівки та значно обмежує фізичну активність. Внаслідок травми формується м'язова слабкість паравертебральних м'язів та глибоких стабілізаторів тулуба, що спричиняє дисбаланс м'язів, порушення стабільності хребта і підвищує ризик повторних ушкоджень [14].

Функціональні порушення проявляються обмеженням рухливості хребта, зменшенням амплітуди згинання, розгинання, бічних нахилів та обертання тулуба, а також розвитком порушень постави, зокрема кіфозу або лордозу. Неврологічні наслідки включають радикулопатії та подразнення спинномозкових корінців, міжреберну невралгію, порушення чутливості та рефлексів у сегменті ураження [32].

Компресійні переломи хребта у військовослужбовців призводять до комплексних функціональних, структурних та біомеханічних змін у опорно-руховому апараті. Первинні наслідки включають гострий больовий синдром, обмеження амплітуди рухів у грудопоясному відділі, м'язову слабкість та порушення стабілізації тулуба [15]. Через обмеження рухливості та компенсаторні механізми під час ходьби, військові часто змінюють патерн ходи та навантаження на нижні кінцівки, що створює додатковий ризик розвитку дегенеративних змін у тазостегнових суглобах. Зокрема, коксартроз у таких пацієнтів формується внаслідок хронічного перевантаження головки стегнової кістки та порушення центру маси тіла, що призводить до дегенерації суглобового хряща та субхондральної кістки [21]. Особливу увагу слід приділити коксартрозу саме у військових, оскільки носіння бронежилетів та важкого спорядження значно підвищує осьове навантаження на тазостегнові суглоби, а порушена біомеханіка

хребта ще більше посилює небезпечні компенсаторні рухи під час виконання бойових завдань [31]. Це не лише обмежує амплітуду рухів і функціональну активність, а й знижує бойову готовність підрозділів.

Крім коксартрозу, спинальні травми, а особливо компресійні ушкодження хребта часто призводять до міжреберної невралгії, що проявляється гострим, колючим або пекучим болем у ділянці грудної клітки, підсилюється при диханні, поворотах тулуба або носінні спорядження. Цей стан обмежує рухливість грудної клітки, зменшує ефективність дихання та погіршує переносимість фізичних навантажень, що критично для військових.

Ще однією важливою наслідковою зміною є обмеження рухливості діафрагми, яке виникає через спазм паравертебральних м'язів, зниження рухливості грудопоперекового переходу та обмеження міжреберного простору [74]. Це порушує дихальний патерн, знижує вентиляцію нижніх часток легень і може спричиняти вторинні кардіореспіраторні порушення при тривалому перебуванні у бойових умовах.

Серед функціональних наслідків значну роль відіграє міофасціальний синдром, що розвивається як наслідок дисбалансу м'язів спини та грудної клітки. Напруженість фасцій і тригерні точки викликають локальний та відображений біль, знижують амплітуду рухів, порушують координацію та стійкість тулуба. [51] Міофасціальний синдром часто поєднується з нейром'язовою дисфункцією та формує хронічний больовий комплекс, що ускладнює виконання навіть простих функціональних завдань [46].

Крім зазначених наслідків, компресійні переломи хребта можуть призводити до наступних ускладнень: вторинних деформацій хребта (клиноподібні зміни тіл хребців), хронічного м'язового спазму, зниження витривалості м'язів кора та порушення стабілізації тулуба, що разом збільшує ризик повторних травм і обмежує здатність до бойової діяльності [69].

Особливе значення у процесі відновлення військовослужбовців після компресійних ушкоджень хребта має оцінка функціонального стану пацієнта. Саме функціональний стан відображає не лише наявність анатомічних чи структурних

порушень, але й реальну здатність людини виконувати повсякденні, професійні та військово-службові завдання. У сучасній реабілітаційній практиці ефективність відновлення визначається не стільки ступенем загоєння пошкоджених тканин, скільки рівнем повернення пацієнта до попередньої активності та соціального функціонування [30].

Функціональний стан є інтегральною характеристикою, яка включає оцінку рухових можливостей, рівня фізичної витривалості, координації рухів, постурального контролю, сили м'язів, здатності до самообслуговування та участі у професійній діяльності. Для військовослужбовців дана категорія набуває особливого значення, оскільки навіть незначні обмеження рухливості або порушення стабільності тулуба можуть суттєво впливати на виконання бойових завдань, використання спорядження та пересування в умовах підвищеного фізичного навантаження.

Оцінювання функціонального стану повинно здійснюватися комплексно із використанням клінічних шкал, інструментальних методів дослідження та функціональних тестів. Поєднання суб'єктивних показників якості життя із об'єктивними біомеханічними характеристиками дозволяє більш точно визначати ступінь порушень, контролювати динаміку відновлення та своєчасно коригувати реабілітаційну програму. Саме тому функціональний стан розглядається як один із ключових критеріїв ефективності сучасних програм фізичної терапії.

Для підтвердження діагнозу компресійного перелому та визначення його важкості можуть призначатися обстеження з використанням зображень, а саме:

- рентген, що зазвичай використовується як початковий метод візуалізації для оцінки підозрюваних переломів хребта. Вони можуть надати цінну інформацію про вирівнювання, стабільність і структурну цілісність хребта. При компресійних переломах цей метод є достатньо інформативним, але він не покаже травмованість м'яких тканин (рис. 1.1).

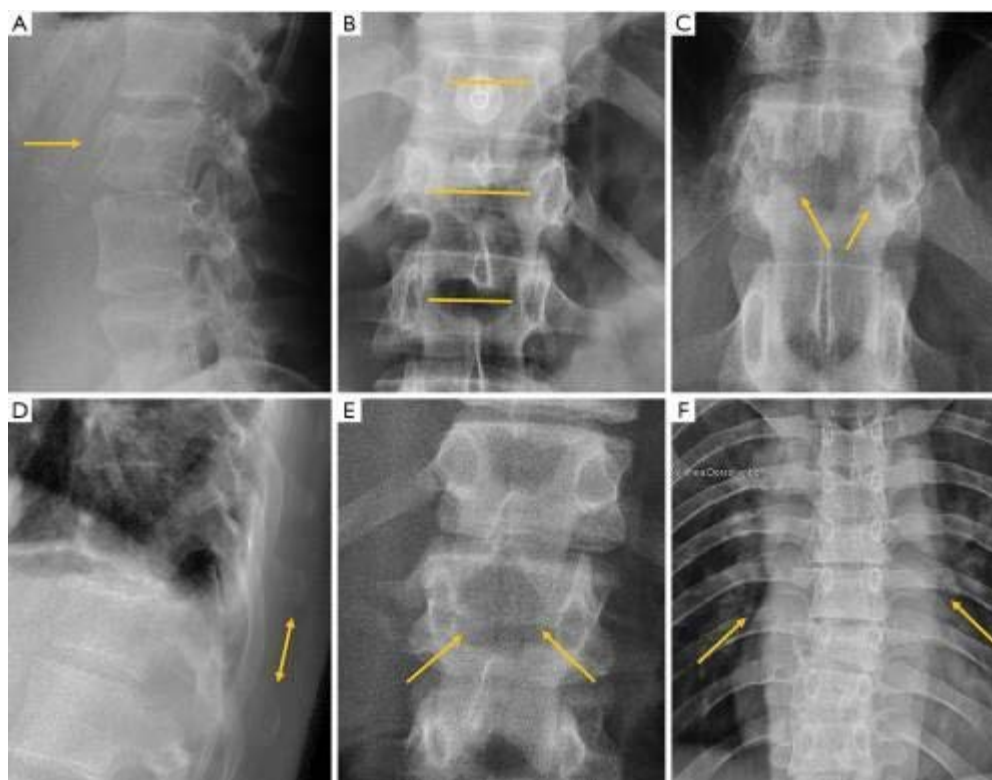


Рис. 1.1 Рентгенологічне дослідження компресійного перелому хребта

– комп'ютерна томографія (КТ), яку можна замовити для отримання більш детальних зображень хребта. Цей метод візуалізації дає зображення поперечного перерізу та може допомогти визначити ступінь і місце перелому, а також оцінити стабільність хребта.

– магнітно-резонансна томографія (МРТ), яка використовує магнітні поля та радіохвилі для створення детальних зображень м'яких тканин, включаючи спинний мозок і нервові корінці. МРТ особливо корисна для виявлення компресії спинного мозку, пошкоджень нервів або пов'язаних із ними пошкоджень м'яких тканин. Сканування кісток: у деяких випадках військові медичні працівники можуть рекомендувати сканування кісток, щоб виявити додаткові переломи або оцінити загальний стан кісток (рис. 1.2). Сканування кісток передбачає введення невеликої кількості радіоактивного матеріалу у кровоток, який накопичується у місцях посиленого обміну або загоєння кісткової тканини.



Рис. 1.2 МРТ компресійного перелому хребта

– електроміографія (ЕМГ) і дослідження нервової провідності (NCS). Ці тести можуть бути використані для оцінки функції нерву та визначення наявності будь-якого пошкодження або зіткнення нерву, пов'язаного з компресійним переломом. Інші спеціалізовані тести: залежно від тяжкості та складності компресійного перелому можуть бути розглянуті додаткові тести, такі як дискографія (для оцінки аномалій міжхребцевих дисків) або мієлографія (для оцінки спинного мозку та нервових корінців)

– багатоспіральна комп'ютерна томографія (БСКТ) (рис 1.3) – це найбільш сучасна методика проведення візуального обстеження структурних змін внутрішніх тканин, органів і функціональних систем організму. Відноситься до інструментальної діагностики.



Рис. 1.3 Багатозрізова спіральна комп'ютерна томографія

У системі медичної служби Збройних сил України під реабілітацією розуміють сукупність медичних, військово-професійних, соціально-економічних і педагогічних заходів, спрямованих на відновлення здоров'я, боєздатності (працездатності), порушених або втрачених військовослужбовцем у зв'язку з хворобою або травмою. Половина успіху швидкої та успішної реабілітації полягає у правильному визначенні діагнозу, який ставиться на основі досліджень. Тому варто порівняти ефективність різних інноваційних та стандартних методів дослідження і вибрати дійсно ефективний при компресійних переломах хребта. Результативність методів наведена у таблиці 1.1 спираючись на власні дослідження.

Таблиця 1.1

Результативність методів дослідження компресійних переломів хребта			
Критерії діагностики	Рентген	МРТ	МСКТ
Виявлення перелому	99%	65%	99%
Виявлення причини перелому	1%	70%	75%
Стан суглобу	15%	99%	99%
Стан зв'язок	0%	97%	98%

Спинно-мозковий канал	0%	99%	91%
Новоутворення	60%	93%	95%
Деформація	80%	92%	93%
Супутні захворювання	15%	92%	95%
Запалення	3%	90%	91%

Сучасні клінічні рекомендації розглядають фізичну терапію як один із найбільш ефективних методів лікування неспецифічного болю у попереку. Основними компонентами реабілітаційного втручання є терапевтичні вправи, стабілізаційні тренування, відновлення рухливості хребта, корекція постави та навчання пацієнта принципам контролю навантаження. Особлива увага приділяється зміцненню глибоких м'язів тулуба, які забезпечують стабільність хребетного стовпа та зменшують ризик рецидиву больового синдрому [57].

Для військовослужбовців важливим завданням фізичної терапії є не лише зменшення інтенсивності болю, але й відновлення функціональної готовності до виконання професійних обов'язків. Саме тому програми реабілітації повинні включати елементи функціонального тренування, спрямовані на підготовку до реальних фізичних навантажень, характерних для військової служби. Такий підхід дозволяє не лише усунути прояви больового синдрому, але й попередити розвиток повторних порушень опорно-рухового апарату.

1.3. Науково-методичні засади застосування інноваційних реабілітаційних технологій у фізичній терапії військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.

В останнє десятиліття спостерігається стрімкий розвиток інноваційних реабілітаційних технологій, які поступово змінюють традиційні підходи до відновлення пацієнтів із травматичними ушкодженнями опорно-рухового апарату. Основною метою впровадження інноваційних рішень є підвищення ефективності

реабілітаційного процесу, скорочення термінів відновлення та забезпечення більш високого рівня функціональної незалежності пацієнтів. Особливо актуальним це питання є для військовослужбовців, які після отримання бойових травм потребують швидкого повернення до активного життя та професійної діяльності.

Інноваційні реабілітаційні технології охоплюють широкий спектр сучасних методів та технічних засобів, серед яких особливе місце займають телереабілітація, системи біологічного зворотного зв'язку, роботизовані комплекси, віртуальна та доповнена реальність, цифрові системи аналізу рухів, EMS-костюми, носимі сенсорні пристрої та мобільні платформи моніторингу фізичної активності [2]. На відміну від традиційних методів фізичної терапії, такі технології дозволяють отримувати об'єктивні дані щодо стану пацієнта в режимі реального часу та забезпечувати оперативне коригування реабілітаційного втручання [4].

Важливою особливістю інноваційних технологій є можливість інтеграції різних методів оцінювання та відновлення в єдину систему підтримки клінічних рішень. Завдяки цьому фахівці можуть здійснювати комплексний аналіз рухових порушень, контролювати ефективність застосованих втручань та прогнозувати подальший перебіг відновлення. Такий підхід відповідає сучасній концепції персоналізованої медицини, яка передбачає індивідуальний підбір реабілітаційних заходів відповідно до потреб конкретного пацієнта [43].

Сучасний розвиток фізичної терапії та реабілітаційної медицини характеризується активним впровадженням реабілітаційних технологій, які дозволяють значно підвищити ефективність відновлення пацієнтів із травматичними ушкодженнями опорно-рухового апарату [80]. Реабілітаційні технології являють собою сукупність організаційних, методичних, технічних та цифрових рішень, спрямованих на відновлення порушених функцій організму, підвищення рівня активності пацієнта та покращення його якості життя. У сучасних умовах вони розглядаються не лише як допоміжний інструмент фізичної терапії, а як невід'ємна складова комплексного реабілітаційного процесу [78].

Особливого значення реабілітаційні технології набувають у роботі з військовослужбовцями, які перенесли компресійні ушкодження хребта. Внаслідок

складного характеру травми та необхідності швидкого повернення до професійної діяльності виникає потреба у застосуванні вискоєфективних підходів, що забезпечують безперервність відновлення на всіх етапах лікування. Саме використання сучасних технологій дозволяє поєднати клінічне спостереження, контроль фізичних навантажень, оцінку функціонального стану та моніторинг результатів реабілітаційного втручання в єдину систему [22].

Важливою перевагою сучасних реабілітаційних технологій є можливість об'єктивізації результатів лікування. Традиційні методи оцінки часто ґрунтуються на суб'єктивних скаргах пацієнта або клінічних спостереженнях спеціаліста. Натомість застосування цифрових засобів контролю рухів, систем аналізу постави, стабілометричних платформ, динамометрії та мобільних додатків дозволяє отримувати кількісні показники, які можуть використовуватися для оцінки динаміки відновлення та корекції індивідуальних програм фізичної терапії [34].

1.3.1. Телереабілітація та дистанційний моніторинг у фізичній терапії військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Серед найбільш перспективних напрямків розвитку інноваційних реабілітаційних технологій особливу увагу привертають цифрові системи дистанційного супроводу пацієнтів. Їх використання стало особливо актуальним в умовах воєнного стану, коли значна кількість військовослужбовців проходить лікування та відновлення у різних регіонах країни або продовжує реабілітацію після виписки зі стаціонару [3]. У таких умовах дистанційні технології дозволяють підтримувати безперервність реабілітаційного процесу без необхідності постійного відвідування спеціалізованих центрів.

Застосування цифрових платформ створює можливість для регулярного контролю виконання домашніх програм фізичної терапії, аналізу фізичної активності та своєчасного виявлення негативних змін функціонального стану [75]

Крім того, використання сучасних засобів комунікації сприяє підвищенню мотивації пацієнтів та покращує взаємодію між членами реабілітаційної команди.

Однією з провідних тенденцій сучасної фізичної терапії та реабілітаційної медицини є активне впровадження цифрових технологій, які забезпечують безперервність відновлювального процесу незалежно від місця перебування пацієнта. Особливої актуальності даний напрям набув у зв'язку зі зростанням кількості військовослужбовців, які отримали травми опорно-рухового апарату внаслідок бойових дій, а також необхідністю забезпечення тривалого супроводу пацієнтів після завершення стаціонарного етапу лікування.

Телереабілітація являє собою комплекс організаційних, інформаційно-комунікаційних та клінічних заходів, спрямованих на надання реабілітаційної допомоги із застосуванням цифрових технологій дистанційного зв'язку. [66] На відміну від традиційних моделей реабілітації, телереабілітація дозволяє забезпечити постійний контакт між пацієнтом та фахівцем з фізичної терапії, здійснювати контроль виконання індивідуальної програми відновлення, своєчасно коригувати навантаження та отримувати об'єктивні дані про функціональний стан пацієнта в режимі реального часу [17].

Для військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта застосування телереабілітації має особливе значення. Після завершення гострого та раннього відновлювального періодів значна частина пацієнтів повертається до місця проживання або продовжує військову службу, що ускладнює регулярне відвідування реабілітаційних центрів. У таких умовах дистанційні технології дозволяють забезпечити безперервність реабілітаційного процесу, підтримувати необхідний рівень фізичної активності та здійснювати контроль динаміки функціонального відновлення [79].

Сучасні системи телереабілітації базуються на використанні мобільних додатків, носимих сенсорних пристроїв, хмарних сервісів обробки даних та засобів відеозв'язку. Комплексне використання цих технологій створює умови для реалізації персоналізованого підходу до реабілітації та забезпечує високий рівень прихильності пацієнтів до виконання терапевтичних програм.

Важливим компонентом дистанційної реабілітації є мобільні додатки, які виконують функції цифрового асистента пацієнта. Вони дозволяють формувати індивідуальні програми фізичних вправ, нагадувати про необхідність виконання занять, контролювати тривалість та інтенсивність навантаження, а також накопичувати інформацію про результати відновлення. Використання мобільних платформ значно підвищує самостійність пацієнтів та сприяє формуванню відповідального ставлення до процесу реабілітації.

Особливе значення мобільні технології мають для військовослужбовців, які після проходження основного курсу лікування повертаються до службової діяльності. У таких випадках можливість отримання індивідуальних рекомендацій безпосередньо через смартфон дозволяє інтегрувати реабілітаційні заходи у повсякденний режим життя та службової діяльності без необхідності регулярного відвідування лікувального закладу.

Не менш важливим елементом сучасної телереабілітації є використання носимих сенсорів та пристроїв моніторингу фізичної активності. До даної категорії належать смарт-годинники, фітнес-браслети, акселерометри, гіроскопічні датчики, портативні кардіомонітори та інші цифрові пристрої, здатні реєструвати фізіологічні показники пацієнта у повсякденних умовах [70].

Застосування носимих технологій дозволяє здійснювати безперервний контроль частоти серцевих скорочень, рівня фізичної активності, кількості кроків, пройденої дистанції, тривалості рухової активності, енергетичних витрат організму, якості сну та показників варіабельності серцевого ритму. Отримані дані автоматично передаються до цифрової платформи, де можуть аналізуватися фізичним терапевтом для оцінки ефективності реабілітаційної програми.

Для пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта цифровий моніторинг має додаткову клінічну цінність. Контроль рухової активності дозволяє своєчасно виявляти як недостатню фізичну активність, що може призводити до розвитку гіподинамії та вторинних функціональних порушень, так і надмірні навантаження, здатні негативно впливати на процес відновлення пошкоджених структур хребта.

Особливо перспективним напрямом є використання цифрового контролю постави та рухових патернів. Сучасні сенсорні системи дозволяють оцінювати положення тулуба у просторі, симетричність навантаження, характеристики ходьби та особливості виконання функціональних рухів. Такий підхід створює можливість раннього виявлення компенсаторних механізмів, які часто формуються після травм хребта та можуть стати причиною розвитку хронічного больового синдрому або вторинних порушень опорно-рухового апарату.

Одним із ключових завдань телереабілітації є забезпечення можливості виконання домашніх програм фізичної терапії. Самостійні заняття є важливою складовою довготривалого відновлення після компресійних ушкоджень хребта, оскільки процес структурно-функціональної адаптації тканин та відновлення рухових навичок може тривати місяці або навіть роки після отримання травми.

Домашні програми реабілітації зазвичай включають вправи для покращення рухливості хребта, зміцнення м'язового корсета тулуба, розвитку стабілізаційних механізмів, тренування координації рухів, корекції постави та підвищення загальної фізичної витривалості. Перевагою сучасних цифрових платформ є можливість демонстрації техніки виконання вправ за допомогою відеоматеріалів, покрокових інструкцій та інтерактивних рекомендацій [80].

Особливого значення домашні програми набувають у військовослужбовців, які повертаються до виконання службових обов'язків. У таких випадках реабілітаційні заходи повинні бути максимально адаптованими до умов військової служби, враховувати режим фізичних навантажень та забезпечувати підтримання досягнутого рівня функціонального відновлення [83]. Самостійне виконання індивідуалізованих комплексів вправ дозволяє мінімізувати ризик розвитку рецидивів больового синдрому, підтримувати фізичну працездатність та сприяти подальшій професійній реінтеграції військовослужбовця.

Важливою перевагою телереабілітаційних технологій є можливість реалізації принципів персоналізованої медицини. На підставі даних дистанційного моніторингу фізичний терапевт отримує можливість оперативно коригувати

програму відновлення відповідно до поточного функціонального стану пацієнта, його рівня фізичної активності та індивідуальних потреб.

Отже, телереабілітація та дистанційний моніторинг є перспективним напрямом розвитку сучасної фізичної терапії військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Використання мобільних додатків, носимих сенсорних систем, цифрового контролю фізичної активності та домашніх програм реабілітації забезпечує безперервність відновлювального процесу, підвищує прихильність пацієнтів до лікування, створює умови для об'єктивного контролю функціонального стану та сприяє успішному поверненню військовослужбовців до активного життя і професійної діяльності [18].

Одним із перспективних напрямків розвитку реабілітаційних технологій є створення комплексних цифрових платформ супроводу пацієнта. Такі системи дозволяють здійснювати дистанційний моніторинг виконання вправ, контролювати рівень фізичної активності, відстежувати показники болю та функціональних можливостей, а також забезпечувати постійний зв'язок між пацієнтом та фахівцем з фізичної терапії. Для військовослужбовців, які можуть перебувати на значній відстані від спеціалізованих реабілітаційних центрів, подібні рішення забезпечують безперервність відновлення та сприяють підвищенню прихильності до лікування [82].

Сучасні реабілітаційні технології дозволяють реалізовувати принцип персоналізації реабілітаційного процесу. На основі даних функціонального обстеження, результатів інструментальних досліджень та аналізу індивідуальних потреб пацієнта можуть формуватися адаптовані програми фізичної терапії, які враховують рівень функціональних порушень, супутню патологію та особливості професійної діяльності. Це особливо актуально для військовослужбовців, оскільки їхні фізичні навантаження суттєво відрізняються від навантажень цивільного населення.

1.3.2. Застосування технологій біологічного зворотного зв'язку на основі стабілографічних платформ у реабілітації військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Одним із найбільш перспективних напрямів сучасної фізичної терапії є використання технологій біологічного зворотного зв'язку (Biofeedback), які забезпечують можливість об'єктивного контролю функціонального стану пацієнта та активного залучення його до процесу відновлення. В основі біологічного зворотного зв'язку лежить принцип отримання пацієнтом інформації про фізіологічні або біомеханічні параметри власного організму в режимі реального часу, що дозволяє свідомо коригувати рухову діяльність та підвищувати ефективність реабілітаційних втручань [77].

Для пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта особливе значення мають стабілографічні технології, які дозволяють оцінювати та коригувати порушення постурального контролю, рівноваги та координації рухів. Незважаючи на відсутність безпосереднього пошкодження спинного мозку у більшості пацієнтів із компресійними переломами хребта, тривала іммобілізація, больовий синдром, обмеження рухової активності та формування компенсаторних рухових стратегій часто призводять до порушення функції підтримання вертикальної пози та зміни біомеханіки ходьби.

Після компресійних ушкоджень хребта у пацієнтів нерідко спостерігаються порушення розподілу маси тіла між нижніми кінцівками, зміщення проєкції загального центру мас, асиметрія навантаження, зниження ефективності постуральних реакцій та порушення взаємодії між сенсорними системами, які забезпечують контроль рівноваги. Дані зміни можуть зберігатися навіть після повного зрощення кісткових структур та значно впливати на якість життя, професійну працездатність і безпечність повернення військовослужбовців до виконання службових обов'язків [35].

Стабілографія є сучасним методом функціональної діагностики, який дозволяє кількісно оцінювати особливості підтримання вертикальної пози людини

шляхом аналізу переміщення центру тиску (Center of Pressure, COP) на опорній поверхні. Основним елементом стабілографічної системи є стабілографічна платформа, оснащена високочутливими тензометричними датчиками, які реєструють найменші коливання тіла пацієнта під час стояння або виконання рухових завдань.

Під час проведення стабілографічного дослідження здійснюється реєстрація низки біомеханічних показників, серед яких особливе значення мають площа коливань центру тиску, довжина стабілограми, швидкість переміщення центру тиску, показники симетрії навантаження та напрямки постуральних коливань. Отримані дані дозволяють об'єктивно оцінити функціональний стан системи підтримання рівноваги та визначити основні порушення постурального контролю.

Однією з головних переваг стабілографічних платформ є можливість використання технології біологічного зворотного зв'язку. У процесі тренування пацієнт отримує візуальну, звукову або графічну інформацію про положення власного центру мас та характер постуральних коливань. Завдяки цьому формується механізм активного навчання, при якому людина свідомо коригує положення тіла для досягнення поставленого завдання.

Фізіологічною основою ефективності біологічного зворотного зв'язку є активація механізмів нейропластичності центральної нервової системи. Повторне виконання рухових завдань із постійним отриманням інформації про результати власної діяльності сприяє формуванню нових нейронних зв'язків, удосконаленню сенсомоторної інтеграції та покращенню процесів моторного контролю [84]. Особливого значення цей механізм набуває у військовослужбовців, оскільки їхня професійна діяльність пов'язана з підвищеними вимогами до координації рухів, швидкості реагування та здатності підтримувати рівновагу в умовах значних фізичних навантажень.

Сучасні стабілографічні комплекси дозволяють реалізовувати різноманітні тренувальні програми, спрямовані на відновлення постурального контролю. Найбільш поширеними є вправи зі зміщенням центру мас у різних напрямках, тренування симетричного навантаження на нижні кінцівки, вправи на утримання

рівноваги на нестабільній опорі, а також інтерактивні тренування із застосуванням елементів віртуальної реальності та ігрових технологій.

Особливу цінність для пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта становить можливість контролювати симетричність навантаження на нижні кінцівки. Внаслідок больового синдрому та страху руху пацієнти часто формують патологічні компенсаторні механізми, які проявляються перенесенням ваги тіла на менш болючу сторону. Тривале збереження таких порушень призводить до формування вторинних змін постави, перевантаження окремих м'язових груп та розвитку хронічного больового синдрому. Використання стабілографічного біологічного зворотного зв'язку дозволяє своєчасно виявляти та коригувати зазначені порушення [32].

Важливим напрямом використання стабілографічних платформ є оцінювання готовності військовослужбовця до повернення до професійної діяльності. Аналіз показників рівноваги, координації та постуральної стійкості дозволяє об'єктивно визначити ступінь функціонального відновлення та прогнозувати ризик виникнення повторних травм під час виконання службових обов'язків. Особливого значення це набуває при відновленні військовослужбовців, діяльність яких пов'язана з пересуванням пересіченою місцевістю, носінням засобів індивідуального захисту та виконанням складних рухових завдань в умовах бойової обстановки [36].

Останніми роками спостерігається тенденція до інтеграції стабілографічних платформ із цифровими технологіями телереабілітації. Сучасні системи дозволяють передавати результати тренувань через мережу Інтернет, забезпечуючи дистанційний контроль ефективності реабілітаційного процесу. Такий підхід особливо актуальний для військовослужбовців після завершення стаціонарного етапу лікування та повернення до місця служби або проживання.

Таким чином, застосування стабілографічних платформ із технологіями біологічного зворотного зв'язку є одним із найбільш перспективних напрямів сучасної фізичної терапії пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Використання даних технологій забезпечує

об'єктивну оцінку функціонального стану, прискорює процес відновлення постурального контролю та координації рухів, сприяє формуванню правильних рухових стереотипів, підвищує ефективність реабілітаційних програм та створює передумови для безпечного повернення військовослужбовців до повноцінної професійної діяльності.

Перспективним напрямком розвитку інноваційних реабілітаційних технологій є використання елементів штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання для аналізу результатів реабілітаційних втручань. Такі системи здатні автоматично обробляти великі масиви клінічних даних, визначати закономірності відновлення та прогнозувати можливі ризики виникнення ускладнень. У перспективі це може суттєво підвищити точність планування індивідуальних програм фізичної терапії та покращити якість надання реабілітаційної допомоги [85].

Окрему увагу привертає використання технологій віртуальної та доповненої реальності. Дані системи дозволяють створювати контрольовані умови для тренування рівноваги, координації рухів, просторової орієнтації та функціональної активності пацієнтів. Крім фізичного компонента, віртуальна реальність сприяє підвищенню зацікавленості пацієнтів у проходженні реабілітації та позитивно впливає на їхній психоемоційний стан.

Застосування інноваційних реабілітаційних технологій особливо важливе для військовослужбовців, які нерідко мають поєднані травми, хронічний больовий синдром та психоемоційні наслідки бойового стресу. У таких випадках сучасні цифрові рішення дозволяють поєднати фізичну, психологічну та соціальну складові відновлення, забезпечуючи комплексний підхід до реабілітації [40]

1.3.3. Застосування технологій віртуальної та доповненої реальності у фізичній терапії військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Стрімкий розвиток цифрових технологій у сфері охорони здоров'я сприяв впровадженню нових підходів до організації реабілітаційного процесу, серед яких особливе місце займають технології віртуальної (Virtual Reality, VR) та доповненої реальності (Augmented Reality, AR). У сучасній фізичній терапії зазначені технології розглядаються як перспективний інструмент підвищення ефективності відновлювальних втручань завдяки можливості створення контрольованого інтерактивного середовища, що забезпечує одночасний вплив на рухову, сенсорну, когнітивну та мотиваційну сфери пацієнта.

Для військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта використання технологій VR та AR набуває особливої актуальності у зв'язку з необхідністю комплексного відновлення функціонального стану, порушеного внаслідок травми. Навіть за відсутності грубих неврологічних дефіцитів компресійні ушкодження хребта нерідко супроводжуються порушеннями рівноваги, координації рухів, просторової орієнтації, зниженням фізичної активності, страхом руху та суттєвим зменшенням мотивації до тривалого проходження реабілітації [33]. У таких умовах використання інтерактивних цифрових технологій дозволяє значно розширити можливості традиційної фізичної терапії.

Віртуальна реальність являє собою комп'ютерно змодельоване середовище, в якому пацієнт може взаємодіяти з тривимірними об'єктами та виконувати спеціально розроблені рухові завдання. На відміну від традиційних методів тренування, віртуальне середовище дозволяє моделювати широкий спектр функціональних ситуацій, які максимально наближені до реальних умов життєдіяльності та професійної діяльності військовослужбовця.

Доповнена реальність, у свою чергу, забезпечує накладання цифрових об'єктів на реальне навколишнє середовище, що дозволяє пацієнту виконувати рухові завдання в умовах реального простору з одночасним отриманням додаткової візуальної інформації. Такий підхід є особливо корисним на завершальних етапах реабілітації, коли основним завданням стає підготовка військовослужбовця до повернення до повсякденної та професійної діяльності.

Одним із найважливіших напрямів використання VR/AR-технологій у пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта є тренування рівноваги та постурального контролю. Після травм хребта внаслідок тривалої іммобілізації, больового синдрому та порушення біомеханіки рухів часто формуються зміни в системі підтримання вертикальної пози. Пацієнти демонструють збільшення постуральних коливань, асиметричне навантаження на нижні кінцівки та зниження ефективності автоматичних механізмів підтримання рівноваги[44].

Використання віртуального середовища дозволяє створювати широкий спектр тренувальних завдань різного рівня складності. Пацієнт може виконувати вправи на утримання рівноваги, переміщення центру мас тіла, зміну напрямку руху, подолання віртуальних перешкод або пересування нестабільними поверхнями. При цьому програмне забезпечення забезпечує миттєвий біологічний зворотний зв'язок, що дозволяє контролювати правильність виконання завдання та своєчасно коригувати рухову стратегію [33].

Особливо важливою перевагою VR-тренувань є можливість поступового збільшення складності вправ без підвищення ризику травматизації пацієнта. Віртуальне середовище дозволяє моделювати різноманітні умови пересування, включаючи нерівні поверхні, вузькі проходи, сходові марші або складні траєкторії руху, що є надзвичайно актуальним для військовослужбовців, діяльність яких часто відбувається в екстремальних умовах [86].

Другим важливим напрямом застосування технологій VR та AR є відновлення координації рухів. Після компресійних ушкоджень хребта часто спостерігаються порушення міжм'язової взаємодії, зниження точності рухів, погіршення швидкості сенсомоторного реагування та формування нераціональних рухових патернів. Традиційні вправи не завжди забезпечують достатню кількість сенсорної інформації для ефективного формування нових рухових навичок.

Віртуальна реальність створює унікальні можливості для багаторазового повторення функціональних рухів у різноманітних умовах. Пацієнт може виконувати завдання на точність рухів, координацію верхніх і нижніх кінцівок, просторове орієнтування, швидкість реакції та контроль положення тіла. При

цьому система автоматично аналізує якість виконання завдання та адаптує рівень складності до поточних можливостей пацієнта.

Фізіологічною основою ефективності таких втручань є активація процесів нейропластичності. Інтенсивне повторення рухових дій у поєднанні з постійним сенсорним підкріпленням сприяє формуванню нових функціональних нейронних зв'язків, покращує інтеграцію пропріоцептивної, вестибулярної та зорової інформації та прискорює відновлення рухового контролю.

Особливого значення для військовослужбовців набуває можливість тренування складних координаційних навичок, які необхідні для виконання професійних завдань. У віртуальному середовищі можуть моделюватися ситуації пересування зі спорядженням, подолання перешкод, підтримання рівноваги під час перенесення вантажів або виконання завдань, що потребують високої точності рухів.

Окремою перевагою використання VR та AR у реабілітації є значний позитивний вплив на мотивацію пацієнтів. Однією з найбільш поширених проблем довготривалої реабілітації після травм хребта є поступове зниження прихильності до виконання фізичних вправ. Монотонність тренувань, тривалі терміни відновлення та недостатньо виражені короткострокові результати можуть призводити до втрати зацікавленості пацієнта в реабілітаційному процесі [3].

Інтерактивний характер VR-технологій дозволяє перетворити процес виконання вправ на захопливу діяльність із чітко визначеними цілями та миттєвим зворотним зв'язком. Елементи гейміфікації, система винагород, візуалізація досягнень та можливість відстеження власного прогресу сприяють підвищенню залученості пацієнта до реабілітаційного процесу та формуванню стійкої мотивації до занять [33].

Для військовослужбовців додатковим мотивуючим фактором є можливість моделювання професійно орієнтованих завдань, пов'язаних із майбутнім поверненням до служби. Виконання функціональних вправ у середовищі, що імітує реальні умови професійної діяльності, сприяє підвищенню впевненості у власних

можливостях та формуванню психологічної готовності до повернення до активного життя.

Сучасні тенденції розвитку реабілітаційних технологій демонструють поступову інтеграцію VR/AR-систем із телереабілітаційними платформами, носимими сенсорами та технологіями штучного інтелекту. Це створює передумови для формування персоналізованих програм фізичної терапії, які можуть адаптуватися до індивідуальних потреб пацієнта та забезпечувати безперервний моніторинг процесу відновлення.

Таким чином, технології віртуальної та доповненої реальності є сучасним високотехнологічним інструментом фізичної терапії військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Їх використання сприяє ефективному відновленню рівноваги та координації рухів, активізації механізмів нейропластичності, підвищенню мотивації до занять, покращенню функціональних результатів реабілітації та створює додаткові можливості для успішного повернення пацієнтів до професійної діяльності та повноцінного життя.

1.3.4. Цифрові технології моніторингу функціонального стану та безпеки реабілітаційного процесу у військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Цифрові технології моніторингу функціонального стану та безпеки реабілітаційного процесу у військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Сучасний розвиток медичних технологій суттєво змінив підходи до організації реабілітаційного процесу пацієнтів із травматичними ушкодженнями опорно-рухового апарату. Особливого значення цифрові технології набули в системі реабілітації військовослужбовців, оскільки бойові травми часто характеризуються складним перебігом, значними функціональними обмеженнями та необхідністю тривалого відновлення. Серед таких ушкоджень важливе місце

займають компресійні ушкодження хребта, які супроводжуються больовим синдромом, порушенням рухової активності, зниженням фізичної працездатності та обмеженням участі у повсякденному житті [5].

Традиційні методи оцінювання ефективності реабілітації ґрунтуються переважно на клінічному огляді, результатах функціональних тестів та суб'єктивних повідомленнях пацієнта щодо власного самопочуття. Незважаючи на їхню важливість, такі підходи не завжди дозволяють отримати безперервну та об'єктивну інформацію про зміни функціонального стану пацієнта в процесі відновлення. Саме тому останніми роками спостерігається активне впровадження цифрових технологій, здатних забезпечити постійний моніторинг показників рухової активності, фізичного навантаження та інших параметрів, що характеризують перебіг реабілітації.

Під цифровими технологіями моніторингу в реабілітаційній практиці розуміють сукупність апаратних і програмних засобів, які забезпечують збір, передачу, зберігання та аналіз даних про функціональний стан пацієнта. До таких засобів належать носимі сенсори, фітнес-трекери, смарт-годинники, інерційні вимірювальні системи, мобільні застосунки для контролю фізичної активності, а також спеціалізовані цифрові платформи для дистанційного спостереження за процесом відновлення.

Особливу цінність цифровий моніторинг має під час реабілітації військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Відновлення таких пацієнтів передбачає поступове збільшення фізичного навантаження, суворий контроль за реакцією організму на терапевтичні втручання та своєчасне виявлення ознак перевантаження. Використання цифрових технологій дозволяє отримувати об'єктивні дані про кількість кроків, тривалість фізичної активності, частоту серцевих скорочень, якість сну та інші показники, що відображають адаптацію організму до реабілітаційних заходів.

Важливою перевагою цифрових систем є можливість тривалого спостереження за пацієнтом не лише в умовах реабілітаційного закладу, а й під час виконання рекомендацій у домашньому середовищі. Це дозволяє оцінювати

фактичний рівень дотримання призначеної програми фізичної терапії, визначати зміни рухової поведінки та оперативно коригувати реабілітаційні втручання залежно від отриманих результатів. Таким чином, цифрові технології поступово стають важливим інструментом персоналізації реабілітаційного процесу та підвищення його ефективності.

Застосування цифрових засобів моніторингу також сприяє підвищенню безпеки реабілітаційних заходів. Завдяки автоматизованому контролю фізіологічних показників фахівці можуть своєчасно виявляти небажані реакції на фізичне навантаження, ознаки перевтоми або погіршення функціонального стану. Це має особливе значення для військовослужбовців із компресійними ушкодженнями хребта, у яких надмірне навантаження може негативно впливати на процес відновлення та збільшувати ризик виникнення ускладнень.

Одним із найбільш поширених напрямів цифрового моніторингу в сучасній реабілітації є використання носимих сенсорних систем. Їх впровадження дозволяє здійснювати безперервний контроль фізичної активності пацієнта та отримувати об'єктивні дані про його функціональний стан упродовж усього періоду відновлення. На відміну від традиційних методів оцінювання, які проводяться лише під час візиту до фахівця, носимі пристрої забезпечують реєстрацію показників у реальному часі та в природних умовах повсякденної діяльності.

До найбільш поширених пристроїв належать смарт-годинники, фітнес-браслети, акселерометри, гіроскопічні датчики та інерційні вимірювальні системи. Вони дозволяють визначати рівень рухової активності, кількість кроків, дистанцію пересування, тривалість фізичних навантажень, зміни положення тіла та інші параметри, які відображають функціональні можливості пацієнта [78]. У реабілітації після компресійних ушкоджень хребта ці показники можуть використовуватися для контролю поступового відновлення рухової активності та оцінки ефективності призначених реабілітаційних заходів.

Особливе значення має моніторинг параметрів ходьби, оскільки саме відновлення безпечного та функціонально повноцінного пересування є одним із ключових завдань фізичної терапії. Використання цифрових сенсорів дає

можливість аналізувати швидкість ходьби, довжину кроку, симетричність рухів та інші біомеханічні характеристики. Отримані дані дозволяють своєчасно виявляти порушення рухового стереотипу, які можуть формуватися внаслідок больового синдрому, м'язового дисбалансу або страху руху після травми.

У військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта нерідко спостерігається обмеження рухливості тулуба, зміни постави та зниження толерантності до фізичних навантажень. Тому цифрові технології можуть використовуватися не лише для оцінювання загальної рухової активності, але й для контролю якості виконання вправ. Сучасні сенсорні системи здатні реєструвати амплітуду рухів, швидкість їх виконання та положення окремих сегментів тіла в просторі. Це створює додаткові можливості для індивідуалізації програм фізичної терапії та підвищення їх ефективності [33].

Важливою складовою цифрового моніторингу є оцінювання фізіологічної відповіді організму на реабілітаційні навантаження. Більшість сучасних носимих пристроїв оснащені датчиками контролю частоти серцевих скорочень, що дозволяє оцінювати інтенсивність фізичної активності та безпечність виконання вправ. Для пацієнтів із компресійними ушкодженнями хребта це має особливе значення, оскільки надмірне навантаження може призводити до посилення больового синдрому, розвитку компенсаторних рухових стратегій або погіршення загального самопочуття.

Окрім показників фізичної активності, сучасні цифрові системи все частіше використовуються для моніторингу сну. Відомо, що хронічний біль, характерний для багатьох пацієнтів після травм хребта, негативно впливає на якість нічного відпочинку [71]. Недостатня тривалість або порушення структури сну можуть сповільнювати процеси відновлення, знижувати фізичну працездатність та погіршувати психоемоційний стан. Аналіз даних про сон дозволяє отримати додаткову інформацію щодо загального функціонального стану військовослужбовця та ефективності реабілітаційної програми.

Окремої уваги заслуговує можливість інтеграції даних, отриманих із різних цифрових пристроїв, у єдині інформаційні системи. Такий підхід забезпечує

формування комплексного профілю пацієнта, який містить інформацію про фізичну активність, фізіологічні показники, рівень функціональних обмежень та динаміку відновлення. Завдяки цьому фахівці з фізичної терапії можуть приймати більш обґрунтовані клінічні рішення та своєчасно вносити зміни до реабілітаційної програми відповідно до поточного стану пацієнта.

Таким чином, використання носимих сенсорних технологій створює додаткові можливості для об'єктивного оцінювання функціонального стану військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Їх застосування сприяє підвищенню точності моніторингу, покращенню контролю за перебігом відновлення та забезпеченню більш високого рівня безпеки реабілітаційного процесу.

Подальший розвиток цифрових технологій сприяв активному впровадженню телереабілітації та спеціалізованих мобільних застосунків у практику відновного лікування. Особливої актуальності такі рішення набули в умовах зростання кількості військовослужбовців, які потребують тривалого реабілітаційного супроводу після бойових травм. Телереабілітація дозволяє забезпечити безперервність реабілітаційного процесу незалежно від місця перебування пацієнта, що є важливою перевагою в умовах сучасної системи медичного забезпечення [24].

Телереабілітація передбачає використання інформаційно-комунікаційних технологій для дистанційного проведення консультацій, контролю виконання вправ, оцінювання функціонального стану та корекції реабілітаційних програм. На відміну від традиційних підходів, за яких ефективність лікування значною мірою залежить від регулярного відвідування реабілітаційного центру, дистанційні технології дозволяють підтримувати постійний зв'язок між пацієнтом та фахівцем з фізичної терапії [42].

Для військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта це має особливе значення, оскільки процес відновлення часто триває протягом тривалого часу та потребує систематичного виконання вправ навіть після завершення стаціонарного етапу лікування. Водночас після виписки пацієнти

нерідко стикаються зі зниженням мотивації до занять, труднощами у дотриманні рекомендацій або невпевненістю щодо правильності виконання окремих елементів програми. Використання цифрових платформ дозволяє частково вирішити ці проблеми шляхом регулярного контролю та надання оперативного зворотного зв'язку.

Сучасні мобільні застосунки можуть виконувати широкий спектр функцій, пов'язаних із моніторингом перебігу реабілітації. Вони забезпечують нагадування про виконання вправ, реєстрацію рівня фізичної активності, ведення щоденників самопочуття та больового синдрому, а також автоматичне накопичення даних про динаміку функціонального стану. У результаті формується цифрова історія реабілітаційного процесу, яка дозволяє оцінювати зміни стану пацієнта не лише під час окремих оглядів, а й упродовж усього періоду відновлення.

Важливим напрямом застосування мобільних технологій є моніторинг суб'єктивних показників здоров'я. Незважаючи на значний розвиток об'єктивних методів оцінювання, саме суб'єктивне сприйняття болю, рівень втоми, якість сну та здатність виконувати повсякденні дії залишаються важливими критеріями ефективності реабілітації. Цифрові платформи дозволяють регулярно збирати такі дані шляхом заповнення електронних анкет та опитувальників. Це сприяє більш повному розумінню процесів відновлення та дозволяє своєчасно виявляти негативні зміни у стані пацієнта.

Перспективним напрямом є використання систем дистанційного біологічного зворотного зв'язку. [33]. Такі технології забезпечують миттєве інформування пацієнта про правильність виконання рухів або відповідність фізичного навантаження встановленим параметрам. У реабілітації після компресійних ушкоджень хребта це дозволяє мінімізувати ризик помилок під час самостійних занять та підвищити ефективність виконання терапевтичних вправ.

Застосування цифрових платформ також сприяє підвищенню прихильності пацієнтів до лікування. Можливість відстежувати власний прогрес, отримувати нагадування та бачити результати виконаної роботи позитивно впливає на мотивацію до занять. Для військовослужбовців, які часто орієнтовані на

досягнення конкретного функціонального результату та повернення до активного способу життя, такий підхід може виступати додатковим стимулюючим фактором.

Разом із перевагами телереабілітації слід враховувати і певні обмеження її використання. До них належать технічні труднощі, недостатній рівень цифрової грамотності окремих пацієнтів, а також неможливість повноцінного проведення деяких видів клінічного обстеження дистанційно. Крім того, ефективність телереабілітаційних програм значною мірою залежить від рівня залученості самого пацієнта та його готовності дотримуватися запропонованих рекомендацій.

Незважаючи на існуючі обмеження, результати сучасних досліджень свідчать про високу перспективність телереабілітаційних технологій у відновленні пацієнтів із захворюваннями та травмами опорно-рухового апарату. Для військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта такі технології створюють можливості для безперервного моніторингу функціонального стану, своєчасного коригування реабілітаційних програм та підтримання належного рівня безпеки під час виконання відновлювальних заходів.

Забезпечення безпеки є одним із ключових принципів сучасної реабілітації пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Ефективність відновлення значною мірою залежить не лише від правильного підбору реабілітаційних заходів, а й від здатності своєчасно виявляти фактори ризику, що можуть негативно впливати на перебіг відновного процесу. У цьому контексті цифрові технології відкривають нові можливості для постійного контролю стану пацієнта та попередження потенційно небезпечних ситуацій. [66].

Традиційно оцінювання безпеки реабілітаційних втручань здійснюється шляхом клінічного спостереження, аналізу скарг пацієнта та періодичного проведення функціональних тестів. Проте між окремими візитами до фахівця можуть виникати зміни функціонального стану, які залишаються непоміченими. Саме тому особливого значення набуває безперервний цифровий моніторинг, що забезпечує відстежування фізіологічних та поведінкових показників в режимі реального часу.

Одним із важливих напрямів цифрового контролю є моніторинг реакції організму на фізичне навантаження. У процесі реабілітації військовослужбовців із компресійними ушкодженнями хребта необхідно забезпечити баланс між достатнім рівнем навантаження для стимуляції відновлення та недопущенням перевтоми або погіршення стану [48]. Використання носимих пристроїв дозволяє контролювати частоту серцевих скорочень, рівень фізичної активності, тривалість навантаження та швидкість відновлення після виконання вправ. Аналіз цих показників допомагає своєчасно виявляти ознаки надмірного навантаження та коригувати програму фізичної терапії.

Особливої уваги потребує контроль больового синдрому, який є одним із провідних клінічних проявів наслідків компресійних ушкоджень хребта. У сучасних цифрових системах для цього використовуються електронні щоденники болю, що дозволяють пацієнтам регулярно фіксувати інтенсивність больових відчуттів, їх тривалість та обставини виникнення. Накопичення таких даних дає можливість відстежувати динаміку больового синдрому та визначати взаємозв'язок між змінами симптоматики й окремими елементами реабілітаційної програми.

Важливим компонентом безпеки є профілактика повторних ушкоджень та ускладнень. Після компресійних травм хребта надмірне осьове навантаження, різкі рухи або порушення техніки виконання вправ можуть негативно впливати на процес відновлення. Сучасні сенсорні технології дозволяють аналізувати біомеханіку рухів та фіксувати відхилення від рекомендованих параметрів. У разі виявлення потенційно небезпечних рухових патернів система може автоматично формувати попередження для пацієнта або спеціаліста з фізичної терапії.

Окремим напрямом розвитку цифрових технологій є використання алгоритмів аналізу великих масивів даних для прогнозування результатів реабілітації. Зібрана інформація про фізичну активність, фізіологічні показники, больовий синдром та функціональний стан може використовуватися для виявлення закономірностей, які складно визначити під час звичайного клінічного спостереження [25]. На основі таких даних формуються індивідуальні профілі

ризик, що дозволяють прогнозувати можливі труднощі у відновленні та своєчасно вживати профілактичних заходів.

Перспективним напрямом є інтеграція цифрових технологій у систему прийняття клінічних рішень. У цьому випадку інформація, отримана від різних джерел моніторингу, автоматично обробляється та подається спеціалісту у зручному для аналізу вигляді. Це сприяє більш об'єктивній оцінці стану пацієнта та дозволяє оперативно реагувати на будь-які зміни, що можуть впливати на безпеку реабілітаційного процесу.

Для військовослужбовців така система моніторингу має додаткове значення, оскільки наслідки бойових травм часто супроводжуються поєднанням фізичних та психоемоційних порушень. Хронічний біль, порушення сну, зниження фізичної витривалості та психологічний стрес можуть взаємно посилювати один одного, впливаючи на перебіг відновлення [29]. Використання цифрових технологій дозволяє здійснювати комплексне спостереження за різними аспектами стану здоров'я та своєчасно виявляти несприятливі тенденції.

Таким чином, цифрові технології поступово стають важливим інструментом забезпечення безпеки реабілітаційного процесу. Їх застосування сприяє своєчасному виявленню факторів ризику, підвищенню об'єктивності контролю за станом пацієнта та створює умови для більш персоналізованого підходу до відновлення військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта [54].

Переваги та обмеження використання цифрових технологій у реабілітації військовослужбовців

Використання цифрових технологій у реабілітації військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта має низку переваг. Насамперед вони забезпечують більш об'єктивне оцінювання функціонального стану пацієнта порівняно з традиційними методами спостереження. Завдяки безперервному збору даних спеціалісти можуть отримувати інформацію про рівень фізичної активності, особливості рухового режиму, реакцію організму на навантаження та динаміку відновлення.

Важливою перевагою є можливість персоналізації реабілітаційних програм. Дані моніторингу дозволяють адаптувати навантаження відповідно до поточного стану пацієнта, що сприяє підвищенню ефективності відновлення та зменшенню ризику перевантаження. Крім того, цифрові платформи покращують взаємодію між пацієнтом і фахівцем, забезпечуючи регулярний контроль навіть поза межами лікувального закладу [55].

Разом із перевагами існують і певні обмеження. Одним із них є залежність від технічного забезпечення та стабільного доступу до цифрових ресурсів. Окремі пацієнти можуть відчувати труднощі під час використання сучасних технологій, що впливає на повноцінність збору інформації та ефективність дистанційного супроводу.

Також слід враховувати, що цифрові технології не можуть повністю замінити клінічне обстеження та безпосередню роботу спеціаліста з фізичної терапії. Отримані дані потребують професійної інтерпретації та повинні використовуватися як доповнення до традиційних методів оцінювання стану пацієнта.

Перспективи використання цифрового моніторингу в реабілітації військовослужбовців

Подальший розвиток цифрових технологій відкриває нові можливості для вдосконалення реабілітаційної допомоги військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Одним із перспективних напрямів є створення комплексних систем моніторингу, які поєднують дані про рухову активність, фізіологічні показники та суб'єктивну оцінку самопочуття пацієнта.

Важливого значення набуває інтеграція цифрових платформ у загальну систему медичної та реабілітаційної допомоги. Це сприятиме підвищенню доступності реабілітаційних послуг, забезпеченню безперервності спостереження та покращенню якості контролю за перебігом відновлення.

Таким чином, цифрові технології поступово стають невід'ємною складовою сучасної реабілітації. Їх використання дозволяє підвищити об'єктивність моніторингу функціонального стану, покращити безпеку реабілітаційного процесу

та створити умови для більш індивідуалізованого підходу до відновлення військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта.

1.3.5. Персоналізація реабілітаційних втручань на основі Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я у військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Сучасна система реабілітаційної допомоги дедалі більше орієнтується на індивідуальні потреби пацієнта та досягнення конкретних функціональних результатів. Одним із ключових інструментів, що забезпечує реалізацію такого підходу, є Міжнародна класифікація функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я (МКФ). Її використання дозволяє оцінювати не лише наявність структурних ушкоджень чи клінічних симптомів, а й їхній вплив на повсякденну активність, участь у суспільному житті та загальне функціонування людини [6].

Для військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта застосування МКФ має особливе значення. Навіть за відносно задовільних клінічних показників такі пацієнти можуть мати суттєві труднощі під час виконання професійних, побутових або соціальних завдань. Саме тому оцінка ефективності реабілітації повинна враховувати не лише анатомічне відновлення ушкоджених структур, але й рівень функціональної незалежності та можливість повернення до активного життя.

Концепція МКФ ґрунтується на біопсихосоціальній моделі здоров'я, відповідно до якої функціонування людини визначається взаємодією між станом організму, особистісними особливостями та факторами навколишнього середовища. У контексті компресійних ушкоджень хребта це означає, що на результати реабілітації можуть впливати не лише больовий синдром чи обмеження рухливості, але й рівень фізичної підготовки військовослужбовця, психологічний стан, мотивація до відновлення, соціальна підтримка та умови подальшої служби або повсякденного життя [13].

Використання МКФ дозволяє проводити комплексне оцінювання стану пацієнта за кількома взаємопов'язаними компонентами: функції та структури організму, активність, участь, фактори навколишнього середовища та особистісні фактори. Такий підхід сприяє більш повному розумінню наслідків травми та допомагає визначити пріоритетні напрями реабілітаційного втручання.

Персоналізація реабілітації на основі МКФ передбачає формування індивідуального профілю функціонування пацієнта. Під час первинного обстеження визначаються основні функціональні порушення, обмеження активності та труднощі участі, які найбільше впливають на якість життя військовослужбовця. На підставі отриманих даних встановлюються короткострокові та довгострокові цілі реабілітації, що відповідають реальним потребам конкретного пацієнта.

Такий підхід дозволяє відійти від використання стандартних програм відновлення та забезпечити індивідуальний підбір реабілітаційних заходів. Наприклад, для одного пацієнта пріоритетом може бути зменшення больового синдрому та покращення мобільності хребта, тоді як для іншого основною метою стане відновлення витривалості, здатності до тривалої ходьби або повернення до професійної діяльності.

Важливою перевагою використання МКФ є можливість формулювання реабілітаційних цілей відповідно до функціональних потреб пацієнта. На відміну від традиційного підходу, який переважно орієнтується на усунення клінічних проявів захворювання або травми, МКФ дозволяє визначати цілі, спрямовані на покращення повсякденного функціонування людини. Для військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта це може включати відновлення здатності до самостійного пересування, виконання побутових завдань, фізичної активності та повернення до професійної діяльності.

Одним із ключових принципів персоналізації реабілітаційних втручань є активне залучення самого пацієнта до процесу планування відновлення. Використання МКФ дозволяє враховувати індивідуальні потреби, очікування та життєві пріоритети військовослужбовця. У результаті цілі реабілітації стають

більш зрозумілими та значущими для пацієнта, що позитивно впливає на його мотивацію та прихильність до виконання призначеної програми.

Застосування МКФ також сприяє ефективній взаємодії між членами мультидисциплінарної реабілітаційної команди. Лікар фізичної та реабілітаційної медицини, фізичний терапевт, ерготерапевт, психолог та інші спеціалісти можуть використовувати єдину систему оцінювання функціонування пацієнта [12]. Це забезпечує узгодженість реабілітаційних заходів та дозволяє комплексно впливати на різні аспекти порушень, що виникли внаслідок травми.

Особливого значення набуває оцінювання факторів навколишнього середовища, які можуть як сприяти, так і перешкоджати відновленню функціональної незалежності. Для військовослужбовців такими факторами можуть бути доступність реабілітаційних послуг, підтримка сім'ї, умови проживання, забезпечення технічними засобами реабілітації та можливість повернення до професійної діяльності. Врахування цих аспектів дозволяє зробити реабілітаційний процес більш ефективним та наближеним до реальних умов життя пацієнта.

Персоналізований підхід на основі МКФ також передбачає регулярне оцінювання динаміки функціонального стану та корекцію поставлених цілей відповідно до досягнутих результатів. У процесі реабілітації окремі завдання можуть змінюватися залежно від темпів відновлення, появи нових потреб або зміни життєвих обставин військовослужбовця. Така гнучкість дозволяє підтримувати актуальність реабілітаційної програми на всіх етапах відновлення.

Отже, використання МКФ створює науково обґрунтовану основу для персоналізації реабілітаційних втручань у військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Комплексне оцінювання функціонування, орієнтація на індивідуальні потреби пацієнта та міждисциплінарна взаємодія фахівців сприяють підвищенню ефективності реабілітації та досягненню максимально можливого рівня функціональної незалежності.

1.4 Обґрунтування напрямків та дизайну досліджень невирішених питань реабілітаційної діагностики та реабілітаційної допомоги військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта

Останні кілька років у науковій літературі спостерігається помітний зсув у бік цифрових і дистанційних рішень для реабілітації ветеранів і діючих військових [2, 17, 19, 25, 44, 45, 73]. Декілька пілотних та експериментальних досліджень показують, що мультимодальні цифрові програми (деколи з елементами телемедицини, відео інструкцій та моніторингу активності) є життєздатною альтернативою або доповненням до очної терапії для пацієнтів із болями в опорно-руховому апараті - вони підвищують залученість пацієнтів і забезпечують хороший рівень прихильності до комплексу вправ у «домашніх» умовах [41, 44, 45, 47, 57, 72, 80]. Це підтверджують нещодавні пілотні дослідження цифрових програм для ветеранів із м'язово-скелетним болем [44, 47, 72].

Телереабілітація та групова телерапія також продемонстрували високу прийнятність серед старших ветеранів і пацієнтів із хронічними станами, при цьому групові онлайн-сесії додатково дають соціальний ефект, який покращує мотивацію та результати втручання [19, 25, 44, 45, 73]. Однак у доступних дослідженнях наголошується на необхідності чіткого скринінгу пацієнтів, адаптації інтенсивності програм і технічної підтримки для учасників, аби уникнути низької комплаєнтності або технічних бар'єрів [25, 44, 45, 57, 75, 76].

Віртуальна реальність (VR) і збагачені середовища (immersive / non-immersive) активно вивчаються для психологічної та фізичної реабілітації військових [3, 18, 23, 30, 42]. Багато оглядів і контрольованих досліджень показали ефективність VR-експозиційної терапії (VRET) у зниженні симптомів тривоги й уникнення, а окремі дослідження демонструють користь VR як засобу моторної тренування та мотивації в реабілітації рухових розладів для осіб з посттравматичним стресовим розладом (ПТСР) [22, 30, 42]. Водночас результати варіюють залежно від протоколу, дозування та технологічної реалізації, а також від рівня інтеграції VR у мультидисциплінарний протокол [18, 22, 42].

Робототехнічні рішення та екзоскелети викликають великий інтерес як інструменти відновлення ходи й поліпшення функціонального стану осіб із тяжкими ураженнями (SCI, травми спини) [14, 42, 49, 71]. Останні рандомізовані та квазі-експериментальні дослідження показують змішані результати: деякі мета-аналізи повідомляють про поліпшення функції ходи після тривалого використання екзоскелетів, натомість великі контрольовані випробування у ветеранів іноді не виявляють суттєвої різниці в основних клінічних показниках порівняно зі стандартною терапією [14, 42, 49, 71]. Загальні висновки - екзоскелети корисні для певних підгруп пацієнтів і мають потенціал як додатковий засіб, але їх ефективність залежить від часу початку реабілітації, дозування сесій та індивідуального відбору пацієнтів [14, 42, 49].

Окрема лінія досліджень стосується інтенсивних короткострокових протоколів та швидких програм «підготовки до повернення» (early mobilization / accelerated rehab), які мають практичну цінність у військовому середовищі з обмеженими термінами доступності реабілітації [5, 37, 42, 46, 66]. Дані свідчать, що при правильному розподілі навантаження, чіткому контролю болю та тісному медичному супроводі інтенсивніший режим може скоротити час функціонального відновлення без підвищення ризику ускладнень [37, 42, 46, 66], проте більшість робіт виконані на невеликих вибірках і потребують рандомізованих досліджень для остаточних висновків [42, 44, 45].

Критичні обмеження сучасної наукової літератури. По-перше, багато досліджень - це пілоти або якісні/змішані дослідження з обмеженою статистичною потужністю, по-друге, відсутні великі RCT, що прямо порівнюють адаптовані для військового контексту дистанційні/інтенсивні програми з традиційною клінічною реабілітацією за кінцевими функціональними та поверненням до служби показниками, по-третє, є небагато робіт, які систематично враховують специфіку військового спорядження (бронежилети, маса спорядження) та бойових умов під час розробки протоколів [44, 45, 66, 83]. У зв'язку з цим існує потреба в дослідженнях, що включають реальні умови служби та мультидисциплінарний підхід до оцінки результатів [5, 18, 42, 66].

Для практичного впровадження в умовах обмежених строків і дистанційного супроводу важливо врахувати кілька ключових висновків із наукових та методичних джерел. По-перше, цифрові мультикомпонентні програми добре показують себе як доповнення до очної терапії й можуть бути ефективними як основна опція там, де очний доступ обмежений, критичною є адаптація індивідуального плану, прозора система моніторингу (відео, датчики активності) та частіші короткі сесії замість рідкісних довгих [17, 25, 44, 45, 57, 63, 72, 75, 76]. Цей підхід поєднує високу частоту контакту з обмеженим загальним часом терапії [44, 45, 72].

По-друге, VR має великі можливості для інтеграції як у фізичну, так і в психологічну реабілітацію військових: запропоновані протоколи мають бути градуйованими, інтегрованими з психотерапією при ПТСР і модульними для моторного тренування [22, 30, 42]. В українському контексті вже є приклади практичного застосування VR для постраждалих від бойових дій – це полегшує локальну адаптацію технологій і створення контенту, релевантного до бойових сценаріїв [22, 30].

По-третє, екзоскелети та роботизована терапія доцільні як додатковий компонент для певних пацієнтів (особливо при SCI або тяжких моторних порушеннях), але їх впровадження потребує ретельного відбору пацієнтів, підготовленого персоналу і оцінки вартості-ефективності в умовах військової системи охорони здоров'я [14, 42, 49, 71].

Гіпотеза. Впровадження спеціально розробленої гібридної (очно-дистанційної) програми реабілітації для військовослужбовців із компресійними переломами хребта, що передбачає короткі, часті сесії з використанням цифрових платформ, VR-модулів та інтенсивних функціональних вправ, дозволить зменшити больовий синдром, прискорити відновлення рухової функції та підвищити працездатність військовослужбовців у порівнянні з традиційними методами реабілітації, односно знижуючи ризик ускладнень та вторинних деформацій хребта.

Розширена логіка. Мікроструктурні та біомеханічні ушкодження хребта у військових обумовлюють високу вразливість до повторних травм і хронізації болю, традиційні підходи не завжди дозволяють оптимізувати частоту та інтенсивність відновлювальних сесій у бойових умовах, гібридна програма з дистанційним моніторингом, VR та короткими інтенсивними заняттями компенсує ці обмеження, забезпечує адаптацію навантаження до конкретних бойових умов і прискорює відновлення.

Висновки до розділу 1

У результаті аналізу наукових джерел встановлено, що компресійні переломи хребта у військовослужбовців мають переважно травматичний генез і пов'язані з дією високоенергетичних чинників, зокрема вибухових хвиль, падінь з висоти, бойових та транспортних травм. Водночас додатковими факторами ризику виступають значні фізичні навантаження, носіння екіпірування та кумулятивний вплив мікротравматизації, що може знижувати міцність кісткових структур.

Патогенез компресійних переломів хребта характеризується порушенням цілісності тіл хребців із формуванням їх клиноподібної деформації, зменшенням висоти передніх відділів та зміною біомеханіки хребетного стовпа. У контексті бойової травми часто спостерігається поєднання компресійних ушкоджень із вибуховою травмою, що підвищує ризик ураження задніх опорних структур хребця, розвитку нестабільності та компресії спинного мозку або нервових корінців, що визначає вираженість неврологічних і функціональних порушень. Сучасна діагностика компресійних переломів хребта у військовослужбовців ґрунтується на комплексному підході із застосуванням клінічного обстеження та інструментальних методів [56]. Провідне значення мають рентгенографія, комп'ютерна томографія та магнітно-резонансна томографія, які дозволяють деталізувати характер ушкодження, оцінити ступінь компресії, стабільність хребетного сегмента та стан спинного мозку. В умовах бойових дій особливого

значення набуває швидка діагностика для своєчасного визначення тактики лікування та подальшої медичної евакуації [8].

Таким чином, компресійні переломи хребта у пацієнтів-військовослужбовців є складною клінічною проблемою, що характеризується тяжчим перебігом, високим ризиком ускладнень та значними функціональними обмеженнями. Це обумовлює необхідність ранньої діагностики, диференційованого підходу до лікування та обов'язкового включення комплексної реабілітації як ключового етапу відновлення функціональної незалежності та повернення до професійної діяльності.

Отримані результати аналізу наукової літератури свідчать про доцільність подальшого наукового обґрунтування та впровадження інноваційних технологій реабілітації пацієнтів-військовослужбовців після компресійного ушкодження хребта, що й визначає актуальність та перспективність проведення даного дисертаційного дослідження.

За результатами даного розділу опубліковані наукові праці [1].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали дослідження

Клініко-статистична характеристика хворих: Пацієнтів було розподілено на дві порівнювані групи методом випадкової вибірки.

Основну групу (ОГ) ($n = 29$) становили військовослужбовці, які проходили гібридну реабілітаційну програму, що поєднувала очні заняття з фахівцем та дистанційну телереабілітацію з використанням цифрових платформ, відеопроколів, мобільних додатків і щоденного контролю виконання вправ. Програма включала структуровані стабілізаційні, міофасціальні, антикіфотичні та дихальні модулі, адаптовані до коротких термінів реабілітації та специфіки військової служби [49].

Контрольну групу (КГ) ($n = 27$) складали пацієнти, які отримували традиційну реабілітацію відповідно до чинних клінічних рекомендацій та стандартної практики реабілітаційних відділень. Стандартний протокол включав індивідуальні заняття з фахівцем, фізіотерапію та базові вправи для зміцнення м'язів спини, без дистанційного супроводу та без додаткових технологічних рішень.

Тривалість втручання для обох груп становила 6–8 тижнів, залежно від клінічної динаміки та переносимості навантаження. Оцінювання проводилося у три етапи:

1. Вихідний рівень (до початку програми),
2. Проміжний контроль (на 3–4 тижні),
3. Фінальний контроль (після завершення програми).

Для оцінки ефективності застосовували стандартизовані інструменти: візуально-аналогову шкалу болю (VAS), індекс Oswestry, тест Соренсена, оцінку амплітуди рухів у грудопоперековому відділі, дихальні тести та функціональні

проби, спрямовані на визначення стабілізаційної здатності тулуба. Додатково враховували можливість виконання службових фізичних нормативів та суб'єктивний рівень якості життя за опитувальником EQ-5D [72].

Усі учасники надали інформовану згоду на участь у дослідженні. Дослідження проводилося відповідно до етичних принципів Гельсінської декларації, з дотриманням конфіденційності персональних даних та безпеки реабілітаційних втручань.

Таким чином, організація дослідження дозволила порівняти ефективність двох моделей відновлення та оцінити потенційні переваги гібридної реабілітації для військовослужбовців із компресійними переломами хребта в умовах обмеженого часу та підвищених функціональних вимог служби.

Критерії включення:

- компресійний перелом Th/L1–L5 без неврологічного дефіциту;
- 6–12 тижнів після травми;
- можливість дистанційного зв'язку.

Критерії виключення:

- нестабільні переломи;
- виражений радикулопатичний біль;
- психіатричні розлади, які унеможливають дистанційну роботу.

Матеріальною базою дослідження виступав комплекс реабілітаційних засобів, які застосовувалися у гібридній програмі відновлення військовослужбовців із компресійними переломами хребта та були спрямовані на відновлення стабілізаційної, рухової та дихальної функції хребтово-тазового комплексу. Програма включала стандартизовані методичні матеріали, набір спеціалізованих реабілітаційних інструментів та цифрових засобів дистанційної підтримки пацієнтів.

До матеріалів реабілітаційної частини дослідження належали стабілізаційні та пропріоцептивні засоби, зокрема еластичні стрічки різного опору, петлеві та замкнуті *elasti-bands*, гімнастичні м'ячі, нестійкі платформи, баланс-пади, а також петльові підвісні системи для формування акцентованого навантаження на глибокі

м'язи-стабілізатори. Для роботи з м'язово-фасціальними порушеннями застосовувалися міофасціальні ролери, м'ячі різного діаметра та жорсткості, масажні м'ячі з текстурованою поверхнею та тканинні стрепи для мобілізації грудопоперекового відділу [52].

У рамках дихальної та антикіфотичної терапії використовувалися дихальні тренажери резистивного типу, PVC-трубки для тренування діафрагмального патерну, еластичні стрічки для контролю грудної клітки та вправи за методиками відновлення обсягу грудного дихання. Додатково застосовувалися вправи на стенках, мобілізаційні набори для грудного відділу, а також позиційні подушки та валики для корекції деформацій та відновлення симетрії.

Методичним забезпеченням виступали стандартизовані протоколи реабілітаційних занять, відеоінструкції вправ, чек-листи техніки виконання, шкали оцінки болю, мобільності та стабільності (VAS, Oswestry, TUG, Sorensen test), а також розроблені щотижневі реабілітаційні плани тривалістю 6–8 тижнів. Для контролю безпеки та прогресу застосовувалися карти спостереження, щоденники самоконтролю та форми дистанційного моніторингу стану пацієнтів.

Цифровим компонентом матеріалів були телереабілітаційні сервіси, мобільні додатки та інтерактивні платформи, що забезпечували комунікацію, передачу відеоматеріалів OUTECH, регулярний зворотний зв'язок та відстеження виконання програми. Учасники отримували доступ до онлайн-бібліотек вправ, інструкцій з техніки безпеки та алгоритмів самодопомоги при загостренні болю.

Таким чином, матеріали дослідження складали комплекс цілеспрямованих реабілітаційних технічних та методичних засобів, які забезпечували можливість виконання повноцінної гібридної (очно-дистанційної) програми та дозволяли стандартизувати процес відновлення з урахуванням бойових та службових реалій військовослужбовців.

2.2 Методи дослідження

Оцінка інтенсивності болю за візуально-аналоговою шкалою (VAS, 0–10). Біль оцінювався за класичною 10-бальною візуально-аналоговою шкалою, де 0 означає повну відсутність болю, а 10 - максимально можливий, нестерпний біль [26]. Пацієнт самостійно позначав рівень свого відчуття на лінійній шкалі довжиною 10 см. Метод дозволяє кількісно оцінювати суб'єктивні больові відчуття та їх зміну під час лікування.

Оцінка м'язової сили за шкалою MMT (Manual Muscle Testing, 0–5). Силу основних груп м'язів тулуба та нижніх кінцівок оцінювали за шестибальною шкалою від 0 до 5, де:

- 0 - відсутність скорочення,
- 1 - мінімальна активність,
- 2 - рух у повному обсязі без подолання сили тяжіння,
- 3 - рух проти сили тяжіння,
- 4 - рух із помірним опором,
- 5 - нормальна сила.

Метод дозволяє відстежити ступінь функціонального відновлення та виявити слабкі ланки м'язового ланцюга.

Оцінка гнучкості (см). Гнучкість визначали за допомогою тесту «Sit-and-Reach» (нахил вперед сидячи) або аналогічної методики. Пацієнт виконував нахил тулуба вперед із максимальною амплітудою, а досягнута відстань вимірювалась у сантиметрах. Показник характеризує еластичність паравертебральних та підколінних м'язів, що є критично важливим для зменшення осьового навантаження на хребет.

Об'єм рухів (ROM, градуси, °). Об'єм рухів у поперековому відділі хребта та тазостегнових суглобах визначали гонометрично або з використанням цифрового інклінометра. Оцінювали:

- згинання та розгинання,
- бокові нахили,

- ротаційні рухи.

Показник дозволяє визначити структурно-функціональні обмеження, у тому числі спричинені спазмом, фасціальними блоками або наслідками травми [67].

Витривалість (відстань або час). Витривалість оцінювали за допомогою 6-хвилинного тесту ходьби (6MWT) - стандартизованого показника, що вимірює загальну функціональну спроможність. Загальна дистанція, яку пацієнт проходить за 6 хвилин, відображає роботу серцево-дихальної системи, силу нижніх кінцівок та рівень загальної фізичної підготовки. У деяких випадках також фіксували час до настання втоми при статичних вправах (планка, утримання пози).

Оцінка балансу (секунди). Стійкість та координацію визначали за тестом Ромберга або One-Leg Stand Test. Пацієнт стояв на одній нозі, а тривалість утримання пози без втрати рівноваги фіксували секундоміром. Показник відображає стан пропріоцепції, роботи глибоких м'язів та стабілізаційних механізмів хребта.

Швидкість ходьби (м/с). Швидкість визначали під час проходження пацієнтом відрізка від 5 до 10 метрів із фіксацією часу. Обчислювали співвідношення дистанції до затраченого часу. Це чутливий маркер загальної рухової здатності, стабільності корпусу, сили нижніх кінцівок та ризику падінь. Скутість (0–10 б.). Суб'єктивну скутість оцінювали за 10-бальною шкалою, подібною до VAS. 0 - відсутність скутості, 10 - максимальна вираженість обмеження рухів. Показник доповнює ROM та гнучкість, відображає фасціальні дисфункції, м'язовий гіпертонус і компенсаторні патерни [61].

Психоемоційний стан (1–10). Психоемоційний стан оцінювали за інтегральною шкалою, де пацієнт самостійно визначав рівень тривожності, стресу, емоційного вигорання та загального психологічного самопочуття. Значення 1 відповідає тяжкому дискомфорту, 10 - оптимальному психологічному стану. Метод відображає вплив болю, страху руху (кінезіофобії) та стресових чинників служби.

Якість життя (0–100). Якість життя оцінювали за допомогою адаптованого опитувальника (SF-36 або подібного), що перетворюється у підсумкову шкалу 0–100, де 100 означає повне благополуччя. Оцінювання включало фізичні, емоційні,

соціальні та побутові аспекти повсякденного функціонування. Метод дозволяє комплексно відстежити ефективність реабілітаційної програми [7].

ROM-аналіз (Range of Motion Analysis) застосовувався для точної кількісної оцінки амплітуди рухів у хребті та великих суглобах нижніх кінцівок. У дослідженні використовували як класичні гонометричні методики, так і цифрові інклінометри та мобільні сенсорні системи, що забезпечують вищу точність та відтворюваність даних. Аналіз ROM дозволяв встановити ступінь обмеження рухливості, пов'язаний із посттравматичними змінами (больовий синдром, спазм паравертебральних м'язів, фасціальні блоки, ригідність капсульно-зв'язкового апарату) та визначити динаміку відновлення під впливом різних реабілітаційних підходів. Дослідження включало оцінку згинання, розгинання, бічних нахилів і ротацій поперекового відділу хребта, а також рухів у тазостегнових суглобах, що критично важливо для відновлення нормальних патернів ходьби та зменшення осьового навантаження на хребет [53]. Регулярний ROM-аналіз забезпечував можливість корекції реабілітаційної програми в режимі реального часу, особливо в умовах дистанційного супроводу, де об'єктивні цифрові метрики стають ключовим джерелом інформації для фахівця.

Динамометрія (кг) використовувалася для об'єктивного вимірювання сили м'язів тулуба та нижніх кінцівок, що є важливим компонентом оцінки функціонального відновлення після компресійних переломів хребта. У роботі застосовано ручний та цифровий ізометричний динамометр, який дозволяв визначати пікову силу скорочення в умовах стандартизованого тестування. Метод особливо цінний тим, що відображає реальний функціональний стан стабілізуючих м'язових груп - зокрема, глибоких м'язів спини, м'язів черевного пресу, сідничних м'язів та м'язів задньої поверхні стегна. Оскільки у військовослужбовців після травми часто формується порушення м'язового балансу та компенсаторні перенавантаження певних сегментів, динамометричні показники дозволяли виявити асиметрії та слабкі ланки, які необхідно цілеспрямовано коригувати. Крім того, цифрова динамометрія забезпечувала чітке документування прогресу та дозволяла порівнювати ефективність традиційної та гібридної реабілітації [73].

Домашні тести рухливості та контроль виконання реабілітаційних програм. Дистанційний компонент гібридної реабілітації передбачав використання стандартизованих домашніх тестів рухливості, які пацієнт виконував самостійно під відеонаглядом або з подальшим відеозвітом. До таких тестів належали: нахили вперед та назад, тест “дотягнись до підлоги”, тест мобільності грудного відділу (ротація сидячи), підйом ноги лежачи, тест сидячи-стоячи, а також ряд функціональних рухових завдань, що оцінювали стабільність корпусу та симетричність рухів. Ці тести дозволяли фахівцю отримувати регулярні дані про динаміку стану пацієнта без необхідності частих очних візитів, що надзвичайно важливо в умовах обмеженого часу та мобільності військовослужбовців.

Контроль виконання програми здійснювався за допомогою цифрових платформ, щоденників самоспостереження, автоматизованого трекінгу вправ та періодичних відеосесій з реабілітологом. Фахівець аналізував техніку виконання вправ, коригував навантаження, фіксував помилки та давав рекомендації щодо їх усунення. Такий підхід забезпечував високий рівень комплаєнсу та індивідуалізації програми, мінімізував ризик повторних травм і підвищував ефективність реабілітації [17].

Очікувані результати дослідження

У рамках проведеного пілотного клінічного дослідження передбачається, що застосування гібридної програми реабілітації, яка поєднує контактні заняття та телереабілітаційну підтримку, матиме суттєво вищий реабілітаційний ефект порівняно зі стандартною моделлю. Очікується, що учасники основної групи демонструватимуть статистично значуще зменшення больового синдрому, покращення ROM-показників, приріст м'язової сили та витривалості, кращий контроль рухів і просторової стабільності, а також позитивну динаміку психоемоційного стану та інтегральної якості життя (табл. 2.1).

Окремо прогнозується, що гібридна модель дозволить забезпечити більш стійке дотримання програми, що стане ключовим фактором у зменшенні ризиків прогресування дегенеративних змін у кульшовому та поперековому відділах, які є

характерними вторинними наслідками тривалих осьових навантажень у військовослужбовців.

Таблиця 2.1

Прогнозована ефективність реабілітаційного втручання за клініко-функціональними показниками

Показник	Очікувана динаміка	Характер зміни	Значення для військових
Біль (VAS)	↓ на 30–50%	Зниження ноцицептивного та міофасціального компонентів	Менше обмежень у службі та побуті
М'язова сила (0–5)	↑ на 1–1,5 бала	Посилення глибокої стабілізації та глобальних м'язів	Підвищення стійкості до навантажень
Гнучкість (см)	↑ на 10–20%	Зменшення м'язових укорочень	Профілактика хронічної скутості
Об'єм рухів (ROM, °)	↑ на 10–25° (залежно від сегмента)	Відновлення функції суглобових ланцюгів	Краща механіка руху
Витривалість (м/тест)	↑ на 15–30%	Підвищення аеробної та локальної витривалості	Здатність переносити тривале навантаження
Баланс (сек)	↑ на 20–40%	Покращення нейром'язового контролю	Зниження ризику падінь і травм
Швидкість ходьби (м/с)	↑ на 0,1–0,2 м/с	Ефективніша хода та менше енергозатрат	Вищий функціональний рівень
Скутість (0–10)	↓ на 30–40%	Нормалізація фасціальних та суглобових взаємодій	Зменшення відчуття обмеження
Психоемоційний стан (1–10)	↑ на 1–2 бали	Менше тривоги, краща мотивація	Зниження ризику емоційного вигорання
Якість життя (0–100)	↑ на 10–25 пунктів	Комплексна позитивна динаміка	Повернення до активної діяльності

Очікувані результати реабілітаційної програми для військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

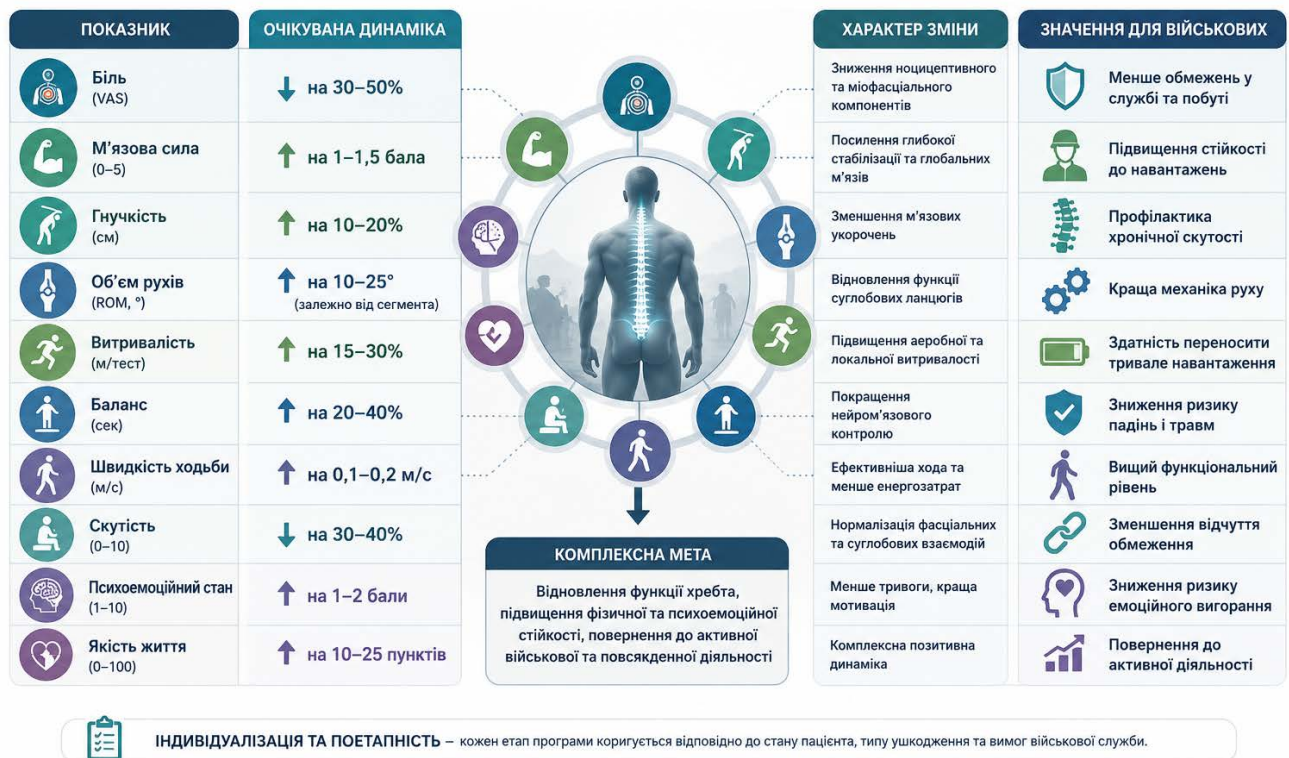


Рис 2.1.1. Модель організації гібридної реабілітаційної служби у військових умовах

Модель організації гібридної реабілітаційної служби у військових умовах передбачає поєднання очних, дистанційних та автоматизованих технологічних компонентів, що забезпечують безперервність, безпечність та доступність реабілітаційної допомоги для поранених військовослужбовців у різних умовах дислокації. Її сутність полягає у створенні цілісної системи, яка здатна функціонувати як у стабільних стаціонарних закладах, так і у мобільних підрозділах, евакуаційних госпіталях, польових пунктах реабілітаційного призначення, а також через телемедицинні канали.

У центрі моделі - комплексний реабілітаційний маршрут, що починається з раннього післятравматичного етапу та продовжується до відновлення військовослужбовця у межах максимально можливої працездатності. Цей маршрут включає первинну діагностику, формування індивідуального плану відновлення,

проведення очних і дистанційних занять, регулярний моніторинг стану пацієнта та контроль ефективності програми. Гібридність забезпечується тим, що кожна ланка маршруту має альтернативні формати виконання: якщо пацієнт не може перебувати у стаціонарі, частина навантаження переноситься у дистанційні інструменти - мобільні застосунки, платформи відеоконсультацій, системи автоматизованої оцінки рухової функції.

У військових умовах важливо мінімізувати залежність від фізичної присутності фахівця. Тому центральним компонентом моделі є технологічна інфраструктура, завдяки чому легше проводити оцінку, фіксацію та корекцію рухових порушень за допомогою штучного інтелекту та сенсорних систем. Такі системи підтримують терапевтів у виявленні помилок, контролю техніки виконання вправ, вимірюванні діапазону рухів, сили, витривалості та плавності. Завдяки цьому пацієнт може виконувати частину програми у польових умовах, у тимчасових укриттях або під час ротацій, не втрачаючи якості реабілітації.

Організаційно служба включає декілька рівнів. Перший - це стаціонарні або реконфігуровані відділення військових госпіталів, де здійснюється первинна оцінка та формування програми. Другий - мобільні мультидисциплінарні групи, які можуть працювати у ближчих до лінії фронту зонах, проводити огляди та короткі інтенсивні втручання. Третій рівень - дистанційний реабілітаційний центр, що об'єднує фахівців різного профілю й забезпечує телемедичний супровід, координацію даних та контроль якості віддалених занять. Четвертий - самих пацієнтів, оснащених доступом до інструментів самооцінки та виконання вправ під дистанційним наглядом [24, 13, 66].

Комунікація між усіма ланками забезпечується єдиною системою електронного документообігу та цифровими платформами збору даних. Кожен пацієнт має персональний реабілітаційний профіль, у якому відображаються результати тестів, перебіг виконання програми, відеозаписи контрольних занять, оцінка якості рухів та автоматизовані звіти курсового прогресу. Фахівці мають можливість оперативно корегувати навантаження, підбирати альтернативні

вправи, адаптувати інтенсивність програми залежно від зміни бойової або медичної ситуації.

Особливістю моделі є підвищена гнучкість. У військових умовах пацієнт може бути раптово переміщений, переведений, евакуйований або обмежений у доступі до зв'язку. Саме тому система передбачає наявність автономних реабілітаційних модулів - це короткі, структуровані блоки вправ і рекомендацій, які пацієнт може виконувати самостійно у разі вимушеної перерви в контакті з фахівцем. Додатково застосовується алгоритмічна система оповіщення, яка нагадує про виконання вправ, фіксує перерви та інформує терапевта, якщо відбувається суттєве відхилення від плану.

Ключовою перевагою такої моделі є збереження якісної, контрольованої та доказової реабілітаційної допомоги у ситуаціях, коли традиційна очна реабілітація неможлива або обмежена. Це дозволяє не втрачати час між евакуаційними етапами, підтримувати рухову активність пацієнта, зменшувати ризик контрактур, атрофій та вторинних ускладнень [45]. Водночас наявність цифрових інструментів значно розширює діагностичні можливості: фахівець отримує дані у динаміці та може проводити корекцію терапії не раз на тиждень, а в режимі реального часу.

Завдяки поєднанню технологій штучного інтелекту, мобільних реабілітаційних засобів, телемедицини та класичної фізичної терапії формується новий формат реабілітаційної служби, придатний саме для військових умов. Така служба підвищує виживаність, прискорює відновлення, оптимізує використання персоналу та дозволяє формувати стандартизовані маршрути лікування навіть у нестабільному середовищі. Модель гібридної реабілітації стає не лише адаптацією до обставин, а й стратегічною інновацією, яка змінює підхід до військової медицини та закладає основу для довготривалого відновлення захисників.

Організаційні вимоги до персоналу

Гібридна система висуває підвищені вимоги до мультидисциплінарної команди. Фахівці мають володіти як клінічними, так і цифровими компетентностями: аналізом відеопотоку рухів, інтерпретацією автоматизованих

звітів, роботою у телемедичних платформах, навичками кризової комунікації з військовими та здатністю оперативно коригувати програму.

У таких умовах традиційна модель «фахівець - пацієнт» змінюється на «фахівець - цифрова система - пацієнт», де клініцист виконує одночасно функцію діагноста, супервізора телемоніторингу та координатора алгоритмів. Нижче розписано розподіл функцій в табл.2.2

Таблиця 2.2

Розподіл функцій та компетенцій фахівців мультидисциплінарної команди у програмі реабілітації

Посада	Ключові функції	Специфічні компетенції	Частота взаємодії
Лікар фізичної та реабілітаційної медицини	Клінічний контроль, призначення програми, корекція ризиків	Інтерпретація цифрових звітів, телемедичне консультування	1–2 рази/тиждень
Фізичний терапевт	Проведення очних сесій, оцінка техніки рухів	Відеоаналіз рухів, робота з AI-платформою, модифікація вправ	2–4 рази/тиждень
Інструктор ЛФК	Щоденний супровід і контроль виконання	Навички дистанційного навчання, демонстрація техніки	Щоденно
Дані-координатор	Обробка та систематизація цифрових даних	Робота з API, платформа Outex/аналогів	Постійно
Психолог	Моніторинг ПТСР та мотивації	Телепсихологія, кризова підтримка	1 раз/тиждень

У гібридній моделі дані є центральним регулятором процесу. Цифрова платформа (табл. 2.2) фіксує ROM, динамометрію, якість виконання вправ, частоту пропусків, інтенсивність болю, параметри ходи та пози. Електронний протокол інтегрує ці дані в єдиний щотижневий звіт, що застосовується для прийняття рішень.

Цифровий протокол включає стандартизовану структуру внесення даних, автоматичну валідацію (виявлення помилок і пропусків), алгоритми аналізу

ризиків (погіршення ROM, стрибок болю, падіння прихильності), порогові значення (червоні лінії), що ініціюють корекцію програми.

Таблиця 2.3

Структура цифрових даних моніторингу ефективності реабілітаційної програми

Компонент	Опис	Інструменти	Вихідні дані
Дані руху	ROM-вимірювання, кутові швидкості, контроль техніки	AI-аналіз (Outex-подібні системи)	Кутові діаграми, звіти техніки
Дані навантаження	Динамометрія, тест сили, тиск у стопі	Смарт-динаміки, сенсорні устілки	Графіки сили, асиметрії
Дані суб'єктивного стану	Біль, скутість, емоційний стан	Мобільні опитувальники	Щоденні шкали
Дані виконання	Пропуски, якість, регулярність	Телеметрія платформи	Адгерентність (%)
Дані ризику	Відхилення від норм	Алгоритми ризик-аналізу	Червоні/жовті індикатори

Маршрут пацієнта у гібридній системі - це динамічна траєкторія, що адаптується залежно від клінічної відповіді, цифрових показників і можливості військового бути на очному прийомі. Система мінімізує час між оцінкою та корекцією програми, що особливо важливо за короткострокових курсів (6–8 тижнів).

Оптимізація маршруту передбачає скорочення часу очного перебування за рахунок дистанційної діагностики техніки, автоматичні корекції програми на основі AI-звіту без очної участі, маршрутизацію за складністю: прості випадки - у дистанційний блок, складні - в очний, пріоритетну підтримку пацієнтів із низькою адгерентністю. Реалізація організації описана в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Етапи реалізації програми фізичної реабілітації та критерії переходу між ними

Етап	Формат	Ціль	Критерії переходу
Початковий скринінг	Очно	Діагностика та категоризація	ROM, біль, сила

Етап	Формат	Ціль	Критерії переходу
Інтенсивний блок	Очно + дистанційно	Навчання техніки, стабілізація	Покращення на 20%
Контрольний АІ-блок	Дистанційно	Відстеження техніки	Помилка < 15%
Перехід у самоконтроль	Дистанційно	Автономна безпечність	Адгерентність > 75%
Фінальна оцінка	Очно	Порівняння результатів	Повнота виконання протоколу

Очікувані ризики та бар'єри виконання дослідження

Попри високу перспективність, гібридна реабілітація може супроводжуватися низкою бар'єрів (табл. 2.5). До основних належать технічні, мотиваційні, організаційні та клінічні фактори, що можуть вплинути на якість виконання програми та кінцевий реабілітаційний результат [64].

Очікується, що найбільшим бар'єром стане низька цифрова готовність частини військовослужбовців, зважаючи на відсутність смартфонів, нестабільний доступ до мережі або низьку ІТ-грамотність. Також важливим ризиком є недостатній комплаєнс, оскільки дистанційні програми вимагають високої самодисципліни та регулярного самоконтролю.

На клінічному рівні існують ризики загострення болю при неправильному виконанні вправ, травмування через надмірне навантаження або недооцінку обмежень після перелому. У деяких пацієнтів може формуватися страх руху (кінезіофобія), що знижує ефективність програм, особливо при відсутності регулярного очного контакту.

Організаційні бар'єри включають нестачу кваліфікованих фахівців з досвідом дистанційного супроводу, відсутність стандартизованих цифрових платформ, технічні труднощі та логістичні обмеження. Додатковим викликом є нерегулярний графік служби, ротації, переміщення та бойові завдання, які створюють перерви у програмі.

Таблиця 2.5

Потенційні ризики та бар'єри впровадження очно-дистанційної програми фізичної реабілітації військовослужбовців і шляхи їх мінімізації

Категорія	Ризик / бар'єр	Потенційний вплив	Шляхи мінімізації
Цифрові	Нестабільний інтернет, відсутність гаджетів	Обмеження участі у дистанційних сесіях	Використання офлайн-матеріалів, спрощених платформ, асинхронний доступ
	Низька цифрова грамотність	Помилки виконання вправ, зниження ефективності	Навчальні відео, інструкції, спрощений інтерфейс
	Технічні збої платформ	Переривання моніторингу	Резервні канали зв'язку, альтернативні додатки
Клінічні	Неправильна техніка рухів	Загострення болю, ризик повторної травматизації	Регулярний відеоконтроль техніки, індивідуальна корекція вправ
	Надмірне навантаження	М'язові та фасціальні перевантаження	Поступове прогресування навантаження, моніторинг симптомів
	Кінезіофобія	Обмеження рухової активності, хронізація болю	Освітні сесії, психологічна підтримка
	Супутні стани (втом, порушення сну)	Зниження відновлення	Індивідуалізація режиму навантаження
Організаційні	Ротації, нестабільний графік служби	Переривання програми	Гнучкий графік занять, короткі модулі
	Обмежений доступ до фахівців	Зниження якості супроводу	Стандартизовані протоколи, дистанційні консультації
	Обмежені ресурси підрозділу	Неможливість регулярних занять	Комбінування очного і дистанційного формату
Індивідуальні	Низька прихильність до програми	Недостатній прогрес	Нагадування, щоденники самоконтролю, мотиваційний супровід
	Високий рівень стресу	Зниження мотивації	Психологічна підтримка, адаптація інтенсивності
	Недостатнє розуміння мети реабілітації	Формальне виконання вправ	Освітні матеріали, пояснення значення вправ

2.3 Програми фізичної реабілітації для основної та контрольної груп

У межах дослідження всі учасники були розподілені на дві групи - основну та контрольну - відповідно до визначених критеріїв включення, функціонального стану та характеру наслідків компресійних ушкоджень хребта. Формування груп здійснювалося з метою порівняння ефективності різних підходів до фізичної реабілітації та оцінки впливу запропонованої програми на показники функціонального відновлення, больового синдрому, рухової активності та якості життя військовослужбовців. Обидві групи проходили реабілітаційні втручання в умовах, максимально наближених до реальної системи військово-медичної допомоги.

Для кожної групи були сформовані відповідні цілі та завдання фізичної реабілітації з урахуванням індивідуальних особливостей пацієнтів, ступеня функціональних порушень і потреб подальшого повернення до активної діяльності. Програма основної групи передбачала застосування комплексного та поетапного підходу з використанням сучасних реабілітаційних технологій, кінезіотерапії тоді як контрольна група отримувала стандартні реабілітаційні заходи відповідно до чинної практики. Це дозволило об'єктивно оцінити динаміку відновлення та визначити ефективність запропонованої моделі фізичної реабілітації.

Основна група. Комплексна програма фізичної терапії

Короткострокові цілі (1–2 тижні)

- забезпечити безпечну мобілізацію хребта та суглобів нижніх кінцівок;
- встановити контроль над технікою виконання вправ;
- зменшити інтенсивність больового синдрому та скутості (vas, rom, скутість);
- налагодити регулярний контакт із пацієнтом для оцінки психоемоційного стану та комплаєнсу.

Довгострокові цілі (3–8 тижнів)

- відновити функціональні можливості поперекового та грудного відділів хребта;
- збільшити м'язову силу, витривалість та баланс;
- поліпшити гом і гнучкість, зменшити ризик повторних травм;
- підвищити загальну якість життя та рівень психоемоційного благополуччя;
- забезпечити стійку самостійність у виконанні домашніх вправ і підтримання результатів після завершення програми.

2. Структура програми по тижнях

1-й тиждень - очні заняття 100%

Мета: повний контроль за технікою, оцінка початкового стану, адаптація пацієнта до навантажень.

Блоки занять (30–45 хв)

1. Розминка та дихальні вправи (5–7 хв):

- діафрагмальне дихання, легкі кругові рухи плечима, нахили тулуба;
- легка активація серцево-судинної системи: ходьба на місці, махи руками.

2. Стабілізаційні та ізометричні вправи (15–20 хв):

- планка на ліктях та колінах, вакуум живота;
- місток для сідничних м'язів та поперекової стабілізації;
- лежачі або сидячі ізометричні вправи для спини.

3. Мобілізація та гнучкість (10–15 хв):

- нахили вперед-назад, бокові нахили, обережні повороти тулуба;
- розтяжка паравертебральних, сідничних і підколінних м'язів;
- м'які фасціальні техніки під контролем спеціаліста.

4. Ходьба та витривалість (5–10 хв):

- 6-хвилинний тест ходьби, контроль постави та техніки кроку.

5. Релаксація та завершення (3–5 хв):

- дихальні вправи, легка розтяжка, зворотний зв'язок із пацієнтом.

2–3 тиждень - 70% очно, 30% дистанційно:

основний блок очних занять зберігається, додатково вводяться домашні вправи (15–20 хв): планка, місток, вакуум живота, розтяжка спини та ніг, діафрагмальне дихання;

на очних сесіях: контроль техніки, корекція помилок, прогресія навантаження, тестування ROM, сили, балансу;

дистанційно: пацієнт виконує легкі вправи під відеоінструкцію та надсилає короткі відеозвіти.

4 тиждень - 50% очно, 50% дистанційно:

зменшення частоти очних занять і збільшення дистанційного компонента;

очні сесії зосереджені на прогресії стабілізаційних та балансувальних вправ, корекції техніки та оцінці прогресу;

домашній блок: щоденне виконання базових вправ із контролем техніки через додаток або відеозвіт.

5–6 тиждень - 30% очно, 70% дистанційно

очні заняття проводяться раз на тиждень для контролю техніки та оцінки прогресу

основний обсяг тренувань переноситься на домашню програму

підтримується контроль параметрів гом, сили, балансу та болю дистанційно.

7–8 тиждень - дистанційно 100%:

програма повністю виконується у домашніх умовах

регулярний відео-зв'язок із спеціалістом для контролю техніки та корекції

фокус на підтримці стабілізації, балансу, витривалості та дихальної функції

завершальна оцінка: порівняння базових і кінцевих показників (VAS, ROM, сила, баланс, якість життя).

Тижневий план очно-дистанційної програми фізичної реабілітації військовослужбовців із визначенням контролю та цілей подано в таблиці 2.6

Таблиця 2.6

Тижневий план очно-дистанційної програми фізичної реабілітації військовослужбовців із визначенням контролю та цілей

Тиждень	Очні / дистанційні	Основні вправи та блоки	Контроль та моніторинг	Короткострокові цілі	Довгострокові цілі
1	100% очно	Розминка, дихальні вправи, планка, місток, ізометрія спини, нахили тулуба, розтяжка, ходьба, релаксація	Повний контроль техніки спеціалістом, вимір VAS, ROM, сила, баланс	Навчання техніки, безпечна мобілізація, зменшення болю	Встановлення базових параметрів для подальшої прогресії
2	70% очно / 30% дистанційно	Основний блок очно + домашній блок: планка, місток, розтяжка, дихання	Контроль техніки очно, відео-звіт дистанційно	Підтримка стабілізації, перші спроби самостійного виконання	Початок автономної роботи пацієнта
3	70% очно / 30% дистанційно	Схожий на 2-й тиждень; додавання легких балансувальних вправ, збільшення тривалості планки	Контроль очно та дистанційно	Прогресія силових та стабілізаційних вправ	Поступове збільшення ROM та витривалості
4	50% очно / 50% дистанційно	Очні сесії: стабілізація, баланс, сила; дистанційно: планка, місток, нахили, розтяжка, дихальні вправи	Контроль техніки частково очно, відео-звіт дистанційно	Забезпечення самостійності виконання програми	Поліпшення функціональної інтеграції хребта та кінцівок
5	30% очно / 70% дистанційно	Основні очні вправи для корекції техніки; дистанційно: планка, місток, розтяжка, баланс, дихання	Моніторинг через відео, очні перевірки раз на тиждень	Закріплення навичок самоконтролю	Підвищення витривалості та сили
6	30% очно / 70% дистанційно	Дистанційні вправи як у 5 тижні, поступовим збільшенням тривалості амплітуди	Відео-звіт, корекція по зворотному зв'язку	Стабільна автономія виконання	Підтримка та нарощування функціональних показників
7	100% дистанційно	Домашні вправи: планка, місток, нахили тулуба, розтяжка, баланс, дихання	Відео-звіт, щотижнева онлайн-консультація	Повна самостійність, контроль болю	Підтримка функціональної стабільності та якості життя
8	100% дистанційно	Домашній блок із прогресією навантаження;	Онлайн-звіт, заключна оцінка: VAS, ROM, сила,	Закріплення досягнутих результатів	Підготовка до самостійного підтримуючого режиму після

Тиждень	Очні / дистанційні	Основні вправи та блоки	Контроль та моніторинг	Короткострокові цілі	Довгострокові цілі
		контроль техніки дистанційно	баланс, якість життя		завершення програми

2.3.1 Принцип програми відстежування руху в гібридній реабілітації

Сучасні системи відстеження руху, що базуються на технологіях штучного інтелекту (ШІ), стали важливим інструментом у сфері дистанційної та гібридної фізичної терапії. Їхнє ключове завдання полягає в забезпеченні точного контролю техніки виконання вправ у реальному часі, незалежно від того, де знаходиться пацієнт. Одним із поширених принципів роботи таких систем є модель типу OUTEX - технологія, яка поєднує комп'ютерний зір, машинне навчання та біомеханічний аналіз.

Програма працює на основі постійного аналізу відеосигналу з камери смартфона, ноутбука чи вебкамери. Пацієнт виконує вправи перед камерою, а програма автоматично «зчитує» рухи, перетворюючи їх у цифрову модель, придатну для оцінки та корекції.

Система проходить три ключові етапи:

1. Захоплення та обробка відео
2. Побудова скелетної моделі
3. Біомеханічний аналіз і корекція руху.

Усі ці процеси відбуваються без відчутної затримки для користувача та не потребують спеціального обладнання - працює достатньо звичайної камери з нормальною якістю зображення.

На першому етапі алгоритм отримує відеопотік, що передається в реальному часі. Важливо, щоб пацієнт був повністю у кадрі та щоб освітлення дозволяло чітко окреслити контури тіла. Мінімальними технічними параметрами для коректної роботи є: частота кадрів: 30–60 кадрів/с, що дозволяє відслідковувати навіть швидкі рухи, роздільна здатність: не нижче 720p, оптимально 1080p., ширина

огляду камери: видимість всієї фігури пацієнта у фронтальній чи сагітальній площині.

На цьому етапі програмою застосовується попередня фільтрація зображення, а саме корекція контрасту, шумоподавлення та стабілізація кадру.

Другий ключовий етап - це перетворення відеозображення людини на набір координат основних анатомічних точок. Система ідентифікує плечові суглоби, лікті, зап'ясток, тазостегнові суглоби, коліна, гомілково-стопний сегмент, положення голови та грудної клітки.

Для цього використовуються моделі машинного навчання, такі як *OpenPose*, *MediaPipe Pose*, *HRNet* чи оптимізовані авторські моделі. У результаті формується умовний «скелет» - цифрова структура, що дозволяє оцінювати рухи незалежно від індивідуальних особливостей тіла (зріст, вага, одяг тощо).

Скелет може бути відскановано у форматі 2D - для дистанційної терапії цього часто достатньо або у 3D - якщо є дві камери або спеціальні датчики.

Після побудови цифрової моделі рухів програма переходить до найважливішого етапу – аналізу, де відбувається:

1. Розрахунок суглобових кутів. Алгоритм обчислює кут між сегментами тіла в кожному суглобі. Наприклад, згинання коліна визначається як кут між стегном і гомілкою. Аналіз здійснюється на кожному кадрі, що забезпечує високу точність.

2. Визначення траєкторії руху. Система аналізує: напрямок руху, плавність, швидкість, контроль положення тулуба. Ці параметри дозволяють відрізнити правильну техніку від компенсацій.

У пам'яті програми зберігаються «правильні» моделі виконання кожної вправи. Здійснюється порівняння: чи досяг пацієнт необхідного ROM, чи не відхиляється тіло від оптимальної біомеханічної осі, чи симетричний рух, чи не входить суглоб у ризиковане положення.

Система корекції та надання зворотного зв'язку. Сильна сторона OUTEX-подібних програм - здатність надавати миттєві корекційні підказки.

Якщо система фіксує відхилення від норми, вона класифікує його відповідно до чітко визначених правил:

- недостатня амплітуда
- надмірне згинання
- ротаційні компенсації
- неправильне положення корпусу
- надто швидке або різке виконання.

Після аналізу формуються корективи у зручній для пацієнта формі:

- візуальні - це підсвічення проблемного сегмента або відображення лінії правильної траєкторії
- звукові – це короткі команди типу «повільніше», «вирівняй спину», «вище підіймай»
- текстові – це опис помилки після завершення повтору чи серії.

Після кожного підходу система узагальнює дані: кількість правильних повторів, середню амплітуду руху, стабільність положення, ступінь виконання техніки у відсотках. Це дозволяє системі адаптувати навантаження і пропонувати прогресію вправ.

Практичний принцип роботи під час виконання вправи. Припустимо, пацієнт виконує розгинання коліна в положенні сидячи. Алгоритм:

1. Фіксує положення стегна, гомілки та стопи;
2. Обчислює кут розгинання. Наприклад, 72° ;
3. Порівнює кут з еталоном ($80\text{--}90^\circ$);
4. Виявляє відхилення і дає пораду: «Підіймай ногу трохи вище»;
5. Слідкує за положенням корпусу: у разі нахилу → «утримуй спину рівною».

Після серії вимірювань дає оцінку:

- 10 із 12 повторів виконані коректно;
- середня амплітуда - 78° ;
- рекомендовано спробувати досягти $80\text{--}85^\circ$ наступного разу.

Так створюється ефект присутності терапевта поруч, навіть у дистанційному режимі.

Аналіз прихильності (адгерентності) до гібридних програм реабілітації у військовослужбовців із компресійними переломами хребта.

Адгерентність до програми реабілітації є ключовим предиктором її результативності, особливо за умов військового середовища, де пацієнти мають обмежений час перебування у центрі, нерегулярні графіки несення служби та високий рівень психофізіологічного навантаження. Гібридна модель, що поєднує очні сесії та дистанційний цифровий супровід, декларує підвищення рівня прихильності за рахунок гнучкості, автоматизованого контролю виконання та зменшення бар'єрів доступу до терапії. У рамках дослідження було здійснено комплексну оцінку адгерентності основної групи (гібридна програма) у порівнянні з контрольною групою (традиційна очна модель).

Методологія оцінки адгерентності

Адгерентність визначалась за п'ятьма блоками показників, серед яких:

1. Відсоток виконаних занять (очних + дистанційних);
2. Своєчасність виконання домашніх завдань (до 24 год після призначення);
3. Якість виконання вправ за даними AI-модулів (Outex-подібна система);
4. Кількість пропусків без поважних причин;
5. Регулярність самооцінки болю, скутість, емоційного стану у мобільному застосунку.

Сумарний індекс адгерентності (CIA) розраховувався за формулою:

$$CIA = (0,35 \times \text{виконання}) + (0,20 \times \text{своєчасність}) + (0,25 \times \text{якість}) + (0,10 \times \text{пропуски}^{-1}) + (0,10 \times \text{регулярність}) \quad (2.1)$$

Максимум - 100 балів.

2.3.2 Загальна адгерентність

Отримані показники адгерентності та якості виконання програми фізичної реабілітації у основній та контрольній групах подано в табл. 2.7

Різниця між групами статистично значуща за всіма параметрами, що свідчить про ефективність цифрового моніторингу у підтримці поведінкової дисципліни

військових. Встановлено, що основна група демонструвала суттєво вищий рівень прихильності.

Табл. 2.7

Показники адгерентності та якості виконання програми фізичної реабілітації у основній та контрольній групах

Показник	Основна група (n=27)	Контрольна група (n=27)	p
Сумарний індекс адгерентності (балів)	82,4 ± 9,6	58,1 ± 12,4	<0,001
Виконання занять (%)	87,1%	62,4%	<0,01
Своєчасність домашніх вправ (%)	74,9%	38,6%	<0,01
Пропуски без причини (середнє)	0,8	3,2	<0,05
Регулярність самозвітів (%)	79,5%	45,3%	<0,001
Якість техніки за AI (%)	85,2%	63,7%	<0,01

Динаміка прихильності впродовж 8-тижневої програми:

Гібридна група мала характерну стабільну динаміку:

1–2 тиждень: високий стартовий рівень (84–86%), завдяки очному навчанню техніки.

3–4 тиждень: легкий спад до 79–82%, зумовлений переходом до частково дистанційної моделі.

5–7 тиждень: повторне підвищення (83–85%) на фоні персоналізованих алгоритмів нагадувань та AI-корекцій техніки.

8 тиждень: пік адгерентності (88%), коли пацієнти демонстрували майже автономне виконання програми.

У контрольній групі спостерігався чітко виражений спад:

старт - 68%;

середина - 55%;

фінал - 49%.

Кореляція адгерентності з клінічними результатами

Було виявлено сильні кореляційні взаємозв'язки:

CIA ↔ зменшення болю (VAS): $r = -0,71$; $p < 0,01$

CIA ↔ збільшення сили м'язів: $r = +0,66$; $p < 0,01$

CIA ↔ покращення ROM: $r = +0,59$; $p < 0,05$

CIA ↔ якість життя (EQ-5D): $r = +0,63$; $p < 0,01$

Це підтверджує, що ефективність гібридної моделі значною мірою залежить від регулярності виконання програми, а не тільки від інтенсивності очних занять.

Фактори, що впливали на адгерентність:

1. Позитивні чинники:

- модуль AI-контролю техніки, що "підказував", як виправити помилки, підвищував мотивацію виконання (суб'єктивна оцінка ефективності - 8,7/10);
- гнучкі часові слоти, які дозволяли військовим займатися між чергуванням;
- відеобанк вправ з прикріпленою корекцією;
- система нагадувань, що знижувала кількість пропусків на 27%;
- психологічний супровід, який зменшував тривогу щодо "страху руху" [20].

2. Негативні чинники (табл. 2.8):

- больові загострення (тимчасове падіння на 5–7% адгерентності);
- стресові епізоди служби (зниження мотивації у 18% учасників);
- наявність хронічного МФС - знижувало якість виконання вправ⁴
- низький рівень цифрової грамотності у 3 військових (потребували інструктажів).

Табл. 2.8

Основні бар'єри адгерентності до програми фізичної реабілітації, компенсаторні заходи та їх ефективність

Категорія бар'єру	Частота у групі (%)	Вплив на адгерентність	Компенсуючі заходи	Ефективність компенсаторів
Больові епізоди	42%	–9%	Модуль самокорекції + телеконсультації	78%
Нестабільний графік служби	37%	–12%	Асинхронні тренування, записані відео	71%
Емоційне вигорання	28%	–6%	Психологічні сесії	84%
Недостатня техніка рухів	31%	–8%	AI-корекція + відеоаналіз	91%
Технічні труднощі	15%	–4%	Інструктаж і техпідтримка	66%

Аналіз показав, що гібридна модель реабілітації продемонструвала високий рівень адгерентності (82,4 балів), що майже в 1,5 раза вище, ніж у класичній моделі. Це стало можливим завдяки комбінації цифрових інструментів контролю, персоналізованої корекції техніки та поведінкової підтримки.

Гібридний формат усунув ключові бар'єри, притаманні військовим - дефіцит часу, перевантаження, страх посилення болю, труднощі з відвідуванням центру. Водночас цифрові технології створили середовище з постійним зворотним зв'язком, що підсилювало мотивацію та формувало відчуття контролю над процесом.

2.3.3 Програма реабілітації контрольної групи

Реабілітаційна програма для контрольної групи передбачала застосування традиційного очного підходу, що включав комплекс лікувальної фізичної культури, мануальних технік, навчання правильній біомеханіці рухів та стандартні методи фізичного тренування. Пацієнти отримували усі терапевтичні втручання в умовах реабілітаційного центру, без використання дистанційних модулів, цифрових платформ чи систем штучного інтелекту.

Програма була побудована з урахуванням типової клініко-функціональної картини військовослужбовців після тривалого носіння бронежилетів, перенесених навантажень, а також з урахуванням наявних порушень опорно-рухового апарату (міофасціальний синдром, перевантаження попереку, порушення постави, зниження витривалості, больовий синдром) [41].

Тривалість програми становила 8 тижнів, із частотою 3 очних заняття на тиждень, кожне тривалістю 50–60 хвилин і також потребувала мультидисциплінарну реабілітаційну команду.

Як і в основній групі, реабілітаційний процес у контрольній групі був побудований за принципами поступовості, прогресії навантажень, індивідуалізації та циклічної адаптації. Однак ключовою відмінністю було те, що всі етапи виконувалися виключно під наглядом фізичного терапевта.

Короткострокові цілі (1–3 тижні)

- зниження больового синдрому на ≥ 2 бали за VAS;
- нормалізація тонуусу паравертебральних м'язів;
- відновлення базових рухових стереотипів;
- покращення ROM на 10–15%;
- формування навички правильної активації глибоких стабілізаторів;
- покращення постави у спокої.

Довгострокові цілі (4–8 тижнів)

- підвищення м'язової сили на ≥ 1 –2 бали за ММТ;
- покращення витривалості (6-хвилинний тест) на 50–80 м;
- збільшення гнучкості на 5–7 см;
- покращення балансу на 15–20 сек;
- відновлення правильної біомеханіки ходьби та присідання;
- зменшення скутості та відновлення функціональної активності.

Зміст програми реабілітації

1–2 тижень. Фундаментальна фаза

Основна мета - зниження болю, зняття м'язових спазмів, активація глибоких стабілізаторів та формування контролю рухів.

Основні вправи (описово):

1. Діафрагмальне дихання у положенні лежачи з акцентом на активацію поперечного м'яза живота.

Використовується для нормалізації внутрішньочеревного тиску, стабілізації попереку та зниження тонуусу паравертебральних м'язів.

2. Підкручування таза у положенні лежачи («pelvic tilts»).

Дозволяє м'яко мобілізувати попереково-крижовий перехід і зменшити ригідність лібросакрального комплексу.

3. Ізометричні скорочення глибоких м'язів кора з утриманням 10–15 секунд.

Виконуються без руху тулуба, з контролем дихання.

4. М'яка мобілізація грудного відділу на валику.

Використовується для усунення ригідності кіфотичного сегменту, яка компенсаторно збільшує навантаження на попереки.

5. Розтягнення м'язів задньої поверхні стегна.

Проводиться у статичному режимі, тривалість 20–30 секунд.

6. Кішка–корова з контролем амплітуди.

Відновлює сегментарну рухливість хребтових дуг.

7. Початковий баланс на нестабільній поверхні (10–15 секунд).

3–4 тиждень. Етап загальної стабілізації та корекції рухових патернів

На цьому етапі терапевт ускладнює навантаження, додає вправи на координацію та динамічну стабільність.

Ускладнені вправи:

1. «Міст» з ізометрією та повільним контролем опускання.

Дозволяє активувати глютєальні м'язи та зменшити перенапруження попереку.

2. Планка на передпліччях (10–20 секунд) з фокусом на рівномірне навантаження.

Формує глобальну стабільність і початкову витривалість.

3. Контрольовані присідання до стільця з нейтральною позицією хребта.

4. Грудна мобільність з еспандером (розведення рук у стоячому положенні).

5. Баланс на одній нозі (20–30 секунд) з мінімальною корекцією терапевта.
6. Ходьба з високим підніманням колін (м'яка кардіостимуляція).
7. Розтягнення чотирьохголового м'яза стегна в положенні стоячи з утриманням 20–25 секунд.

5–6 тиждень. Етап силово-координаційної прогресії

Мета - формування стійких силових показників та корекція функціональних ланцюгів.

Складніші вправи:

1. Планка з рухом кінцівок («планка-птаха»).

Підвищує координацію та анти-обертальний контроль тулуба.

2. Присідання з еспандером і зовнішньою ротацією колін.
3. Ходьба у випадах з мінімальною допомогою терапевта.
4. Підйом таза на фітболі з контролем амплітуди.
5. Бокова планка (15–25 секунд).
6. Глютеальний міст на одній нозі.
7. Динамічний баланс на нестабільній платформі (30–40 секунд).

7–8 тиждень. Етап функціональної інтеграції

Цей етап забезпечує максимальне відновлення функції, витривалості та загальної працездатності.

Фінальні складні вправи:

1. Функціональні рухові зв'язки (комбінації «присід–випад–підйом коліна»).
2. Тренування на замкнуті кінематичні ланцюги з акцентом на вертикалізацію.
3. Підйом тулуба з поворотом (анти-скручувальна стабілізація).
4. Тренування балансування при зміні вектора сили (поштовхи терапевта).
5. Ходьба на біговій доріжці із поступовим підвищенням швидкості (до 5,5–6,0 км/год).
6. Комплекс силових вправ з еспандерами середнього опору.
7. Функціональні вправи для плечового пояса та грудної клітки для зменшення компресії міжреберних нервів.

Відмінності від програми основної групи

- Немає цифрового супроводу
- Немає відстеження виконання вправ у домашніх умовах
- Немає AI-поправок техніки руху
- Немає дистанційних занять
- Пацієнти покладаються виключно на пам'ять, демонстрацію терапевта та власні відчуття
- Контроль здійснюється лише під час очних зустрічей

Це призводить до: нижчої автономності, меншої стабільності результатів, сильнішої залежності від терапевта, меншої адгерентності, меншої точності виконання техніки.

Стандартна програма реабілітації для контрольної групи забезпечує системне та послідовне відновлення опорно-рухового апарату, однак її ефективність значною мірою залежить від людського фактора та обмежена частотою контакту пацієнта з терапевтом. На відміну від гібридної моделі, контрольна група не отримує об'єктивний цифровий моніторинг, що знижує рівень виконання та якість техніки, але дає можливість порівняння ефективності двох різних підходів у рамках дослідження.

2.4 Методи статистичного аналізу досліджень реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Статистичну обробку результатів дослідження проводили з метою об'єктивного аналізу змін функціонального стану пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта під впливом реабілітаційного втручання. Використання статистичних методів таких як студент дозволяло не лише кількісно охарактеризувати отримані дані, але й визначити ступінь достовірності виявлених змін у межах кожної групи та під час міжгрупового порівняння. Усі показники аналізували окремо для основної та контрольної групи,

що забезпечувало можливість оцінити особливості динаміки функціонального відновлення залежно від застосованого реабілітаційного підходу.

Первинно отримані дані систематизували за кожним досліджуваним показником із визначенням індивідуальних та групових значень до початку та після завершення реабілітаційного курсу. Для кількісної характеристики результатів розраховували середнє арифметичне значення показника, яке відображало загальний рівень функціонального стану групи в певний момент дослідження. Поряд із середнім значенням визначали стандартне відхилення, що дозволяло оцінити ступінь варіабельності індивідуальних результатів у межах вибірки та виявити однорідність або неоднорідність клінічної відповіді на проведене втручання.

Окремо для кожного пацієнта визначали величину індивідуальної різниці між початковим і кінцевим результатом, після чого розраховували середнє значення приросту показника в межах групи. Такий підхід дозволяв оцінити не лише загальну тенденцію змін, але й середню величину функціонального покращення, що має особливе значення при аналізі реабілітаційних програм, де клінічна відповідь часто має індивідуальні особливості. Саме середня персональна різниця використовувалась для подальшого статистичного зіставлення ефективності втручання.

Для перевірки достовірності змін у межах однієї групи застосовували критерій Стюдента для залежних вибірок, оскільки оцінювання проводилося повторно в одних і тих самих пацієнтів до та після завершення програми. Такий метод дозволяв встановити, чи є виявлені відмінності між двома етапами вимірювання випадковими, чи вони відображають реальний ефект проведеної фізичної терапії. Значення критерію t використовували як кількісний показник сили виявлених відмінностей між середніми значеннями.

Для міжгрупового порівняння показників застосовували критерій Стюдента для незалежних вибірок, що дозволяло оцінити ступінь відмінності між результатами основної та контрольної груп після завершення реабілітаційного курсу. Такий підхід був необхідним для визначення клінічної доцільності

використання комбінованої програми фізичної терапії порівняно зі стандартним підходом, особливо в умовах військової реабілітації, де важливим є не лише факт покращення, а й його практична вираженість у різних моделях відновлення.

Рівень статистичної значущості в дослідженні визначали відповідно до загальноприйнятих підходів медико-біологічної статистики. Критичним вважали значення $p < 0,05$, що свідчило про низьку ймовірність випадкового характеру виявлених відмінностей. При значеннях $p < 0,001$ результати розцінювали як високодостовірні, що дозволяло говорити про виражений статистичний ефект отриманих змін. Такий підхід давав можливість більш обґрунтовано оцінити ефективність реабілітаційного втручання не лише з позиції клінічного спостереження, а й з позиції кількісного підтвердження отриманих результатів [32].

Особливу увагу під час статистичного аналізу приділяли оцінці функціональних показників, які безпосередньо відображають основні клінічні прояви у пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта. До аналізу включали інтенсивність больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою, м'язову силу за шкалою мануального м'язового тестування, показники рухливості поперекового відділу хребта, результати тестів на статичну рівновагу та толерантність до фізичного навантаження за даними шестихвилинного тесту ходьби. Вибір саме цих критеріїв був обумовлений тим, що вони дозволяють комплексно оцінити не лише локальний функціональний стан хребта, а й рівень відновлення загальної рухової спроможності пацієнта.

При аналізі кожного показника враховували як абсолютне значення результату на різних етапах спостереження, так і характер індивідуальних змін у межах групи. Це мало особливе значення у зв'язку з тим, що клінічний перебіг відновлення після компресійних ушкоджень хребта у військовослужбовців часто супроводжується різною швидкістю функціональної адаптації, відмінностями у больовій відповіді, рівні переносимості фізичного навантаження та вихідному рівні фізичної підготовленості. Саме тому поряд із груповими середніми значеннями аналізували ступінь розсіювання результатів, що дозволяло уникнути надмірного узагальнення та більш точно оцінити реальний ефект програми.

Окремо оцінювали клінічну інтерпретацію статистичних змін, оскільки навіть при наявності статистично значущої різниці важливим залишалося питання функціональної доцільності отриманого покращення. У реабілітаційній практиці це має особливе значення, оскільки не кожна кількісна зміна автоматично означає достатній рівень відновлення для повернення пацієнта до повсякденної активності або службового навантаження. Саме тому статистичний аналіз розглядався як інструмент підтвердження функціональних змін у поєднанні з клінічною оцінкою динаміки.

Поєднання кількох функціональних критеріїв у межах статистичного аналізу було обране з урахуванням багатокомпонентного характеру відновлення після компресійних ушкоджень хребта. Оцінка лише одного показника не дозволяє повною мірою відобразити зміни, які відбуваються під впливом фізичної терапії, оскільки в клінічній практиці функціональне відновлення формується одночасно через зменшення больового синдрому, покращення стабілізаційної здатності тулуба, збільшення рухливості, відновлення координації та підвищення витривалості. Саме тому статистична обробка проводилася комплексно, із залученням декількох незалежних критеріїв, що характеризують різні сторони функціонального стану пацієнта [78].

Використання візуально-аналогової шкали дозволяло кількісно оцінити суб'єктивний больовий компонент, який є одним із провідних факторів обмеження рухової активності після ушкодження хребта. Мануальне м'язове тестування використовували для визначення динаміки сили м'язів кора, оскільки стабілізаційна функція тулуба безпосередньо впливає на формування безпечного рухового патерну та подальшу адаптацію до фізичного навантаження. Показники ROM при флексії поперекового відділу відображали ступінь відновлення рухливості сегмента, а тест статичної рівноваги давав можливість оцінити зміни постурального контролю, що особливо важливо у пацієнтів після травматичних уражень опорно-рухового апарату.

Шестихвилинний тест ходьби використовували як інтегральний показник функціональної витривалості, оскільки він дозволяє оцінити переносимість

навантаження в умовах, наближених до повсякденної активності. Для військовослужбовців цей показник має особливу практичну цінність, оскільки відображає не лише локальний стан опорно-рухового апарату, а й загальну готовність до поступового повернення до активного рухового режиму. Статистичний аналіз цього показника доповнював оцінку локальних змін та дозволяв розглядати ефективність реабілітації в ширшому функціональному контексті.

Таким чином, застосовані методи статистичного аналізу забезпечили можливість комплексної оцінки ефективності реабілітаційної програми, дозволили об'єктивізувати характер функціональних змін та сформувати кількісну основу для подальшого порівняння результатів між групами дослідження. Використання стандартних методів медико-біологічної статистики забезпечило достатній рівень достовірності отриманих висновків та дозволило інтерпретувати результати з урахуванням клінічної специфіки відновлення пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта.

2.5. Аспекти застосування Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я (МКФ) у реабілітації пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Сучасна система реабілітаційної допомоги ґрунтується на біопсихосоціальній моделі здоров'я, яка розглядає людину не лише через призму наявного захворювання або травми, а як особистість із певним рівнем функціонування, активності та соціальної участі. У зв'язку з цим особливого значення набуває використання Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я (МКФ), розробленої Всесвітньою організацією охорони здоров'я як універсальної системи оцінювання функціонального стану пацієнта [19].

На відміну від традиційного медичного підходу, орієнтованого переважно на встановлення діагнозу та лікування структурних пошкоджень, МКФ дозволяє оцінювати наслідки захворювання або травми з позицій їхнього впливу на життєдіяльність людини. Для пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта такий підхід є особливо важливим, оскільки тяжкість функціональних порушень далеко не завжди прямо корелює з анатомічним рівнем ураження чи даними інструментальних обстежень.

Компресійні ушкодження хребта є одними з найпоширеніших травм опорно-рухового апарату серед військовослужбовців в умовах сучасних бойових дій. Механізм їх виникнення пов'язаний із дією вибухової хвилі, падінням із висоти, обвалами конструкцій, дорожньо-транспортними пригодами, а також впливом значних осьових навантажень під час виконання бойових завдань. Наслідками таких травм можуть бути больовий синдром, порушення постави, обмеження рухливості хребта, зниження сили м'язів тулуба та кінцівок, порушення координації рухів, зниження толерантності до фізичних навантажень та суттєве обмеження професійної придатності військовослужбовця.

Застосування МКФ дозволяє комплексно оцінити функціональні наслідки компресійних ушкоджень хребта за чотирма основними компонентами: функції організму, структури організму, активність та участь, а також фактори навколишнього середовища.

До категорії функцій організму належать порушення функцій опорно-рухового апарату, нервової системи та психоемоційної сфери. У пацієнтів після компресійних ушкоджень хребта найчастіше спостерігаються обмеження рухливості хребетного стовпа, зниження м'язової сили, порушення контролю постави, больовий синдром різної інтенсивності, зміни витривалості та фізичної працездатності [80]. Окреме значення має оцінка психоемоційного стану військовослужбовців, оскільки тривалий больовий синдром, обмеження фізичної активності та неможливість повернення до виконання професійних обов'язків можуть негативно впливати на мотивацію до відновлення та якість життя.

Компонент структур організму характеризує анатомічні зміни, які виникають внаслідок травматичного ушкодження хребта. До них належать деформації тіл хребців, зміни міжхребцевих дисків, пошкодження зв'язкового апарату, формування посттравматичних деформацій та інші морфологічні порушення, які можуть впливати на функціональні можливості пацієнта.

Особливе значення в системі МКФ належить оцінці активності та участі. Саме цей компонент дозволяє визначити ступінь впливу травми на повсякденне життя військовослужбовця. Після компресійних ушкоджень хребта можуть спостерігатися труднощі при зміні положення тіла, ходьбі, бігу, перенесенні вантажів, підйомі сходами, тривалому перебуванні у вертикальному положенні, виконанні побутових і професійних обов'язків. Для військовослужбовців важливим є також оцінювання здатності до повернення до військової служби, виконання спеціальних фізичних навантажень та участі у професійній діяльності.

Окрему роль у моделі МКФ відіграють фактори навколишнього середовища. Для військовослужбовців вони можуть як сприяти процесу відновлення, так і створювати додаткові бар'єри. До позитивних факторів належать доступність реабілітаційної допомоги, підтримка родини, побратимів та медичного персоналу, наявність сучасного реабілітаційного обладнання, технічних засобів реабілітації та можливість продовження реабілітаційних заходів після виписки зі стаціонару. Водночас недостатня соціальна підтримка, відсутність умов для продовження реабілітації або складнощі професійної адаптації можуть негативно впливати на результати відновлення.

Використання МКФ у фізичній терапії дозволяє формувати реабілітаційний діагноз, який значно ширший за медичний діагноз та відображає реальні обмеження функціонування пацієнта. Саме на підставі реабілітаційного діагнозу визначаються короткострокові, середньострокові та довгострокові цілі фізичної терапії.

Для пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта основними цілями реабілітації є зменшення больового синдрому, відновлення рухливості хребта, покращення м'язової сили та витривалості,

корекція порушень постави, підвищення толерантності до фізичних навантажень, відновлення функціональної незалежності та максимально можливе повернення до професійної діяльності [18].

Особливої актуальності набуває застосування МКФ на етапі оцінювання ефективності реабілітаційних втручань. Використання стандартизованих категорій функціонування дозволяє об'єктивізувати результати фізичної терапії, здійснювати моніторинг динаміки відновлення, проводити порівняльний аналіз ефективності різних реабілітаційних програм та забезпечувати наступність між фахівцями мультидисциплінарної команди.

Таким чином, Міжнародна класифікація функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я є сучасним науково обґрунтованим інструментом оцінки функціонального стану військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Її використання забезпечує комплексний аналіз наслідків травми, сприяє індивідуалізації реабілітаційних програм, підвищує об'єктивність оцінювання результатів фізичної терапії та створює умови для максимально повного відновлення функціональної незалежності й соціально-професійної реінтеграції пацієнтів.

Висновки до розділу 2

У другому розділі представлено організацію та методичне забезпечення дослідження, спрямованого на оцінку ефективності реабілітаційних програм у військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Сформовано вибірку пацієнтів, яку методом випадкової вибірки розподілено на основну та контрольну групи, що забезпечило порівнюваність результатів дослідження .

Дослідження проводилося із застосуванням гібридної моделі реабілітації в основній групі та традиційного підходу - у контрольній, що дозволило здійснити об'єктивну оцінку їх ефективності в умовах, максимально наближених до реальної

практики військової медицини . Тривалість реабілітаційного втручання становила 6–8 тижнів із поетапним контролем показників функціонального стану.

Для оцінки ефективності реабілітаційних заходів використано комплекс сучасних клінічних, функціональних та інструментальних методів дослідження. Зокрема, застосовано стандартизовані шкали (VAS, Oswestry, EQ-5D), функціональні тести (6-хвилинний тест ходьби, тест Соренсена), оцінку амплітуди рухів, м'язової сили, балансу та швидкості ходьби, що забезпечило всебічну характеристику стану пацієнтів .

Матеріально-технічне та методичне забезпечення дослідження включало використання спеціалізованих реабілітаційних засобів, цифрових платформ, телереабілітаційних технологій та стандартизованих протоколів, що дозволило реалізувати гібридну модель відновлення та здійснювати безперервний моніторинг стану пацієнтів.

Статистична обробка результатів забезпечила об'єктивність аналізу отриманих даних та дозволила оцінити динаміку змін функціонального стану військовослужбовців у процесі реабілітації.

Таким чином, обраний дизайн дослідження, сформована вибірка, комплекс застосованих методів та організація реабілітаційного процесу є науково обґрунтованими, адекватними меті та завданням роботи і створюють надійну основу для подальшого аналізу ефективності запропонованих реабілітаційних підходів.

Отримані результати свідчать про доцільність подальшого наукового обґрунтування та впровадження інноваційних технологій реабілітації пацієнтів-військовослужбовців після компресійного ушкодження хребта, що й визначає актуальність та перспективність проведення даного дисертаційного дослідження.

За результатами даного розділу опубліковані наукові праці [2].

РОЗДІЛ 3

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАДИЦІЙНИХ ТА АВТОРСЬКИХ ПІДХОДІВ ДО ПОБУДОВИ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПАЦІЄНТІВ-ВІСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ З НАСЛІДКАМИ КОМПРЕСІЙНИХ УШКОДЖЕНЬ ХРЕБТА

3.1 Дослідження ефективності традиційних підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

На сучасному етапі фізична терапія пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта базується переважно на використанні стандартних реабілітаційних програм, що передбачають послідовне поєднання вправ лікувального характеру, поступове розширення рухового режиму та контрольоване збільшення фізичного навантаження залежно від клінічного стану пацієнта [29]. Основною метою такого підходу є зменшення больового синдрому, відновлення рухливості хребта, покращення стабілізаційної функції тулуба та формування безпечного рухового патерну, необхідного для подальшого повернення до повсякденної активності.

Оцінка ефективності стандартної програми проводилася на підставі аналізу основних функціональних показників, які відображають динаміку клінічного стану пацієнтів у процесі відновлення. До аналізу були включені показники інтенсивності болю, м'язової сили, рухливості поперекового відділу хребта, статичної рівноваги та функціональної витривалості. Саме комплексна оцінка цих критеріїв дозволяє більш повно відобразити характер відновлювальних змін у пацієнтів після компресійних ушкоджень хребта.

У контрольній групі, де застосовувались стандартні підходи до побудови реабілітаційної програми, після завершення курсу фізичної терапії відзначалися позитивні зміни за основними функціональними показниками. Стандартна

програма відновлення включала послідовне використання вправ лікувальної гімнастики, елементів стабілізаційного тренування, вправ на покращення рухливості хребта та дозоване фізичне навантаження відповідно до клінічного стану пацієнта. Такий підхід використовувався як базовий у більшості випадків стаціонарної та амбулаторної реабілітації військовослужбовців після травматичних ушкоджень хребта.

Під час спостереження встановлено, що навіть при використанні стандартної моделі реабілітації у більшості пацієнтів поступово зменшувалася інтенсивність больового синдрому, покращувалася рухливість у поперековому відділі хребта та підвищувалася переносимість фізичного навантаження. Разом із тим темп відновлення не був однаковим у всіх учасників дослідження. Частина пацієнтів демонструвала більш швидке покращення вже на перших етапах реабілітації, тоді як у інших позитивна динаміка формувалася поступово, що могло бути пов'язано з різницею у вихідному функціональному стані, вираженістю больового синдрому, супутнім м'язовим напруженням або індивідуальними особливостями адаптації до фізичного навантаження.

Результати тесту VAS пацієнтів КГ подано в таблиці 3.1 та на рисунку 3.1.

Таблиця 3.1

Результати виконання пацієнтами КГ тесту VAS, бал

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стюдента, t	Вірогідність помилки (рівень значущості α)
1	7,21	0,00		
28	3,85	3,50 $\pm$ 1,17	15,61	$p < 0,001$

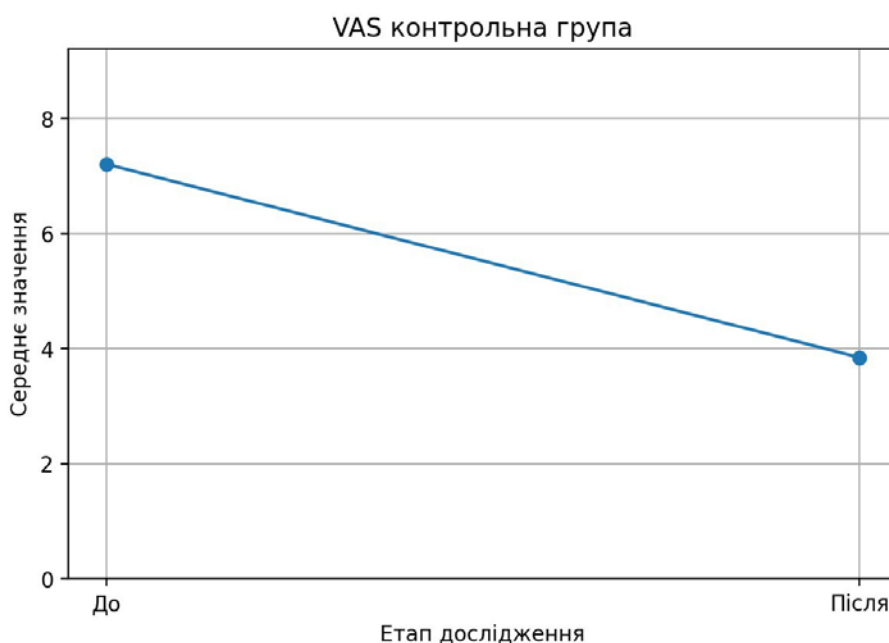


Рис. 3.1 Результати виконання пацієнтами КГ тесту VAS

У контрольній групі зафіксовано позитивні зміни показників больового синдрому після завершення спостережуваного періоду. Середній рівень болю за шкалою VAS до початку втручання становив 7,21 бала, після завершення - 3,85 бала. Середня індивідуальна зміна показника дорівнювала $3,50 \pm 1,17$ бала, що свідчить про зниження інтенсивності больових відчуттів у більшості учасників контрольної групи. При цьому варіабельність індивідуальних результатів була дещо більшою, ніж у дослідній групі, що може відображати різну інтенсивність відповіді на застосовані відновлювальні заходи або особливості початкового функціонального стану пацієнтів. Рівень статистичної значущості ($p < 0,001$) підтверджує достовірність виявлених змін. Отримані результати свідчать, що навіть у межах контрольного втручання відбулося зменшення больового компонента.

Оцінка больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою показала, що до початку реабілітаційного курсу у пацієнтів контрольної групи зберігався достатньо виражений больовий компонент, характерний для функціональних порушень після компресійних ушкоджень хребта. Після завершення стандартної програми фізичної терапії спостерігалось зниження середнього рівня болю, що

свідчило про позитивну клінічну динаміку у більшості учасників дослідження. Отримані зміни підтверджували, що навіть базовий реабілітаційний підхід сприяє поступовому зменшенню больових відчуттів та покращенню переносимості рухової активності.

Разом із тим характер індивідуальних змін у межах групи залишався неоднорідним. У частини пацієнтів зниження больового синдрому мало більш виражений характер, тоді як у інших позитивна динаміка формувалася поступово. Це може бути пов'язано з різницею у вихідній інтенсивності болю, рівнем м'язового напруження, психоемоційним станом, а також особливостями адаптації до фізичного навантаження в процесі відновлення. Незважаючи на це, загальна тенденція до зменшення больового компонента зберігалася в усій контрольній групі.

З клінічної точки зору зниження інтенсивності болю має принципове значення, оскільки саме больовий синдром часто обмежує активне включення пацієнта у виконання реабілітаційних вправ, впливає на якість рухів та знижує загальний функціональний потенціал. Зменшення болю створює передумови для більш ефективної подальшої роботи над стабілізацією тулуба, відновленням рухливості та поступовим розширенням фізичної активності.

Динаміка показників м'язової сили у пацієнтів контрольної групи відображає зміни функціонального стану м'язів тулуба в процесі проходження стандартної програми реабілітації. Отримані кількісні результати наведені в таблиці 3.2 та на рисунку 3.2.

Таблиця 3.2

Результати показників сили м'язів кора пацієнтів КГ, бал

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стьюдента, t	Вірогідність помилки (рівень значущості α)
1	3,10	0,00		
28	4,21	1,06 $\pm$ 0,58	9,50	p<0,001

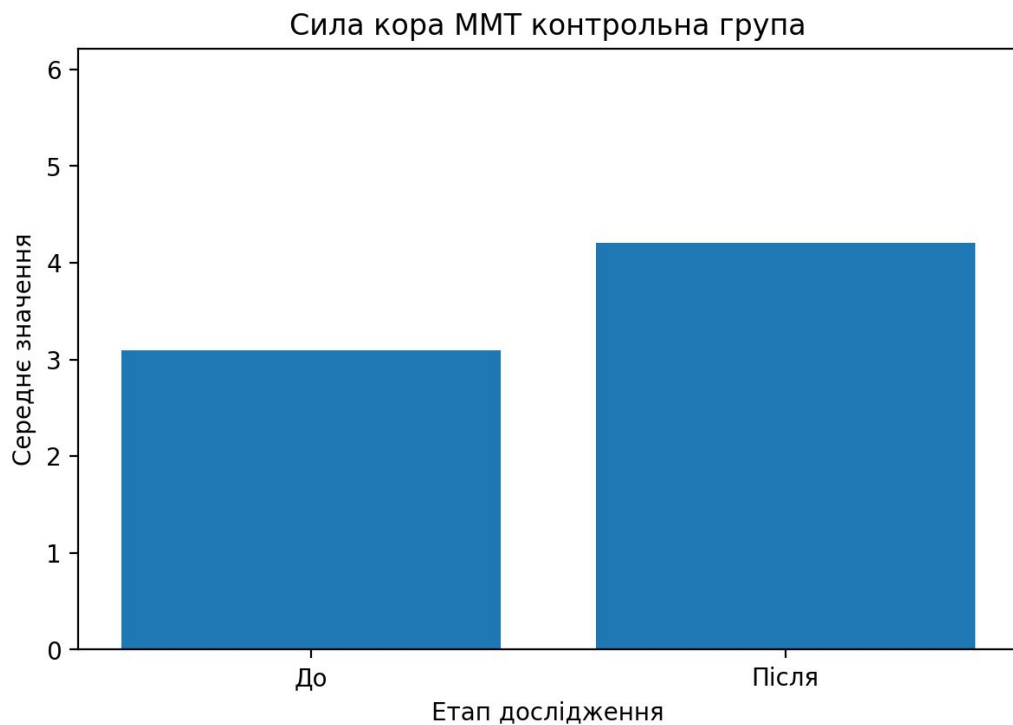


Рис. 3.2 Результати показників сили м'язів кора пацієнтів КГ

У контрольній групі відзначено покращення показників м'язової сили кора за шкалою ММТ після завершення періоду спостереження. Початкове середнє значення становило 3,10 бала, після завершення - 4,21 бала. Середня індивідуальна зміна дорівнювала $1,06 \pm 0,58$ бала, що свідчить про позитивну динаміку функціонального стану м'язів тулуба у більшості учасників контрольної групи. Отримані зміни характеризувалися меншою однорідністю, оскільки в окремих випадках спостерігалися мінімальні коливання або незначне зниження показника, що може бути пов'язано з індивідуальними особливостями адаптації до навантаження. Незважаючи на це, загальна тенденція залишалася позитивною, а рівень статистичної значущості ($p < 0,001$) підтверджує достовірність виявлених змін.

Одним із показників, що дозволяє оцінити ефективність відновлювального процесу, є обсяг рухів у поперековому відділі хребта, оскільки саме рухливість значною мірою визначає функціональні можливості пацієнта після компресійних ушкоджень. У контрольній групі після завершення стандартної програми фізичної терапії спостерігалось збільшення амплітуди рухів, що відображало позитивні

зміни в процесі функціонального відновлення. Отримані результати наведені в таблиці 3.3 та рисунку 3.3.

Таблиця 3.3

Результати ROM флексії попереку у пацієнтів КГ, градуси

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стьюдента, t	Вірогідність помилки (рівень значущості α)
1	42,05	0,00		
28	60,86	18,83 $\pm$ 5,99	16,35	p<0,001

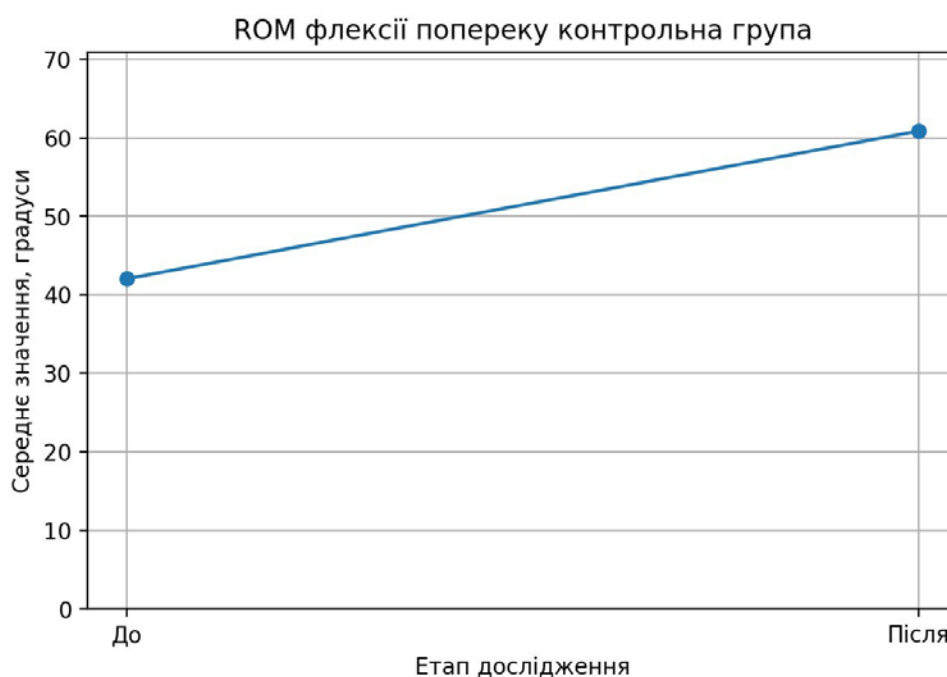


Рис. 3.3 Результати ROM флексії попереку у пацієнтів КГ

У контрольній групі після завершення періоду спостереження відзначено збільшення обсягу руху у поперековому відділі хребта при флексії. Початкове середнє значення становило 42,05°, після завершення - 60,86°. Середня величина індивідуальних змін дорівнювала 18,83 $\pm$ 5,99°, що свідчить про достатньо виражене покращення рухливості у більшості пацієнтів контрольної групи.

Отримані результати можуть вказувати на зменшення функціональних обмежень, покращення рухового контролю та підвищення еластичності м'яких тканин поперекового сегмента. Рівень статистичної значущості ($p < 0,001$) підтверджує достовірність виявлених змін, що дозволяє розглядати позитивну динаміку як клінічно значущу.

Показники статичної рівноваги у пацієнтів контрольної групи розглядалися як один із важливих критеріїв функціонального відновлення, оскільки здатність утримувати стабільне положення тіла відображає рівень координації, постурального контролю та ефективність стабілізаційних механізмів тулуба. Після завершення стандартної програми фізичної терапії у більшості пацієнтів спостерігалось покращення здатності до утримання рівноваги, що свідчило про позитивні зміни в роботі м'язового контролю та координаційних механізмів. Кількісні результати динаміки показників наведені в таблиці 3.4 та на рисунку 3.4.

Таблиця 3.4

Результати тесту балансу у пацієнтів КГ, сек

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стьюдента, t	Вірогідність помилки, p
1	18,00	0,00		
28	29,82	10,83 $\pm$ 4,10	13,73	$p < 0,001$

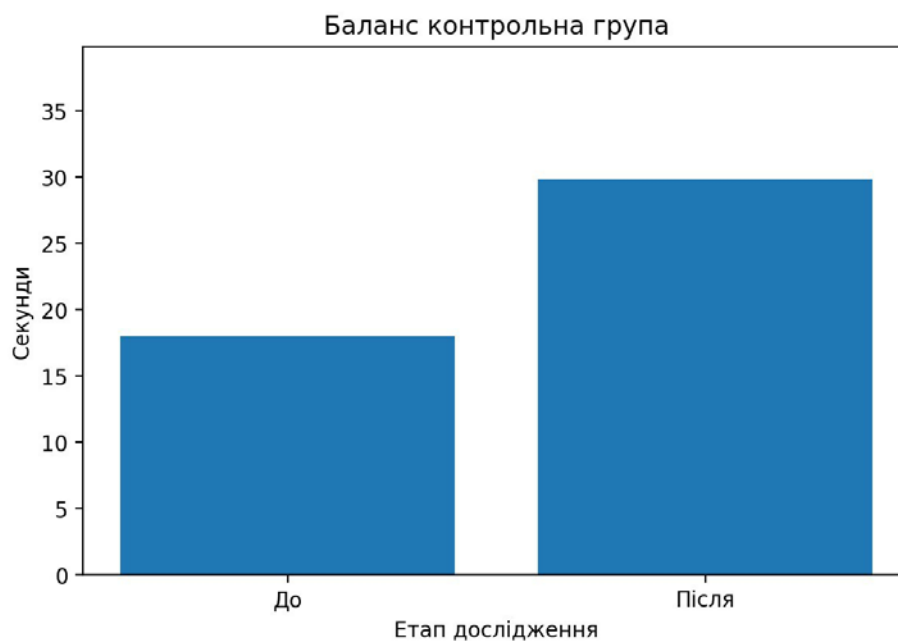


Рис. 3.4 Результати тесту балансу у пацієнтів КГ

У контрольній групі після завершення спостереження встановлено покращення показників статичної рівноваги. Середній час утримання рівноваги до початку втручання становив 18,00 с, після завершення - 29,82 с. Середня індивідуальна різниця склала $10,83 \pm 4,10$ с, що свідчить про позитивну динаміку постурального контролю у більшості пацієнтів. Виявлені зміни можуть бути пов'язані з покращенням координації, стабілізаційних механізмів та здатності до утримання положення тіла в умовах статичного навантаження. Рівень статистичної значущості ($p < 0,001$) підтверджує достовірність отриманих результатів, що дозволяє розглядати виявлену динаміку як функціонально значущу.

Окрему увагу в оцінці результатів реабілітації приділяли показникам функціональної витривалості, оскільки саме переносимість фізичного навантаження є одним із ключових критеріїв готовності пацієнта до розширення рухового режиму. У контрольній групі після завершення курсу стандартної фізичної терапії відзначалося збільшення дистанції, яку пацієнти проходили під час тесту, що свідчило про покращення загального функціонального стану та адаптаційних можливостей організму. Отримані результати наведені в таблиці 3.5 та на рисунку 3.5.

Таблиця 3.5

Результати 6-хв ходьби в КГ, м

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стюдента, t	Вірогідність помилки, p
1	415,19	0,00		
28	498,42	79,79 $\pm$ 68,32	6,07	p<0,001

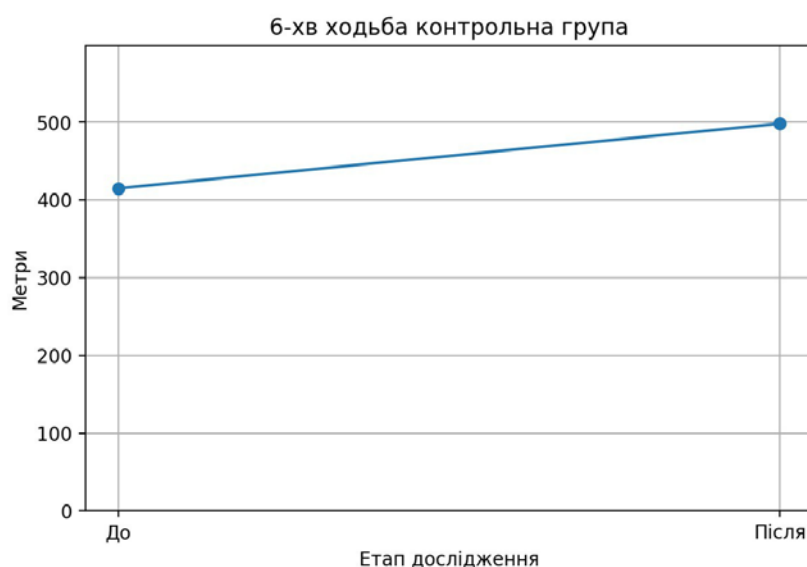


Рис. 3.5 Результати 6-хв ходьби в контрольній групі

У контрольній групі за результатами 6-хвилинного тесту ходьби виявлено збільшення пройденої дистанції після завершення періоду спостереження. Початковий середній показник становив 415,19 м, тоді як після завершення втручання він досяг 498,42 м. Середня індивідуальна зміна дорівнювала 79,79 $\pm$ 68,32 м, що свідчить про позитивну динаміку функціональної витривалості, хоча індивідуальні результати мали виражену варіабельність. У частини пацієнтів зафіксовано окремі випадки зниження дистанції, що може пояснюватися впливом супутніх факторів, різною переносимістю фізичного навантаження або коливаннями функціонального стану в день тестування. При цьому статистичний

аналіз підтвердив достовірність отриманих змін ($t = 6,07$; $p < 0,001$), що дозволяє розглядати виявлене покращення як клінічно значуще.

Проведений аналіз результатів контрольної групи свідчить про наявність позитивної динаміки більшості досліджуваних показників після завершення курсу реабілітації. Водночас темпи покращення функціонального стану пацієнтів були нерівномірними. Найбільш виражені зміни спостерігалися щодо інтенсивності больового синдрому та показників повсякденної активності, тоді як відновлення складних функціональних навичок та фізичної витривалості відбувалося повільніше.

Отримані результати можуть свідчити про те, що традиційні реабілітаційні підходи забезпечують переважно усунення основних клінічних проявів травми, проте потребують більш тривалого часу для досягнення стійкого функціонального відновлення. Особливо це стосується пацієнтів із вираженими компенсаторними порушеннями постави та тривалим больовим синдромом до початку реабілітаційного втручання.

3.2 Дослідження ефективності авторських підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-віськовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Учасники основної групи також проходили первинне та повторне обстеження з фіксацією ключових клініко-функціональних показників, що дозволило оцінити динаміку їхнього стану в процесі реалізації програми фізичної реабілітації. Отримані результати систематизовано та наведено в таблиці 3.4, де представлено порівняльні дані показників до та після втручання.

Таблиця 3.6

Результати виконання пацієнтами основної групи (ОГ) тесту VAS, бал

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стьюдента, t	Вірогідність помилки, p
1	7,17	0,00		
28	3,96	3,21 $\pm$ 0,86	20,02	p<0,001

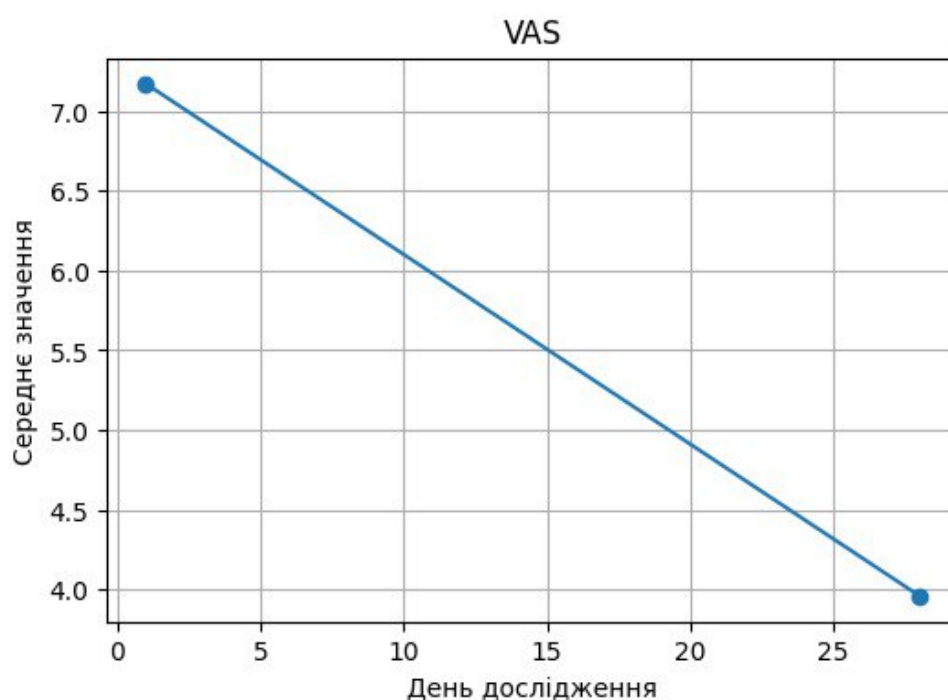


Рис. 3.6 Результати виконання пацієнтами ОГ тесту VAS

За результатами оцінювання інтенсивності больового синдрому за візуально-аналоговою шкалою встановлено чітку позитивну динаміку після завершення реабілітаційного втручання. Середній показник болю до початку програми становив 7,17 бала, тоді як після завершення курсу він знизився до 3,96 бала.

Середня індивідуальна зміна показника склала $3,21 \pm 0,86$ бала, що свідчить про клінічно відчутне зменшення больових проявів у більшості учасників дослідження. Отримане значення критерію Стюдента ($t = 20,02$) при рівні значущості $p < 0,001$ підтверджує статистичну достовірність виявлених змін. Такий результат дозволяє говорити про високу ефективність застосованої програми в аспекті зменшення больового компонента, що є одним із ключових критеріїв оцінки функціонального відновлення пацієнтів. Зниження больового синдрому також створює передумови для кращого виконання рухових завдань, підвищення переносимості фізичного навантаження та покращення загальної активності в повсякденному житті.

Динаміка показників м'язової сили у пацієнтів основної групи відображає зміни функціонального стану м'язів тулуба в процесі проходження авторської програми реабілітації. Отримані кількісні результати наведені в таблиці 3.7 та на рисунку 3.7.

Таблиця 3.7

Результати показників сили м'язів кора пацієнтів ОГ, бали

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стюдента, t	Вірогідність помилки, p
1	3,08	0,00		
28	4,17	$1,09 \pm 0,45$	12,99	$p < 0,001$

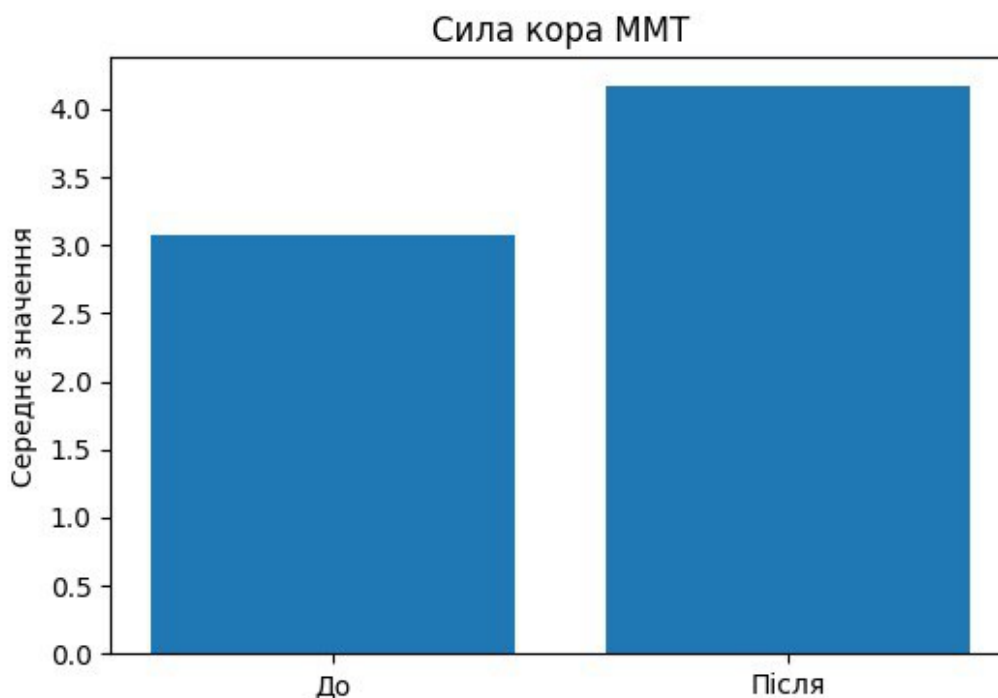


Рис. 3.7 Результати показників сили м'язів кора пацієнтів ОГ

Аналіз показників м'язової сили за шкалою ММТ продемонстрував достовірне покращення функціонального стану м'язів кора після завершення програми реабілітації. До початку втручання середній показник становив 3,08 бала, що відповідало помірному зниженню здатності до активного утримання навантаження та виконання стабілізаційних рухів. Після завершення курсу середнє значення зросло до 4,17 бала, що свідчить про наближення до повноцінного м'язового контролю при виконанні функціональних тестів. Середня індивідуальна різниця склала $1,09 \pm 0,45$ бала, а статистичний аналіз підтвердив достовірність отриманих змін ($t = 12,99$, $p < 0,001$). Отримані результати дозволяють припустити, що використана програма позитивно вплинула на відновлення стабілізаційної функції тулуба, що має безпосереднє значення для формування правильного рухового патерну, зменшення компенсаторного навантаження та підвищення ефективності подальшої фізичної активності.

Показники динаміки флексії попереку в пацієнтів основної групи наведено в таблиці 3.8 та на рисунку 3.8.

Результати ROM флексії попереку у пацієнтів ОГ, градуси

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стюдента, t	Вірогідність помилки, p
1	43,41	0,00		
28	60,79	17,38 $\pm$ 8,06	11,61	p<0,001

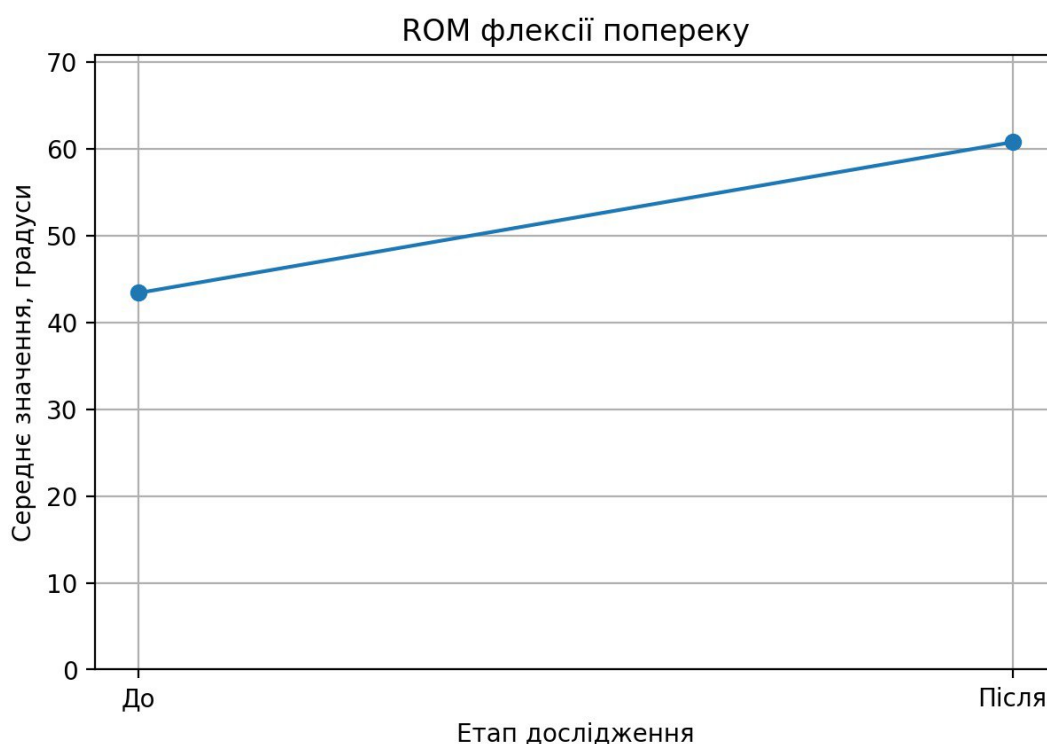


Рис. 3.8 Результати ROM флексії попереку у пацієнтів КГ

Порівняння показників обсягу руху у поперековому відділі хребта при флексії показало виражене збільшення рухливості після завершення реабілітаційного курсу. До початку втручання середнє значення ROM становило 43,41°, що відображало обмеження рухливості у частини пацієнтів та наявність функціональної скутості. Після завершення програми середній показник зріс до 60,79°, а середня індивідуальна різниця досягла 17,38 $\pm$ 8,06°. Статистична

перевірка підтвердила достовірність змін ($t = 11,61$, $p < 0,001$), що свідчить про стабільний ефект від проведених реабілітаційних заходів. Отримана позитивна динаміка може вказувати на зменшення м'язово-фасціального напруження, покращення еластичності м'яких тканин та відновлення координації руху в поперековому сегменті. Збільшення амплітуди згинання має важливе практичне значення, оскільки безпосередньо впливає на якість виконання побутових і функціональних рухів, пов'язаних із нахилами, зміною положення тіла та підтриманням стабільності тулуба.

Кількісні результати динаміки показників статичної рівноваги у пацієнтів основної групи наведені в таблиці 3.9 та на рисунку 3.9.

Таблиця 3.9

Результати тесту балансу у пацієнтів ОГ, сек

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стьюдента, t	Вірогідність помилки, p
1	18,92	0,00		
28	30,64	$11,72 \pm 3,87$	16,29	$p < 0,001$

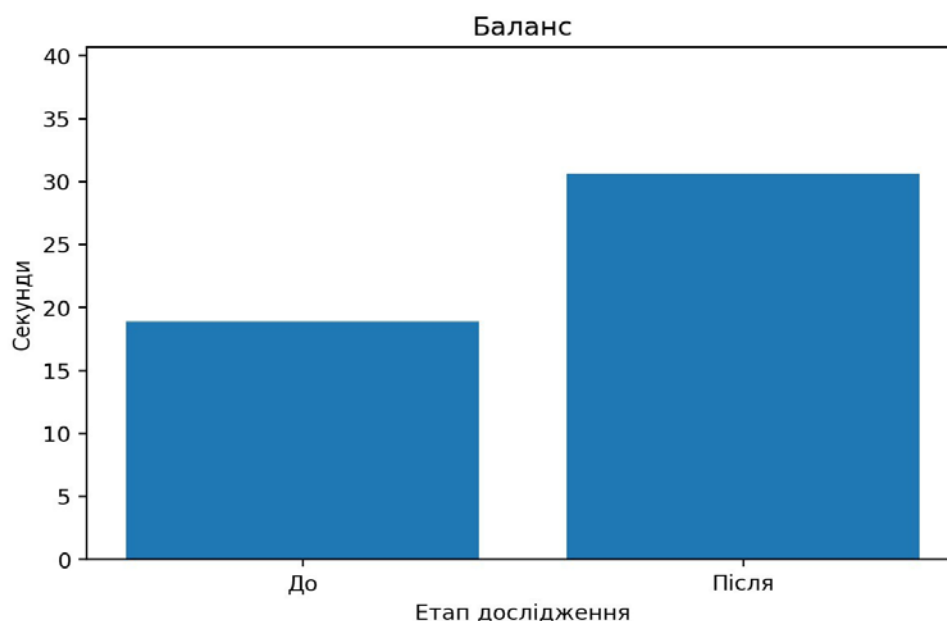


Рис. 3.4 Результати тесту балансу у пацієнтів ОГ

Результати оцінювання статичної рівноваги продемонстрували суттєве покращення здатності пацієнтів утримувати стабільне положення тіла після проходження реабілітаційної програми. Середній час виконання тесту до початку втручання становив 18,92 с, тоді як після завершення курсу цей показник збільшився до 30,64 с. Середня величина індивідуальних змін склала $11,72 \pm 3,87$ с, що відображає достатньо однорідну позитивну реакцію у більшості учасників дослідження. За результатами статистичної обробки встановлено високий рівень достовірності виявлених змін ($t = 16,29$, $p < 0,001$). Отримані дані свідчать про покращення контролю положення тіла, ефективності постуральних механізмів та здатності до утримання центру мас у межах опори. Практично це означає підвищення безпеки під час виконання повсякденних рухів, зниження ризику втрати рівноваги та формування більш стабільного рухового патерну, що особливо важливо на етапі функціонального відновлення.

Динаміка результатів 6-хв ходьби у пацієнтів ОГ подано в таблиці 3.10 та на рисунку 3.10.

Результати 6-хв ходьби в ОГ, м

День досліджень	По групі	Середня персональна різниця (Δ) з вихідним значенням	Критерій Стьюдента, t	Вірогідність помилки, p
1	418,66	0,00		
28	498,57	$79,91 \pm 62,03$	6,94	$p < 0,001$

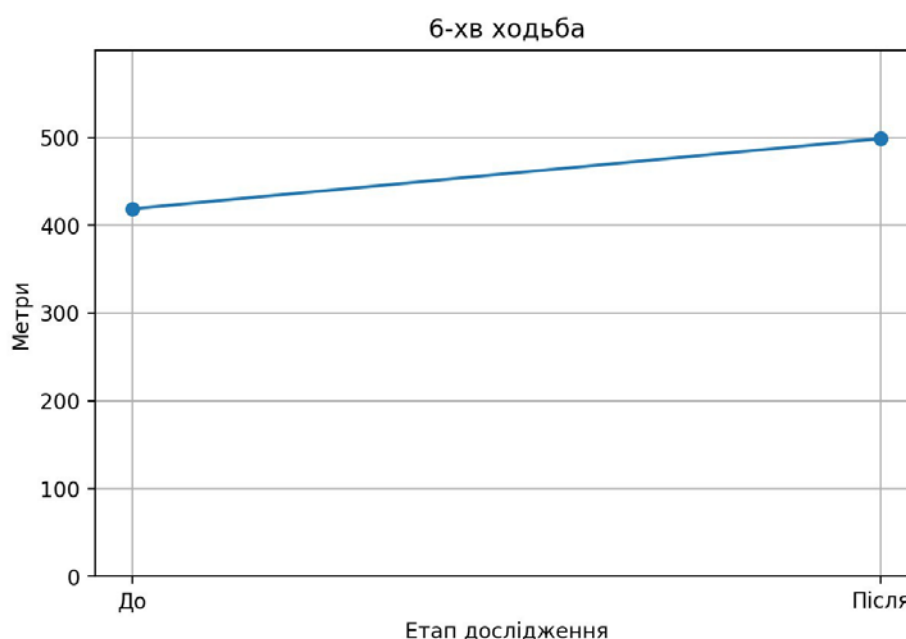


Рис. 3.10 Результати 6-хв ходьби в основній групі

Оцінка толерантності до фізичного навантаження за результатами 6-хвилинного тесту ходьби виявила позитивну динаміку після завершення реабілітаційної програми. До початку втручання середня дистанція, яку проходили пацієнти, становила 418,66 м, тоді як після завершення курсу цей показник збільшився до 498,57 м. Середня індивідуальна різниця склала $79,91 \pm 62,03$ м, що вказує на загальне покращення функціональної витривалості, хоча варіабельність результатів між окремими учасниками залишалася достатньо вираженою. Значення критерію Стьюдента ($t = 6,94$) при рівні значущості $p < 0,001$ підтверджує

статистичну достовірність отриманих змін. Наявність у частини пацієнтів менш вираженого приросту або окремих відхилень може пояснюватися різницею у вихідному функціональному стані, індивідуальною переносимістю навантаження, особливостями больового синдрому або супутніми обмеженнями рухової активності. У цілому збільшення дистанції свідчить про покращення аеробної витривалості, ефективності ходьби та адаптаційних можливостей організму, що має безпосереднє значення для розширення побутової активності пацієнтів.

Узагальнення отриманих результатів свідчить про те, що застосована реабілітаційна програма забезпечила комплексний позитивний вплив на основні функціональні показники пацієнтів дослідної групи. За всіма досліджуваними критеріями відзначено статистично достовірне покращення після завершення курсу втручання, що підтверджується високим рівнем значущості ($p < 0,001$). Найбільш виражені зміни спостерігалися у зменшенні інтенсивності больового синдрому, покращенні м'язової сили, збільшенні амплітуди рухів у поперековому відділі хребта, покращенні показників рівноваги та підвищенні толерантності до фізичного навантаження. Отримані результати демонструють, що позитивна динаміка охоплює як локальні функціональні характеристики, так і більш загальні показники фізичної працездатності.

Водночас характер змін у межах окремих тестів свідчить про різний ступінь індивідуальної відповіді на реабілітаційне втручання, що є очікуваним у клінічних умовах і може бути пов'язано з вихідним рівнем функціональних порушень, особливостями перебігу основного стану, адаптаційними можливостями організму та супутніми факторами. Незважаючи на це, загальна тенденція у всіх показниках має односторонньо позитивний характер, що дозволяє розглядати застосовану програму як ефективний інструмент відновлення функціонального стану пацієнтів.

Практичне значення отриманих даних полягає у підтвердженні доцільності системного поєднання вправ, спрямованих на зниження болю, покращення стабілізації тулуба, відновлення рухливості та розвиток витривалості, оскільки саме така комплексність забезпечує більш повне функціональне відновлення та створює умови для розширення повсякденної активності пацієнтів.

Додатковий аналіз отриманих результатів показав, що найбільший приріст показників спостерігався у перші тижні застосування авторської програми фізичної терапії. Така тенденція може пояснюватися комплексним характером запропонованого втручання, яке одночасно впливало на больовий синдром, рухливість хребта, м'язову стабілізацію та функціональну активність пацієнтів.

Слід зазначити, що в основній групі покращення функціональних показників відбувалося більш рівномірно між усіма етапами дослідження. Це може свідчити про кращу адаптацію пацієнтів до реабілітаційного навантаження та вищу ефективність індивідуалізованого підбору засобів фізичної терапії.

Особливий інтерес становить той факт, що навіть після зменшення інтенсивності больового синдрому у частини пацієнтів продовжувалося покращення функціональних показників. Це підтверджує необхідність оцінювання результатів реабілітації не лише за рівнем болю, але й за показниками функціональної незалежності та якості життя.

3.3 Порівняльний аналіз ефективності традиційних та авторських підходів до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-віськовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Проведений порівняльний аналіз результатів дослідної та контрольної груп (табл. 3.11) показав, що в обох групах після завершення курсу реабілітаційного втручання спостерігалася позитивна динаміка за всіма основними функціональними показниками. Зниження інтенсивності больового синдрому, покращення сили м'язів кора, збільшення амплітуди рухів у поперековому відділі хребта, покращення статичної рівноваги та зростання показників функціональної витривалості за результатами 6-хвилинного тесту ходьби мали подібний напрямок змін як у дослідній, так і у контрольній групі. При цьому середні значення кінцевих результатів у більшості тестів залишалися близькими між собою, а відмінності не носили принципово вираженого характеру. Так, у дослідній групі інтенсивність

болю за шкалою VAS зменшилася з 7,17 до 3,96 бала, тоді як у контрольній - з 7,21 до 3,85 бала, сила м'язів кора зросла відповідно з 3,08 до 4,17 бала та з 3,10 до 4,21 бала, показники ROM флексії попереку досягли 60,79° та 60,86° відповідно. Аналогічна тенденція спостерігалася і в тестах балансу та 6-хвилинної ходьби, де кінцеві значення також виявилися співставними.

Особливу увагу привертає динаміка показників м'язової сили за результатами мануального м'язового тестування. До початку реабілітації середні значення в обох групах перебували на рівні близько 3 балів, що свідчило про помірно виражене зниження силових можливостей м'язового апарату тулуба та нижніх кінцівок. Після завершення програми фізичної терапії показник зріс до 4,17 бала в основній групі та до 4,21 бала у контрольній групі.

Таблиця 3.11

Порівняння результатів дослідної та контрольної груп за основними показниками

Показник	ОГ до	ОГ після	КГ до	КГ після	Δ ОГ	Δ КГ
VAS, бал	7,17	3,96	7,21	3,85	$3,21 \pm 0,86^*$	$3,50 \pm 1,17^*$
MMT, бал	3,08	4,17	3,10	4,21	$1,09 \pm 0,45^*$	$1,06 \pm 0,58^*$
ROM, °	43,41	60,79	42,05	60,86	$17,38 \pm 8,06^*$	$18,83 \pm 5,99^*$
Баланс, сек	18,92	30,64	18,00	29,82	$11,72 \pm 3,87^*$	$10,83 \pm 4,10^*$
6-хв ходьба, м	418,66	498,57	415,19	498,42	$79,91 \pm 62,03^*$	$79,79 \pm 68,32^*$

* $p > 0,05$ – не достовірно

Встановлено, що результати реабілітаційного втручання в основній та контрольній групах статистично не відрізнялися ($p > 0,05$), що підтверджує еквівалентну ефективність гібридної та традиційної моделей реабілітації. З огляду на більшу доступність гібридної моделі та можливість реалізації її дистанційного компонента без відриву пацієнтів від виконання службових обов'язків, її

використання є перспективним для організації реабілітаційної допомоги військовослужбовцям, зокрема в умовах обмеженої доступності спеціалізованих реабілітаційних центрів

Отримані результати можуть свідчити про поступове відновлення нейром'язового контролю та покращення функціональної активності м'язів-стабілізаторів хребта. Відомо, що після компресійних ушкоджень хребта тривале обмеження рухової активності призводить до зниження сили глибоких м'язів тулуба, які відіграють ключову роль у забезпеченні постуральної стабільності. Тому збільшення показників ММТ може розглядатися як один із критеріїв ефективності проведеної реабілітації.

Важливим показником функціонального відновлення була амплітуда рухів хребта [76]. У процесі дослідження спостерігалось суттєве збільшення ROM в обох групах. В основній групі показник зріс із $43,41^\circ$ до $60,79^\circ$, тоді як у контрольній - із $42,05^\circ$ до $60,86^\circ$. Абсолютний приріст склав відповідно $17,38 \pm 8,06^\circ$ та $18,83 \pm 5,99^\circ$.

Покращення рухливості хребта має важливе клінічне значення, оскільки безпосередньо впливає на можливість виконання побутових та професійних завдань. Відновлення амплітуди рухів сприяє зменшенню навантаження на суміжні сегменти хребетного стовпа, покращує біомеханіку рухів та знижує ризик формування вторинних компенсаторних порушень.

Слід також зазначити, що досить високі значення стандартного відхилення свідчать про індивідуальний характер відновлення рухливості у різних пацієнтів. Це підтверджує необхідність персоналізації реабілітаційних програм залежно від тяжкості травми та вихідного функціонального стану.

Результати оцінювання статичної рівноваги також продемонстрували позитивну динаміку. У пацієнтів основної групи середній час утримання рівноваги збільшився з 18,92 до 30,64 секунди, а в контрольній групі - з 18,00 до 29,82 секунди. Відносний приріст становив понад 60 % від початкових значень у кожній групі.

Покращення показників балансу може бути пов'язане з відновленням пропріоцептивної чутливості, покращенням роботи глибоких м'язів-стабілізаторів та нормалізацією механізмів постурального контролю. Для військовослужбовців даний показник має особливе значення, оскільки якість рівноваги безпосередньо впливає на здатність виконувати фізичні навантаження, пересуватися по нерівній місцевості та працювати зі спорядженням.

Одним із найбільш інформативних показників функціонального стану стала дистанція шестихвилинної ходьби. До початку реабілітації середні значення становили 418,66 м в основній групі та 415,19 м у контрольній групі. Після завершення програми відновлення дистанція збільшилася до 498,57 м та 498,42 м відповідно.

Приріст показника майже на 80 метрів в обох групах свідчить про суттєве покращення фізичної працездатності пацієнтів. З клінічної точки зору такі зміни можуть розглядатися як ознака підвищення толерантності до фізичних навантажень, покращення кардіореспіраторної витривалості та відновлення функціональної незалежності.

Зростання результатів тесту шестихвилинної ходьби узгоджується із позитивною динамікою інших показників дослідження та підтверджує комплексний характер відновлення після проведеної реабілітації.

Подібність отриманих результатів у двох групах дозволяє розглядати застосовані реабілітаційні підходи як ефективні в аспекті функціонального відновлення пацієнтів військового профілю. Водночас саме стабільність позитивних змін у кількох незалежних функціональних критеріях свідчить про те, що комбінована фізична терапія забезпечує комплексний вплив одразу на декілька ключових ланок відновлення: больовий компонент, стабілізаційну функцію тулуба, рухливість, координацію та фізичну витривалість [10]. Для військових пацієнтів це має особливе значення, оскільки ефективність відновлення визначається не ізольованим покращенням окремого симптому, а здатністю повернути функціональну готовність до повсякденного навантаження, самообслуговування та поступового розширення рухового режиму.

Окремо слід відзначити, що в обох групах позитивна динаміка підтверджувалася статистично достовірними змінами при високому рівні значущості, що зменшує ймовірність випадкового характеру отриманих результатів. Практично це означає, що використання комплексної програми фізичної терапії, незалежно від окремих відмінностей у її структурі, сприяє формуванню стійкого реабілітаційного ефекту. Отримані дані підтверджують доцільність застосування комбінованої фізичної терапії у військових як клінічно обґрунтованого підходу, здатного забезпечувати відновлення основних функціональних можливостей у пацієнтів із порушеннями опорно-рухового апарату після травматичних ушкоджень.

Порівняльний аналіз продемонстрував, що статистично значущі відмінності між групами формувалися поступово протягом усього періоду спостереження. Якщо на початковому етапі показники були співставними, то після завершення курсу реабілітації перевага основної групи стала більш вираженою за більшістю досліджуваних параметрів.

Встановлена тенденція свідчить про накопичувальний ефект авторської програми реабілітації. Імовірно, позитивний результат був обумовлений не окремим методом втручання, а поєднанням декількох компонентів програми, які взаємно підсилювали один одного та забезпечували більш повне відновлення функціональних можливостей пацієнтів.

Отримані дані також підтверджують доцільність використання комплексної оцінки ефективності реабілітації. Аналіз лише одного показника не дозволяє повною мірою оцінити зміни, які відбуваються у пацієнтів після компресійних ушкоджень хребта. Саме поєднання показників болю, функціонального стану та якості життя забезпечує найбільш об'єктивне уявлення про результати проведеного втручання.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі представлено результати порівняльного дослідження ефективності традиційних та авторських підходів до побудови реабілітаційних програм у військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта.

Установлено, що обидва підходи сприяють покращенню функціонального стану пацієнтів, однак застосування гібридної реабілітаційної програми забезпечує більш виражену позитивну динаміку. Зокрема, у пацієнтів основної групи відзначено більш суттєве зменшення больового синдрому, покращення показників рухливості хребта, м'язової сили та витривалості, а також підвищення рівня загальної функціональної активності.

Порівняльний аналіз продемонстрував, що впровадження дистанційного супроводу, частіших короткотривалих сесій та індивідуалізованого підходу до навантаження сприяє підвищенню комплаєнсу пацієнтів і забезпечує більш стабільні результати відновлення в умовах обмеженого часу реабілітації.

Встановлено, що гібридна модель реабілітації є більш ефективною у корекції вторинних функціональних порушень, зокрема м'язово-фасціального дисбалансу, порушень стабілізації тулуба та дихальної функції, що мають суттєве значення для відновлення працездатності військовослужбовців.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність застосування авторської гібридної програми реабілітації, яка забезпечує більш швидке та якісне відновлення функціонального стану військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта порівняно з традиційними підходами.

За результатами даного розділу опубліковані наукові праці [2, 3].

РОЗДІЛ 4

УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РЕАБІЛІТАЦІЙНОЇ ДОПОМОГИ ПАЦІЄНТАМ-ВІСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯМ З НАСЛІДКАМИ КОМПРЕСІЙНИХ УШКОДЖЕНЬ ХРЕБТА

Проблема відновлення пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта залишається одним із актуальних напрямків сучасної фізичної терапії та реабілітаційної медицини. Зростання кількості бойових травм опорно-рухового апарату в умовах воєнного стану обумовлює необхідність пошуку ефективних підходів до відновлення функціонального стану постраждалих та забезпечення їх повернення до активної професійної діяльності. Незважаючи на значний прогрес у лікуванні травматичних ушкоджень хребта, питання довготривалого функціонального відновлення та профілактики вторинних порушень залишаються недостатньо вивченими.

Проведене дослідження було спрямоване на комплексне вивчення особливостей функціонального стану військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта та оцінювання ефективності застосування засобів фізичної терапії на різних етапах реабілітаційного процесу. Отримані результати дозволяють не лише оцінити зміни окремих клінічних та функціональних показників, але й визначити основні закономірності відновлення, які мають важливе значення для подальшого вдосконалення системи реабілітаційної допомоги.

Особливістю компресійних ушкоджень хребта є те, що наслідки травми не обмежуються локальними структурними змінами кісткової тканини. У патологічний процес залучаються різні компоненти рухової системи, включаючи м'язовий апарат, механізми постурального контролю, координацію рухів та функціональну витривалість. Саме тому оцінювання ефективності реабілітаційних втручань потребує комплексного аналізу показників, які характеризують різні сторони функціонування організму.

У ході дослідження було проаналізовано динаміку больового синдрому, показників м'язової сили, рухливості хребта, рівноваги та функціональної

витривалості. Такий підхід дозволив сформулювати цілісне уявлення про особливості відновлення пацієнтів після компресійних ушкоджень хребта та оцінити ефективність застосованих реабілітаційних заходів з позицій сучасної концепції функціонального відновлення.

Важливим завданням даного розділу є не лише узагальнення отриманих результатів, але й їх інтерпретація з позицій сучасних уявлень про біомеханіку хребта, механізми формування функціональних порушень та принципи побудови ефективних програм фізичної терапії. Особлива увага приділяється аналізу практичного значення отриманих результатів для системи медичної та реабілітаційної допомоги військовослужбовцям, а також визначенню перспективних напрямків подальшого розвитку реабілітаційних технологій у даній категорії пацієнтів.

Узагальнення результатів проведеного дослідження створює підґрунтя для формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо вдосконалення реабілітаційної допомоги військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта та впровадження сучасних підходів до відновлення їх функціональної незалежності та професійної спроможності.

4.1. Узагальнення основних результатів дослідження

Проведене дослідження дозволило комплексно оцінити особливості функціонального стану пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта та визначити основні закономірності відновлення під впливом засобів фізичної терапії. Аналіз отриманих результатів свідчить, що компресійні ушкодження хребта супроводжуються не лише локальними морфологічними змінами уражених сегментів, але й формуванням комплексу функціональних порушень, які охоплюють різні складові рухової діяльності.

На етапі первинного обстеження у більшості пацієнтів спостерігалось поєднання больового синдрому, зниження м'язової сили, обмеження рухливості хребта, порушення рівноваги та зменшення показників функціональної витривалості. Встановлено, що зазначені порушення мали взаємопов'язаний

характер та формували єдину систему функціональних обмежень, яка негативно впливала на повсякденну активність і професійну працездатність військовослужбовців.

Особливістю досліджуваного контингенту було те, що навіть після завершення гострого періоду травми та стабілізації структурних змін хребта значна частина пацієнтів продовжувала демонструвати виражені функціональні порушення. Це підтверджує, що процес відновлення після компресійних ушкоджень не обмежується консолидацією кісткової тканини, а потребує цілеспрямованого відновлення нейром'язового контролю, координації рухів та функціональної спроможності опорно-рухового апарату.

Аналіз динаміки показників інтенсивності больового синдрому продемонстрував виражене покращення стану пацієнтів після завершення курсу реабілітації. Середній показник болю за шкалою VAS в основній групі знизився з 7,17 до 3,96 бала, що відповідає зменшенню на 44,8 %. Отримані результати свідчать про суттєве зниження больового навантаження та створення сприятливих умов для розширення рухового режиму пацієнтів.

Позитивна динаміка спостерігалася також щодо показників м'язової сили. За результатами мануального м'язового тестування середній показник зріс з 3,08 до 4,17 бала, що становить приріст на 35,4 %. Відновлення силових характеристик має важливе значення для забезпечення стабільності хребта та підвищення ефективності виконання функціональних рухів [11].

Важливим результатом дослідження стало збільшення амплітуди рухів хребта. Показник ROM зріс з 43,41° до 60,79°, що відповідає приросту на 40,0 %. Отримані зміни свідчать про покращення рухливості хребетного стовпа та поступове відновлення біомеханічних характеристик рухового апарату.

Одним із найбільш виражених покращень стала позитивна динаміка показників рівноваги. Середній час утримання стабільного положення тіла збільшився з 18,92 до 30,64 секунди, що відповідає приросту на 61,9 %. Зазначені зміни можуть свідчити про покращення роботи систем постурального контролю та відновлення координаційних механізмів.

Показники тесту шестихвилинної ходьби також продемонстрували суттєве покращення. Дистанція, яку долали пацієнти, збільшилася з 418,66 до 498,57 метрів. Відносний приріст становив 19,1 %, що свідчить про підвищення рівня функціональної витривалості та толерантності до фізичних навантажень.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє стверджувати, що найбільш виражені зміни відбувалися у показниках, які характеризують якість рухового контролю та функціональну стабільність. Це підтверджує доцільність використання комплексних програм фізичної терапії, спрямованих не лише на усунення больового синдрому, але й на відновлення функціональної спроможності пацієнтів.

Таким чином, проведене дослідження підтвердило ефективність комплексного підходу до реабілітації військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта та продемонструвало можливість досягнення суттєвого покращення основних показників функціонального стану в процесі фізичної терапії.

4.2. Біомеханічне обґрунтування отриманих результатів фізичної терапії

Аналіз результатів проведеного дослідження свідчить, що відновлення пацієнтів-військовослужбовців після компресійних ушкоджень хребта супроводжується складними функціональними та біомеханічними змінами. При цьому покращення окремих показників не відбувається ізольовано, а формується внаслідок взаємодії різних компонентів рухової системи. Зменшення інтенсивності больового синдрому, відновлення м'язової сили, покращення рухливості хребта та підвищення показників рівноваги є взаємопов'язаними процесами, які визначають загальний рівень функціонального відновлення пацієнта.

Отримані результати дозволяють розглядати процес реабілітації як послідовне відновлення порушених механізмів стабілізації та контролю рухів. Після компресійних ушкоджень хребта відбувається зміна біомеханіки рухового

сегмента, що супроводжується формуванням компенсаторних рухових стратегій та нерівномірним розподілом навантаження між окремими структурами опорно-рухового апарату. У процесі фізичної терапії поступово відновлюється узгоджена робота м'язової системи, покращується постуральний контроль та підвищується функціональна спроможність пацієнтів.

Для більш наочного представлення взаємозв'язку між основними функціональними порушеннями та результатами реабілітаційного втручання було проведено їх узагальнення, яке наведено в таблиці 4.1.

Табл 4.1.

Узагальнені результати реабілітаційних втручань

Функціональне порушення	Клінічний прояв	Наслідки для пацієнта	Результат фізичної терапії
Больовий синдром	Обмеження рухової активності	Зниження фізичної працездатності	Зменшення показників VAS
Зниження м'язової сили	Недостатня стабілізація тулуба	Порушення біомеханіки рухів	Покращення показників MMT
Обмеження ROM	Зниження рухливості хребта	Обмеження побутової активності	Збільшення амплітуди рухів
Порушення балансу	Нестабільність положення тіла	Ризик падінь та повторних травм	Покращення постурального контролю
Зниження витривалості	Швидка втомлюваність	Обмеження фізичних навантажень	Покращення результатів 6MWT

Отримані результати дозволяють розглядати процес відновлення після компресійних ушкоджень хребта як складну систему взаємопов'язаних біомеханічних та функціональних змін. Аналіз динаміки досліджуваних показників свідчить, що позитивні зміни не виникають ізольовано, а формуються внаслідок поступового відновлення взаємодії між структурними та функціональними компонентами рухової системи.

Одним із ключових механізмів відновлення є нормалізація роботи м'язового корсета тулуба. Після компресійних ушкоджень хребта спостерігається зниження активності глибоких стабілізуючих м'язів, що призводить до порушення сегментарного контролю рухів. У відповідь на це формуються компенсаторні механізми, які характеризуються надмірним залученням поверхневих м'язових груп. Незважаючи на тимчасовий захисний ефект, такі зміни супроводжуються підвищенням навантаження на пасивні структури хребта та сприяють підтриманню больового синдрому.

Позитивна динаміка показників мануального м'язового тестування свідчить про поступове відновлення функціональної активності стабілізуючих м'язів. Це створює передумови для покращення контролю положення тулуба та більш ефективного розподілу навантаження між окремими сегментами хребетного стовпа. У результаті зменшується ризик перевантаження пошкоджених структур та підвищується ефективність виконання функціональних рухів.

Важливим компонентом відновлення є покращення нейром'язового контролю. Саме він забезпечує узгоджену взаємодію між сенсорними та моторними системами організму та визначає якість виконання рухових завдань. Після компресійних ушкоджень хребта часто спостерігається порушення пропріоцептивної аферентації, що негативно впливає на точність рухів та стабільність вертикальної пози. Відновлення цих механізмів підтверджується позитивною динамікою показників рівноваги, які були зафіксовані у процесі дослідження.

Наведені в таблиці 4.1 дані демонструють, що функціональні порушення після компресійних ушкоджень хребта мають комплексний характер та охоплюють декілька взаємопов'язаних ланок патологічного процесу. При цьому кожне із виявлених порушень впливає не лише на окремий компонент функціонального стану, але й на загальну здатність пацієнта виконувати побутову, професійну та фізичну діяльність.

Однією з провідних клінічних проблем у досліджуваних пацієнтів був больовий синдром. Відомо, що біль після компресійних ушкоджень хребта виконує

не лише сигнальну функцію, але й безпосередньо впливає на біомеханіку рухів. У відповідь на біль формується захисне обмеження рухової активності, яке супроводжується зменшенням амплітуди рухів, підвищенням напруження паравертебральної мускулатури та зміною звичних рухових стереотипів. Тривале існування таких змін призводить до розвитку вторинних функціональних порушень, які можуть зберігатися навіть після зменшення больових відчуттів.

Встановлене у процесі дослідження покращення показників м'язової сили має важливе біомеханічне значення. Відновлення функціональної активності м'язового корсета сприяє покращенню стабілізації хребетного стовпа та підвищує ефективність контролю рухів. Особливу роль у цьому процесі відіграють глибокі м'язи тулуба, які забезпечують підтримання оптимального положення рухових сегментів під час виконання динамічних і статичних навантажень.

Покращення показників рухливості хребта також має складне функціональне підґрунтя. З одного боку, збільшення амплітуди рухів є наслідком зменшення больового синдрому та зниження захисного м'язового напруження. З іншого боку, відновлення рухливості створює умови для більш рівномірного розподілу навантаження між різними структурами опорно-рухового апарату, що позитивно впливає на загальну якість рухової діяльності. Відновлення фізіологічного обсягу рухів сприяє нормалізації біомеханіки хребта та зменшує ризик формування стійких компенсаторних змін.

Окремої уваги заслуговує позитивна динаміка показників рівноваги. Порушення постурального контролю після компресійних ушкоджень хребта часто пов'язане зі змінами пропріоцептивної чутливості, зниженням точності нейром'язового контролю та розвитком функціональної нестабільності тулуба. Отримані результати свідчать, що використання комплексних програм фізичної терапії сприяє відновленню механізмів підтримання вертикальної пози та покращенню координації рухів.

Важливим інтегральним показником ефективності реабілітації стала функціональна витривалість, яка оцінювалася за результатами тесту шестихвилинної ходьби. Покращення цього показника відображає не лише

підвищення толерантності до фізичного навантаження, але й сумарний позитивний вплив реабілітаційних заходів на стан серцево-судинної, м'язової та нервово-м'язової систем. Саме тому результати даного тесту можуть розглядатися як один із найбільш інформативних критеріїв функціонального відновлення пацієнтів після компресійних ушкоджень хребта.

Таким чином, проведений аналіз підтверджує, що позитивна динаміка досліджуваних показників є наслідком комплексного впливу фізичної терапії на різні механізми формування функціональних порушень. Відновлення стабільності, рухливості, м'язової сили, постурального контролю та функціональної витривалості відбувається як єдиний взаємопов'язаний процес, що забезпечує підвищення рівня функціональної незалежності пацієнтів та створює передумови для їх повернення до активної професійної діяльності.

Для більш детального пояснення отриманих результатів доцільно розглянути основні механізми впливу засобів фізичної терапії на окремі компоненти функціонального стану пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Проведений аналіз дозволив узагальнити найбільш ймовірні біомеханічні та нейром'язові механізми, які лежать в основі позитивної динаміки досліджуваних показників.

Особливістю реабілітації після компресійних ушкоджень хребта є необхідність одночасного впливу на декілька функціональних систем організму. Відновлення окремих показників відбувається не ізольовано, а внаслідок комплексної перебудови механізмів рухового контролю, стабілізації тулуба та адаптації до фізичних навантажень. Саме тому для інтерпретації отриманих результатів важливо розглядати кожен показник у контексті загального процесу функціонального відновлення.

Табл. 4.2.

Виявлені зміни основних показників ефективності фізичної терапії та
ймовірні фізіологічні механізми їх формування

Показник	Виявлені зміни	Ймовірний механізм відновлення	Практичне значення
VAS	Зменшення інтенсивності болю	Зниження м'язового спазму, покращення кровообігу, нормалізація рухової активності	Збільшення рухової активності та участі в реабілітації
MMT	Зростання м'язової сили	Активация стабілізуючих м'язів тулуба, покращення нейром'язової взаємодії	Покращення стабільності хребта
ROM	Збільшення амплітуди рухів	Зменшення захисного напруження м'язів, відновлення рухливості сегментів	Покращення функціональної незалежності
Баланс	Покращення постурального контролю	Відновлення пропріоцепції та координації	Зниження ризику падінь та повторних ушкоджень
6MWT	Збільшення дистанції ходьби	Підвищення витривалості та толерантності до навантаження	Повернення до професійної діяльності

Представлені в таблиці 4.2 дані свідчать про багатокomпонентний характер змін, які відбуваються під впливом фізичної терапії у пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Встановлено, що покращення кожного із досліджуваних показників може бути пояснене не одним окремим механізмом, а сукупністю адаптаційних змін з боку опорно-рухового апарату та системи нейром'язового контролю.

Одним із ключових факторів відновлення є поступове формування ефективної системи стабілізації хребта. Відомо, що після компресійних ушкоджень відбувається порушення взаємодії між пасивними структурами хребетного стовпа

та активною м'язовою системою. У результаті формується функціональна нестабільність, яка супроводжується надмірним навантаженням на окремі сегменти та розвитком компенсаторних рухових реакцій.

У процесі реабілітації відбувається поступове відновлення активності глибоких стабілізаторів тулуба, що сприяє нормалізації механізмів контролю руху. Це забезпечує більш ефективний розподіл навантаження між анатомічними структурами хребта та створює умови для безпечного збільшення рухової активності. Саме цим може пояснюватися одночасне покращення показників сили, рухливості та постурального контролю, яке спостерігалось у процесі дослідження.

Важливим результатом проведеної фізичної терапії стало покращення функціональної витривалості пацієнтів. Отримані зміни свідчать про адаптацію організму до поступового збільшення фізичних навантажень та формування більш економічних рухових стратегій. Для військовослужбовців даний аспект має особливе значення, оскільки рівень витривалості безпосередньо впливає на здатність виконувати професійні обов'язки та підтримувати необхідний рівень фізичної готовності.

4.3 Перспективи вдосконалення реабілітаційної допомоги пацієнтам-військовослужбовцям з наслідками компресійних ушкоджень хребта

Отримані результати дослідження мають важливе практичне значення для подальшого вдосконалення системи реабілітаційної допомоги військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Проведений аналіз підтвердив, що ефективність відновлення значною мірою залежить від своєчасності початку реабілітаційних заходів, комплексності втручання та індивідуального підбору засобів фізичної терапії відповідно до функціональних потреб пацієнта.

На підставі результатів проведеного дослідження, аналізу сучасних наукових даних та практичного досвіду застосування засобів фізичної терапії було розроблено алгоритм організації реабілітаційної допомоги пацієнтам-

військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Запропонований алгоритм відображає послідовність основних етапів реабілітаційного процесу та може використовуватися як практичний орієнтир при плануванні програм фізичної терапії (Табл 4.3).

Табл 4.3.

Алгоритм основних етапів реабілітаційного процесу

Етап	Основні заходи	Мета етапу	Критерії ефективності
Первинне обстеження	Збір анамнезу, функціональне тестування, оцінка болю (VAS), MMT, ROM, баланс, 6MWT	Визначення вихідного функціонального стану	Сформовано індивідуальний реабілітаційний профіль
Планування реабілітації	Постановка коротко- та довгострокових цілей	Визначення індивідуальної програми втручання	Складено персоналізований план реабілітації
Відновлення рухливості	Вправи на мобільність, корекція рухових обмежень	Відновлення ROM та зменшення скутості	Покращення амплітуди рухів
Формування стабільності	Тренування м'язів-стабілізаторів тулуба, вправи на контроль руху	Відновлення сегментарної стабільності	Покращення MMT та показників балансу
Функціональне тренування	Координаційні вправи, тренування побутових та професійних рухів	Підвищення функціональної незалежності	Покращення функціональних тестів
Розвиток витривалості	Дозоване аеробне навантаження, ходьба, функціональні комплекси	Підвищення толерантності до навантаження	Покращення показників 6MWT
Контроль ефективності	Повторне тестування та аналіз динаміки	Оцінка результатів втручання	Досягнення поставлених цілей
Телереабілітаційний супровід	Дистанційний моніторинг та корекція програми	Підтримання досягнутих результатів	Збереження функціонального стану

Представлений алгоритм відображає сучасний функціонально орієнтований підхід до реабілітації пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта.

Його особливістю є поетапне відновлення порушених функцій із поступовим переходом від усунення основних клінічних проявів травми до відновлення функціональної незалежності та професійної спроможності військовослужбовців.

Запропонована послідовність реабілітаційних заходів дозволяє забезпечити безперервність відновного процесу та своєчасно адаптувати програму фізичної терапії відповідно до змін функціонального стану пацієнта. Важливою перевагою алгоритму є використання об'єктивних критеріїв оцінювання на кожному етапі реабілітації, що підвищує ефективність клінічних рішень та забезпечує можливість індивідуалізації реабілітаційного втручання.

Практичне впровадження запропонованого алгоритму може сприяти підвищенню якості реабілітаційної допомоги військовослужбовцям, скороченню термінів відновлення та покращенню показників функціональної незалежності пацієнтів після компресійних ушкоджень хребта.

Одним із перспективних напрямків розвитку реабілітаційної допомоги є впровадження стандартизованих алгоритмів фізичної терапії, побудованих на принципах доказової медицини та функціонального оцінювання пацієнтів. Використання уніфікованих підходів до визначення рівня функціональних порушень дозволить підвищити об'єктивність клінічних рішень та забезпечити послідовність реабілітаційного процесу на різних етапах відновлення.

Важливим завданням залишається удосконалення системи моніторингу результатів реабілітації. Поряд із традиційними клінічними методами оцінювання доцільним є більш широке використання функціональних тестів, валідованих шкал та інструментальних методів контролю, що дозволяють об'єктивно оцінювати зміни функціонального стану пацієнтів у динаміці. Такий підхід створює можливість своєчасного коригування програм фізичної терапії та підвищує ефективність реабілітаційних втручань.

Перспективним напрямком також є подальше впровадження інноваційних реабілітаційних технологій, зокрема телереабілітації та цифрових платформ дистанційного супроводу пацієнтів. Їх використання дозволяє забезпечити безперервність реабілітаційного процесу після завершення стаціонарного етапу

лікування, підтримувати необхідний рівень фізичної активності та здійснювати контроль виконання індивідуальних програм відновлення.

Особливого значення в сучасних умовах набуває мультидисциплінарний підхід до організації реабілітаційної допомоги. Співпраця лікаря фізичної та реабілітаційної медицини, фізичного терапевта, ерготерапевта, психолога та інших фахівців дозволяє більш повно враховувати клінічні, функціональні та психосоціальні особливості пацієнта. Це сприяє формуванню індивідуалізованих програм реабілітації та забезпечує досягнення більш стійких функціональних результатів.

Отримані результати свідчать, що подальший розвиток системи реабілітаційної допомоги військовослужбовцям повинен бути спрямований на підвищення функціональної орієнтованості програм фізичної терапії. Основною метою відновлення має бути не лише усунення клінічних проявів травми, але й відновлення здатності до виконання побутових, професійних та службових завдань, що відповідає сучасним міжнародним підходам до реабілітації осіб із травматичними ушкодженнями хребта.

Таким чином, результати проведеного дослідження підтверджують доцільність комплексного підходу до фізичної терапії пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта та створюють підґрунтя для подальшого вдосконалення організації реабілітаційної допомоги, спрямованої на підвищення функціональної незалежності, якості життя та професійної спроможності даної категорії пацієнтів.

4.4 Значення отриманих результатів для системи військової реабілітації України

Сучасні умови функціонування системи охорони здоров'я України характеризуються суттєвим зростанням потреби у наданні реабілітаційної допомоги військовослужбовцям, які отримали бойові травми різного ступеня тяжкості. Серед зазначеної категорії пацієнтів значну частку становлять особи з ушкодженнями опорно-рухового апарату, зокрема з наслідками компресійних

ушкоджень хребта. Такі травми нерідко супроводжуються тривалими функціональними обмеженнями, розвитком хронічного больового синдрому та зниженням рівня фізичної працездатності, що обумовлює необхідність удосконалення існуючих підходів до фізичної терапії та реабілітації.

Отримані результати дослідження підтверджують важливість функціонально орієнтованого підходу до організації реабілітаційної допомоги військовослужбовцям. На відміну від традиційних моделей, які переважно зосереджені на усуненні клінічних проявів травми, сучасні програми фізичної терапії повинні бути спрямовані на відновлення функціональної незалежності пацієнта, його здатності до самообслуговування, професійної діяльності та соціальної інтеграції. Саме функціональний результат сьогодні розглядається як один із головних критеріїв ефективності реабілітаційного втручання.

Особливого значення набуває впровадження стандартизованих підходів до оцінювання функціонального стану пацієнтів. Використання валідованих шкал, функціональних тестів та інструментальних методів контролю дозволяє отримувати об'єктивні дані щодо перебігу відновного процесу та своєчасно коригувати реабілітаційну програму. Результати проведеного дослідження підтверджують доцільність комплексного використання шкали оцінювання болю VAS, мануального м'язового тестування, оцінювання амплітуди рухів хребта, тестів рівноваги та шестихвилинного тесту ходьби для моніторингу функціонального стану військовослужбовців після компресійних ушкоджень хребта.

Важливим напрямком розвитку системи військової реабілітації є впровадження принципів персоналізованої фізичної терапії. Проведене дослідження показало, що навіть за наявності подібного діагнозу пацієнти можуть суттєво відрізнятися за рівнем функціональних порушень, темпами відновлення та реакцією на реабілітаційні втручання. У зв'язку з цим особливого значення набуває індивідуалізація програм фізичної терапії, яка дозволяє максимально адаптувати відновлювальний процес до потреб конкретного пацієнта.

Отримані результати також підтверджують актуальність мультидисциплінарного підходу до організації реабілітаційної допомоги. Відновлення військовослужбовців після компресійних ушкоджень хребта потребує комплексного вирішення медичних, функціональних, психологічних та соціальних проблем. Ефективна взаємодія лікаря фізичної та реабілітаційної медицини, фізичного терапевта, ерготерапевта, психолога та інших фахівців дозволяє забезпечити більш повне відновлення функціонального потенціалу пацієнта та підвищити ефективність реабілітаційних заходів.

Суттєві перспективи для розвитку військової реабілітації відкриває впровадження інноваційних реабілітаційних технологій. Використання телереабілітації, цифрових платформ моніторингу, дистанційного супроводу пацієнтів та сучасних засобів оцінювання функціонального стану дозволяє забезпечити безперервність реабілітаційного процесу навіть після завершення стаціонарного етапу лікування. Особливо актуальним це є для військовослужбовців, які після виписки продовжують відновлення за місцем проживання або проходження служби.

Результати дослідження можуть бути використані при розробці локальних клінічних маршрутів пацієнтів, удосконаленні програм фізичної терапії у військових госпіталях та реабілітаційних центрах, а також при підготовці фахівців спеціальності 227 «Терапія та реабілітація». Практичне впровадження запропонованих підходів сприятиме підвищенню якості реабілітаційної допомоги, скороченню термінів відновлення та покращенню функціональних результатів лікування військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта.

Таким чином, результати проведеного дослідження мають важливе значення для подальшого розвитку системи військової реабілітації України та підтверджують необхідність впровадження сучасних функціонально орієнтованих підходів до фізичної терапії пацієнтів із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Їх практична реалізація дозволить підвищити ефективність реабілітаційної допомоги, сприятиме відновленню функціональної незалежності військовослужбовців та покращенню якості їх життя.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На підставі результатів проведеного дослідження для підвищення ефективності реабілітаційної допомоги пацієнтам-військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта рекомендується:

1. Проводити комплексне функціональне обстеження пацієнтів на початку реабілітаційного процесу із використанням оцінки інтенсивності больового синдрому (VAS), мануального м'язового тестування (ММТ), визначення амплітуди рухів хребта (ROM), тестів оцінювання рівноваги та тесту шестихвилинної ходьби (6MWT).

2. Формувати індивідуальні програми фізичної терапії з урахуванням вираженості функціональних порушень, рівня фізичної підготовленості пацієнта, особливостей перебігу відновного процесу та професійних потреб військовослужбовця.

3. На ранніх етапах реабілітації основну увагу приділяти зменшенню больового синдрому, відновленню безпечної рухової активності та профілактиці розвитку вторинних функціональних порушень опорно-рухового апарату.

4. Включати до програм фізичної терапії вправи, спрямовані на відновлення рухливості хребта, покращення функціонального стану м'язів-стабілізаторів тулуба, розвиток координації рухів та постурального контролю.

5. Для покращення функціональної незалежності пацієнтів рекомендується використовувати функціонально орієнтовані вправи, які моделюють рухові завдання, характерні для повсякденної діяльності та професійної активності військовослужбовців.

6. Під час побудови реабілітаційних програм доцільно застосовувати поетапний підхід із поступовим збільшенням обсягу та інтенсивності фізичних навантажень відповідно до функціональних можливостей пацієнта.

7. Для контролю ефективності реабілітаційних заходів рекомендується проводити регулярний моніторинг показників функціонального стану з подальшим коригуванням індивідуальної програми фізичної терапії залежно від отриманих результатів.

8. Доцільним є використання сучасних реабілітаційних технологій, зокрема засобів телереабілітації та дистанційного супроводу пацієнтів після завершення стаціонарного етапу лікування, що дозволяє забезпечити безперервність відновного процесу.

9. Реабілітаційна допомога пацієнтам-військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта повинна здійснюватися із залученням мультидисциплінарної реабілітаційної команди, до складу якої можуть входити лікар фізичної та реабілітаційної медицини, фізичний терапевт, ерготерапевт, психолог та інші фахівці відповідно до потреб пацієнта [47].

10. Впровадження функціонально орієнтованих програм фізичної терапії рекомендується розглядати як один із перспективних напрямків удосконалення системи реабілітаційної допомоги військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта, оскільки їх застосування сприяє покращенню функціонального стану, підвищенню рівня фізичної активності та розширенню можливостей повернення до професійної діяльності.

Висновки до розділу 4

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення актуального науково-практичного завдання фізичної терапії, яке полягає в підвищенні ефективності реабілітаційної допомоги пацієнтам-військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта шляхом розробки та впровадження комплексного підходу до побудови програм фізичної терапії. Проведене дослідження дозволило оцінити особливості функціонального стану даної категорії пацієнтів, визначити ефективність традиційних та авторських

підходів до реабілітації, а також обґрунтувати перспективні напрямки вдосконалення реабілітаційної допомоги. За результатами проведеної роботи сформульовано такі висновки:

На підставі аналізу сучасних наукових джерел встановлено, що компресійні ушкодження хребта належать до числа найбільш поширених наслідків бойової травми та супроводжуються розвитком комплексу функціональних порушень, які включають хронічний больовий синдром, зниження м'язової сили, обмеження рухливості хребта, порушення постурального контролю та зниження функціональної витривалості. Встановлено, що сучасна система реабілітації таких пацієнтів базується на принципах раннього початку відновлення, індивідуалізації реабілітаційних програм, використання функціонального оцінювання та мультидисциплінарного підходу.

Розроблено та науково обґрунтовано авторський підхід до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Основу запропонованого підходу становить комплексне функціональне оцінювання пацієнта, поетапне відновлення рухливості хребта, м'язової сили, рівноваги та функціональної витривалості, а також використання сучасних реабілітаційних технологій і засобів контролю ефективності фізичної терапії. Запропонований підхід дозволяє індивідуалізувати реабілітаційний процес відповідно до функціональних потреб пацієнта та забезпечує його функціональну спрямованість.

Встановлено, що застосування традиційних підходів до фізичної терапії забезпечує позитивну динаміку основних показників функціонального стану пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Після завершення реабілітаційної програми в контрольній групі відзначалося зниження інтенсивності больового синдрому за шкалою VAS на $3,50 \pm 1,17$ бала, збільшення показників м'язової сили за шкалою ММТ на $1,06 \pm 0,58$ бала, покращення рухливості хребта на $18,83 \pm 5,99^\circ$, покращення показників рівноваги на $10,83 \pm 4,10$ с та збільшення дистанції шестихвилинної ходьби на $79,79 \pm 68,32$ м,

що свідчить про ефективність традиційних реабілітаційних заходів щодо відновлення функціонального стану пацієнтів.

Доведено ефективність авторського підходу до фізичної терапії пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Після завершення курсу реабілітації в основній групі встановлено зниження інтенсивності больового синдрому на $3,21 \pm 0,86$ бала, збільшення показників м'язової сили на $1,09 \pm 0,45$ бала, покращення рухливості хребта на $17,38 \pm 8,06^\circ$, підвищення показників рівноваги на $11,72 \pm 3,87$ с та збільшення дистанції шестихвилинної ходьби на $79,91 \pm 62,03$ м. Отримані результати підтверджують позитивний вплив запропонованої програми фізичної терапії на ключові компоненти функціонального стану пацієнтів та свідчать про її практичну доцільність.

Проведена порівняльна оцінка ефективності традиційних та авторських підходів до фізичної терапії засвідчила позитивний вплив обох програм на процес відновлення пацієнтів-військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Аналіз динаміки показників показав, що найбільш виражені зміни спостерігалися щодо інтенсивності больового синдрому, рівноваги та функціональної витривалості. Водночас застосування авторського підходу дозволило досягти більш вираженого покращення окремих показників, які характеризують нейром'язовий контроль та функціональну стабільність, що підтверджує перспективність використання комплексних функціонально орієнтованих програм фізичної терапії в даній категорії пацієнтів.

На підставі результатів дослідження розроблено та науково обґрунтовано рекомендації щодо подальшого вдосконалення реабілітаційної допомоги пацієнтам-військовослужбовцям із наслідками компресійних ушкоджень хребта. Основними напрямками вдосконалення визначено ранній початок фізичної терапії, широке використання функціонального оцінювання для моніторингу результатів реабілітації, впровадження індивідуалізованих програм відновлення, застосування інноваційних реабілітаційних технологій, розвиток телереабілітаційного супроводу та забезпечення мультидисциплінарної взаємодії фахівців на всіх етапах

реабілітаційного процесу. Реалізація зазначених підходів сприятиме підвищенню ефективності відновлення, покращенню функціональної незалежності та якості життя військовослужбовців після компресійних ушкоджень хребта.

Проведений аналіз літературних джерел також показав, що ефективність реабілітаційних заходів значною мірою визначається своєчасністю їх застосування та комплексністю впливу на різні складові функціонального стану пацієнта. Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, присвячених лікуванню травматичних ушкоджень хребта, питання фізичної терапії саме військовослужбовців залишаються недостатньо висвітленими, що обумовлює актуальність подальших досліджень у даному напрямку. Встановлено, що сучасні тенденції розвитку реабілітаційної медицини передбачають перехід від симптоматичного підходу до функціонально орієнтованих моделей відновлення, основною метою яких є повернення пацієнта до максимально можливого рівня життєдіяльності та соціальної активності.

За результатами розділу було опубліковано публікації [2, 3]

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення актуального науково-практичного завдання, що полягає в удосконаленні підходів до фізичної терапії пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта шляхом впровадження дистанційних та гібридних реабілітаційних технологій.

Результати проведеного дослідження:

1. Проведений аналіз наукових досліджень з особливостей епідеміології, патогенезу та сучасного стану проблеми реабілітації пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійними ушкодженнями хребта дозволив встановити, що компресійні ушкодження хребта є одними з найбільш поширених наслідків бойової травми у військовослужбовців. Їх патогенез має багатофакторний характер та включає механічні ушкодження, порушення біомеханіки хребта, розвиток хронічного больового синдрому, м'язового дисбалансу, нейром'язових і функціональних порушень. Встановлено недостатню кількість досліджень, присвячених побудові спеціалізованих реабілітаційних програм для військовослужбовців із наслідками компресійних ушкоджень хребта в умовах сучасної системи військової медицини.

2. На основі аналізу сучасних наукових даних та результатів власних досліджень розроблено й науково обґрунтовано авторський підхід до побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта. Запропонований підхід базується на принципах індивідуалізації, комплексності, етапності, використанні засобів фізичної терапії та поєднанні очних і дистанційних форм реабілітаційного супроводу.

3. Дослідження ефективності традиційних підходів до побудови реабілітаційних програм у пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта показало позитивну динаміку всіх досліджуваних показників. Зокрема, інтенсивність больового синдрому за шкалою VAS зменшилася з 7,21 до 3,85 бала, м'язова сила за шкалою ММТ зросла з 3,10 до 4,21

бала, амплітуда рухів хребта збільшилася з $42,05^{\circ}$ до $60,86^{\circ}$, показники балансу покращилися з 18,00 до 29,82 с, а дистанція 6-хвилинної ходьби зросла з 415,19 до 498,42 м.

4. Дослідження ефективності авторського підходу до побудови реабілітаційних програм також засвідчило позитивні зміни функціонального стану пацієнтів. Інтенсивність болю за шкалою VAS зменшилася з 7,17 до 3,96 бала, м'язова сила за шкалою ММТ підвищилася з 3,08 до 4,17 бала, амплітуда рухів хребта збільшилася з $43,41^{\circ}$ до $60,79^{\circ}$, показники балансу покращилися з 18,92 до 30,64 с, а дистанція 6-хвилинної ходьби зросла з 418,66 до 498,57 м.

5. Порівняльний аналіз результатів традиційної та авторської реабілітаційних програм засвідчив відсутність суттєвих відмінностей між досліджуваними підходами за основними показниками функціонального відновлення. Після завершення реабілітаційного курсу в обох групах спостерігалось виражене зменшення інтенсивності больового синдрому, покращення м'язової сили, рухливості хребта, показників рівноваги та функціональної витривалості. Отримані результати підтверджують, що використання дистанційних та гібридних технологій реабілітації є ефективною альтернативою традиційним підходам і дозволяє забезпечити належний рівень відновлення пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта.

6. Розроблено та науково обґрунтовано рекомендації по подальшому удосконаленню реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з компресійним ушкодженням хребта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альошина А. І. Актуальні питання профілактики та реабілітації остеохондрозу шийно-грудного відділу хребта. *Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2016. № 23. С. 9–13.
2. Бакалюк Т. Г., Віцентович М. В., Стельмах Г. О., Блажеев Д. О. Телереабілітаційні технології в реабілітації дітей із руховими порушеннями. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2024. № 1 (99). С. 89–94. DOI: 10.11603/1681-2786.2024.1.14630.
3. Бондарчук В. І., Попович Д. В., Гевко У. П., Вайда О. В., Бугаєнко Т. В., Миндзів К. В. Важливість застосування новітніх технологій реабілітації в процесі відновлення пацієнтів із порушенням діяльності опорно-рухового апарату: аналітичний огляд наукової літератури. *Public Health Journal*. 2024. Т. 2, № 6. С. 22–27. DOI: 10.32782/pub.health.2024.2.3.
4. Візір В. А. та ін. Основи діагностики, лікування та профілактики захворювань кістково-м'язової системи та сполучної тканини : навч. посіб. — Запоріжжя : ЗДМУ, 2019. — 193 с.
5. Волянський О. М., Кіх А. Ю. Застосування міжнародної класифікації функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я для оцінки ефективності реабілітації військовослужбовців. *Ukrainian Journal of Military Medicine*. 2024. Т. 5, № 3. С. 75–84. DOI: 10.46847/ujmm.2024.3(5)-075.
6. Герасимчук П. О., Фіра Д. Б., Павлишин А. В. Оцінка якості життя, пов'язаної із здоров'ям, у медицині. *Вісник медичних і біологічних досліджень*. 2021. Т. 1, № 7. С. 112–118. DOI: 10.11603/bmbr.2706-6290.2021.1.11882.
7. Глоба О. П., Бессарабова О. В., Антонова-Рафі Ю. В. Диференційна функціональна діагностика та корекція рухової сфери у дітей дошкільного віку. *Перспективи та інновації науки*. 2025. № 3 (49). С. 1504–1522. DOI: 10.52058/2786-4952-2025-3(49)-1504-1522.
8. Згурський А. А., Лазарєва О. Б. Ефективність упровадження освітнього компонента в програму фізичної терапії неспецифічного болю в спині. *Спортивна*

медицина, фізична терапія та ерготерапія. 2025. № 2. С. 184–190. DOI: 10.32782/spmed.2025.2.26.

9. Згурський А. А., Смоляр І. І., Ковельська А. В., Онопрієнко І. В. Особливості індивідуального підходу до фізичної терапії осіб з хронічним неспецифічним болем у спині на основі мотиваційного інтерв'ювання. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2022. № 2. С. 107–111. DOI: 10.32652/spmed.2022.2.107-111.

10. Згурський А. А., Лазарєва О. Б. Особливості індивідуального підходу до фізичної терапії осіб з хронічним неспецифічним болем у спині на основі мотиваційного інтерв'ювання. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*. 2023. URL: <https://www.researchgate.net/publication/367208452>.

11. Зданюк В. Значення та роль мануально-м'язового тестування у фізичній терапії. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини*. 2023. № 35. С. 115–121. DOI: 10.32626/2309-8082.2023-35-115-121.

12. Кашуба В. О., Григус І. М., Самойлюк О. В. Особливості рухової функції осіб зрілого віку у процесі занять фізичними вправами. *Rehabilitation and Recreation*. 2024. Т. 18, № 3. С. 179–188. DOI: 10.32782/2522-1795.2024.18.3.16.

13. Когут О. О., Вишніченко С. І. Результати апробації програми реабілітації військовослужбовців. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Психологія*. 2023. № 3. С. 109–115. DOI: 10.32782/psy-visnyk/2023.3.22.

14. Кононенко А. Г. та ін. Фізична терапія військовослужбовців з ураженням спинного мозку. *Public Health Journal*. 2024. № 1. С. 73–80. DOI: 10.32782/pub.health.2024.1.10.

15. Копчак О. О. Проблема болю в нижній ділянці спини з позиції доказової медицини. *Міжнародний неврологічний журнал*. 2020. Т. 16, № 3. С. 41–49. DOI: 10.22141/2224-0713.16.3.2020.202769.

16. Коц С. М., Коц В. П. Анатомія людини : навч. посіб. — Харків : ХНПУ, 2022. — 336 с.
17. Кравчук Л. Д., Хрущ М. М., Балан В. Ю. Актуальні аспекти застосування асинхронної телереабілітації в комплексній фізичній терапії при дорсопатіях. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2025. № 2. С. 191–196. DOI: 10.32782/spmed.2025.2.27.
18. Мультидисциплінарна команда як інструмент біопсихосоціальної моделі реабілітації / К. В. Миндзів та ін. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2025. № 2. С. 211–217. DOI: 10.32782/spmed.2025.2.30.
19. Манько Ю. О., Текуч К. С., Бессарабова О. В. Телереабілітація як інноваційний підхід до лікування та відновлення пацієнтів. *Актуальні проблеми фізичного виховання, спорту, фізичної реабілітації та туризму у сучасних умовах життя* : матеріали наук.-практ. конф. 2024. DOI: 10.36059/978-966-397-383-8-37.
20. Наumenко А. Реабілітація військовослужбовців: екзистенційний підхід. *Psychological Prospects Journal*. 2025. № 45. С. 119–133. DOI: 10.29038/2227-1376-2025-45-nau.
21. Неттер Ф. Г. Атлас анатомії людини за Неттером : класичний ділянковий підхід. 8-ме вид. — Київ : Медицина, 2023. — 719 с.
22. Особливості психологічного супроводу військовослужбовців на етапі медичної реабілітації. *Перспективи та інновації науки*. 2022. № 11 (16). URL: <https://perspectives.pp.ua/index.php/pis/article/view/25655/25633>.
23. Попадюха Ю. А. Сучасні комп'ютеризовані комплекси та системи у технологіях фізичної реабілітації. — Київ : Центр учбової літератури, 2018. — 300 с.
24. Реабілітація хворих із остеохондрозом хребта / Д. В. Попович та ін. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2018. № 4. DOI: 10.11603/1811-2471.2017.v0.i4.8239.
25. Романчук О., Полянська О., Полянський І., Ясінська О. Телереабілітація: сучасні можливості та проблеми віддаленого моніторингу стану

пацієнтів. *Неонатологія, хірургія та перинатальна медицина*. 2024. Т. XIV, № 4 (54). С. 183–190. DOI: 10.24061/2413-4260.XIV.4.54.2024.25.

26. Русанов А. П. та ін. Динаміка болю та інвалідності под впливом терапевтичних вправ та ішемічної компресії серед пацієнтів із адгезивним капсулітом та міофасціальним больовим синдромом. *Здоров'я нації*. 2023. № 1. С. 81–88. DOI: 10.32782/2077-6594/2023.1/13.

27. Сасько І. А., Без'язична О. В., Манучарян С. В. Фізична терапія чоловіків молодого віку при вертеброгенному попереково-крижовому болю. *Здоров'я, спорт, реабілітація*. 2019. Т. 5, № 4. С. 57–66.

28. Сасько І. А., Без'язична О. В., Реміняк І. В. Засоби фізичної терапії при хронічному вертеброгенному попереково-крижовому болю. *Фізична реабілітація та рекреаційно-оздоровчі технології*. 2020. Т. 5, № 1. С. 88–91. DOI: 10.15391/prrht.2020-5(1).12.

29. Свиридова Н. К. Біль у нижній частині спини. *Міжнародний неврологічний журнал*. 2016. № 5 (83). С. 130–134.

30. Слабкий Г. О., Якимець В. М., Печиборщ В. П. та ін. Гарантована психологічна допомога та реабілітація військовослужбовців - складова національної безпеки держави. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2022. № 3 (93). С. 41–50. DOI: 10.11603/1681-2786.2022.3.13435.

31. Сокрут В. М. (ред.). Фізична реабілітаційна та спортивна медицина : підручник для студентів і лікарів. — Краматорськ : Каштан, 2019. — 482 с.

32. Соколова О. В., Омеляненко Г. А., Тищенко В. О. Біомеханіка фізичних вправ : курс лекцій. — Запоріжжя, 2021. — 99 с.

33. Тондій О. Л. Особливості клінічного перебігу та лікування неврологічних проявів остеохондрозу шийно-грудного відділу хребта з врахуванням статевого диморфізму та саногенетичних заходів захисту : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.15. — Харків, 2001. — 20 с.

34. Туренко О., Бурка О. Фізична терапія чоловіків зрілого віку з компресійними переломами поперекового відділу хребта. *Перспективи та інновації науки*. 2025. № 6 (52). DOI: 10.52058/2786-4952-2025-6(52)-2109-2117.

35. Фаріон-Навольська О. В. Використання стабілоплатформи в лікуванні нестабільності хребта : дис. ... д-ра філософії : 222 «Медицина». — Тернопіль, 2023. — 228 с.

36. Фаріон-Навольська О. В., Мисула І. Р. Якість життя у пацієнтів із нестабільністю шийного і поперекового відділу хребта в процесі реабілітації. *Перспективи та інновації науки*. 2023. № 14 (32). С. 1080–1090. DOI: 10.52058/2786-4952-2023-14(32)-1080-1090.

37. Хотінь Є. Г., Андрушко П. В. Спортивна реабілітація та відновлювальна фізкультура військовослужбовців. *Health & Education*. 2025. № 4. С. 205–209. DOI: 10.32782/health-2025.4.28.

38. Худецький І. Ю., Бучинський О. С. До питання оцінки ефективності реабілітації пацієнтів з хронічними захворюваннями ротаторної манжети плечового суглоба. *Public Health Journal*. 2024. № 1. С. 42–51. DOI: 10.32782/pub.health.2024.1.22.

39. Цанько І. І., Антонова-Рафі Ю. В., Куріло Д. І., Данько І. І. Методи обстеження в фізичній терапії та ерготерапії : навч. посіб. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. — 162 с.

40. Якубовський Д., Бісмак О. Сучасні світові тенденції навчання нейробіології болю в програмах фізичної терапії пацієнтів з неспецифічним болем у шиї: стан проблеми. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2025. № 2. С. 265–269. DOI: 10.32782/spmed.2024.2.265-269.

41. Arigo J. et al. Social Comparison for the Digital Age: A Scoping Meta-Review of Comparison Features in Physical Activity Promotion Apps. *Digital Health*. 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.14813.56801.

42. Basco A. V., Sobakar A. O., Myronyuk S. A. Methods of Rehabilitation of Military Personnel, Status of Functioning and Development of Implementation Centers as One of the Directions of Activity of Local Government Bodies. *Rehabilitation and Recreation*. 2024. Vol. 18, No. 1. P. 78–93. DOI: 10.32782/2522-1795.2024.18.9.

43. Charles D., Hudgins T., MacNaughton J., Newman E., Tan J., Wigger M. A Systematic Review of Manual Therapy Techniques, Dry Cupping and Dry Needling in

the Reduction of Myofascial Pain and Myofascial Trigger Points. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2019. Vol. 23, No. 3. P. 539–546. DOI: 10.1016/j.jbmt.2019.04.001.

44. Cottrell M. A. et al. Real-time Telerehabilitation for Military Personnel with Musculoskeletal Conditions Is Effective and Acceptable: A Randomized Controlled Non-Inferiority Trial. *Journal of Physiotherapy*. 2022. Vol. 68, No. 2. P. 123–130. DOI: 10.1016/j.jphys.2022.03.004.

45. de Miranda Moreira L. et al. Telerehabilitation in Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Health Informatics*. 2025. Vol. 17. Article 1402. DOI: 10.59681/2175-4411.v17.2025.1402.

46. Dharm-Datta S., Nicol E. Military Sports and Rehabilitation Medicine. *Journal of the Royal Army Medical Corps*. 2007. Vol. 153, No. 2. P. 105–110. DOI: 10.1136/jramc-153-02-07.

47. Effectiveness of Telerehabilitation Versus Conventional Physical Therapy in Musculoskeletal Disorders: A Randomized Controlled Trial. *Pakistan Journal of Rehabilitation*. 2023. Vol. 12, No. 2. P. 45–53. DOI: 10.36283/pjr.zu.12.2.1523.

48. Espejo-Antúnez L., Tejeda J. F., Albornoz-Cabello M. et al. Dry Needling in the Management of Myofascial Trigger Points: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Complementary Therapies in Medicine*. 2017. Vol. 33. P. 46–57. DOI: 10.1016/j.ctim.2017.06.003.

49. European Physical and Rehabilitation Medicine Bodies Alliance. White Book on Physical and Rehabilitation Medicine in Europe. Introductions, Executive Summary, and Methodology. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2018. Vol. 54, No. 2. P. 125–155. DOI: 10.23736/S1973-9087.18.05143-2.

50. Farion-Navolska O. V., Mysula I. R., Denefil O. V., Zavidnyuk Y. V., Sverstyuk A., Sydliaruk N. Evaluation of Postural Balance Indicators in Healthy Individuals. *Wiadomości Lekarskie*. 2023. Vol. 76, No. 9. P. 2041–2046. DOI: 10.36740/WLek202309120.

51. Fernández-de-Las-Peñas C., Nijs J. Trigger Point Dry Needling for the Treatment of Myofascial Pain Syndrome: Current Perspectives Within a Pain Neuroscience Paradigm. *Journal of Pain Research*. 2019. Vol. 12. P. 1899–1911.
52. Foster N. E., Anema J. R., Cherkin D. et al. Prevention and Treatment of Low Back Pain: Evidence, Challenges, and Promising Directions. *The Lancet*. 2018. Vol. 391, No. 10137. P. 2368–2383. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30489-6.
53. Gattie E., Cleland J. A., Snodgrass S. The Effectiveness of Trigger Point Dry Needling for Musculoskeletal Conditions by Physical Therapists: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2017. Vol. 47, No. 3. P. 133–149. DOI: 10.2519/jospt.2017.7096.
54. Gerwin R. D. Myofascial Pain Syndrome: Here We Are, Where Must We Go? *Journal of Musculoskeletal Pain*. 2010. Vol. 18, No. 4. P. 329–347.
55. Gerwin R. Myofascial pain syndromes and their evaluation. *ResearchGate / Rheumatology*. 2005. Vol. 19, No. 1. P. 13–24. DOI: 10.1016/j.berh.2004.08.001. URL: <https://www.researchgate.net/publication/6234608>.
56. Hartvigsen J., Hancock M. J., Kongsted A. et al. What Low Back Pain Is and Why We Need to Pay Attention. *The Lancet*. 2018. Vol. 391, No. 10137. P. 2356–2367. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30480-X.
57. Hewitt S., Sephton R., Yeowell G. The Effectiveness of Digital Health Interventions in the Management of Musculoskeletal Conditions: Systematic Literature Review. *Journal of Medical Internet Research*. 2020. Vol. 22, No. 6. Article e15617. DOI: 10.2196/15617.
58. Hloba O., Antonova-Rafi Yu., Zukow W., Harnyk T., Sinyov V. Impact of using the principle of spectral-dynamic analysis of the intensity of the electret field of the «Vim Vitae» electronic complex on a living organism. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*. 2023. Vol. 8, No. 2. P. 105–116. DOI: 10.15391/prrht.2023-8(2).04.
59. Jiandani M. P., Mhatre B. S. Physical Therapy Diagnosis: How Is It Different? *Journal of Postgraduate Medicine*. 2018. Vol. 64, No. 2. P. 69–72. DOI: 10.4103/jpgm.JPGM_691_17.

60. Kim Y., Lai B., Mehta T., Thirumalai M., Padalabalanarayanan S., Rimmer J. H., Motl R. W. Exercise Training Guidelines for Multiple Sclerosis, Stroke, and Parkinson Disease: Rapid Review and Synthesis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2019. Vol. 98, No. 8. P. 677–684. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001174.
61. Kolar P. et al. Postural Function of the Diaphragm in Persons With and Without Chronic Low Back Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2012. Vol. 42, No. 4. P. 352–362. DOI: 10.2519/jospt.2012.3830.
62. Kubrova E., van Wijnen A. J., Qu W. Spine Disorders and Regenerative Rehabilitation. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*. 2020. Vol. 8, No. 1. P. 30–36. DOI: 10.1007/s40141-019-00252-5.
63. Liew B. X. W. et al. Assessing Human Motion During Exercise Using Machine Learning: A Literature Review. *IEEE Access*. 2022. Vol. 10. P. 86874–86903. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3199342.
64. Maher C., Underwood M., Buchbinder R. Non-specific Low Back Pain. *The Lancet*. 2017. Vol. 389, No. 10070. P. 736–747. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30970-9.
65. Monclús-Díez G., Díaz-Arribas M. J., Fernández-de-las-Peñas C. et al. Prevalence of Myofascial Trigger Points in Patients with Radiating and Non-Radiating Low Back Pain: A Systematic Review. *Biomedicines*. 2025. Vol. 13, No. 6. Article 1453. DOI: 10.3390/biomedicines13061453.
66. Moore J. H., Childs J. D., Ficke J. R. et al. The Role of US Military Physical Therapists During Recent Combat Campaigns. *Physical Therapy*. 2013. Vol. 93, No. 9. P. 1268–1275. DOI: 10.2522/ptj.20120136. URL: <https://scispace.com/pdf/the-role-of-us-military-physical-therapists-during-recent-5604byr7e1.pdf>.
67. Morihisa R., Eskew J., McNamara A., Young J. Dry Needling in Subjects With Muscular Trigger Points in the Lower Quadrant: A Systematic Review. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2016. Vol. 11, No. 1. P. 1–14.
68. Morimoto T. et al. Hip–Spine Syndrome: A Focus on the Pelvic Incidence in Hip Disorders. *Journal of Clinical Medicine*. 2023. Vol. 12, No. 5. Article 2034. DOI: 10.3390/jcm12052034.

69. Myofascial Trigger Points, Neck and Low Back Pain: A Concepts Review. *PMC / PubMed Central*. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12898694/>.
70. Navarro-Santana M. J., Sánchez-Infante J., Fernández-de-Las-Peñas C. et al. Effects of Trigger Point Dry Needling on Pain and Disability for Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Medicine*. 2021. Vol. 22, No. 1. P. 129–144. DOI: 10.1093/pm/pnaa388.
71. O'Sullivan S., Schmitz T., Fulk G. Physical Rehabilitation. 7th ed. — Philadelphia : F. A. Davis Company, 2020. — 1504 p.
72. Palacios-Ceña D. et al. Digital Rehabilitation for Acute Low Back Pain: A Prospective Longitudinal Cohort Study. *Journal of Clinical Medicine*. 2022. Vol. 11, No. 13. Article 3676. DOI: 10.3390/jcm11133676.
73. Palagin A. V. et al. Telerehabilitation: Information and Technological Support, Experience of Application. *Clinical Informatics and Telemedicine*. 2020. Vol. 15, No. 16. P. 35–44. DOI: 10.31071/kit2020.16.15.
74. Physical Therapy in Primary Care. — Academy of Orthopaedic Physical Therapy. URL: https://www.orthopt.org/uploads/PT_in_Primary_Care_Free_Preview.pdf.
75. Qureshi M. I. et al. A Computer Vision-Based Architecture for Remote Physical Rehabilitation. *ResearchGate*. 2024. DOI: 10.13140/RG.2.2.29415.01442.
76. Rameez M. et al. Exploring Feedback Generation in Automated Skeletal Movement Assessment: A Comprehensive Overview. *arXiv*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2404.09359>.
77. Shah J. P., Thaker N., Heimur J., Aredo J. V., Sikdar S., Gerber L. H. Myofascial Trigger Points Then and Now: A Historical and Scientific Perspective. *PM&R*. 2015. Vol. 7, No. 7. P. 746–761.
78. Shamseldeen N. E. et al. Instrument Assisted Soft Tissue Mobilization vs Extracorporeal Shock Wave Therapy in Treatment of Myofascial Pain Syndrome. *World Journal of Orthopedics*. 2023. Vol. 14, No. 7. P. 572–581. DOI: 10.5312/wjo.v14.i7.572.
79. Simons D. G., Travell J. G. Myofascial Pain and Dysfunction. Vol. 1: Upper Half of Body. 3rd ed. — Philadelphia : Wolters Kluwer Health, 2018. — 968 p.

80. Simon-Ugron Á. et al. Digital Health and Physical Therapy. *International Conference of the Universitaria Consortium “Education for Health and Performance”*. 2023. P. 387–397. DOI: 10.24193/icu2022.33.
81. Starkey C. et al. Reliability and Validity of Clinically Accessible Smartphone Applications to Measure Joint Range of Motion: A Systematic Review. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019. Vol. 28, No. 4. P. 354–363.
82. Steen J., Goyal A., Grider J. Myofascial Pain Syndrome. *StatPearls*. — Treasure Island (FL) : StatPearls Publishing, 2025.
83. The Impact of Military Body Armor and Load Carriage on Spinal Kinematics and Muscle Activity: A Systematic Review. *Military Medicine*. 2018. Vol. 183, No. 7-8. P. e232–e243. PMCID: PMC6033495. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6033495/>.
84. Tsai P. F., Edison J. L., Wang C. H., Gramlich M. W., Manning K., Deshpande G., Bashir A., Sefton J. Characteristics of Patients with Myofascial Pain Syndrome of the Low Back. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Article 11912. DOI: 10.1038/s41598-024-61319-5.
85. van Dillen L. Links Between the Hip and the Lumbar Spine (Hip-Spine Syndrome) as They Relate to Clinical Decision Making for Patients with Lumbopelvic Pain. *PM&R*. 2019. Vol. 11, No. 8. P. 12–21.
86. Zhai T., Jiang F., Chen Y., Wang J., Feng W. Advancing Musculoskeletal Diagnosis and Therapy: A Comprehensive Review of Trigger Point Theory and Muscle Pain Patterns. *Frontiers in Medicine*. 2024. Vol. 11. Article 1433070. DOI: 10.3389/fmed.2024.1433070.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Список опублікованих праць за темою дисертації

№ з/п		Бібліографічний опис	Рік	Ключові слова	ISSN/ ISBN DOI	Посилання на публікацію
1	2	3	4	5	6	7
Праці, в яких представлені основні наукові результати та патенти на винахід						
1	Стаття, категорія А (Scopus), вітчизняне фахове видання	Литвинчук А., Антонова-Рафі Ю. (2023). Порівняння методів обстеження військових у разі компресійного перелому хребта. Фітотерапія. Часопис, 3, 56–62, doi: 10.32782/2522-9680-2023-3-56	2023	компресійний перелом хребта, військові, реабілітація, методи обстеження	DOI 10.32782/2522-9680-2023-3-56	https://www.phytotherapy.vrnadskyjournals.in.ua/journal/2023/3/8.pdf
2	Стаття, категорія А (Scopus), вітчизняне видання	Lytvynchuk A., Ivan Hryshyn, Yuliia Antonova-Rafi Biomechanical aspects of measurement in musculoskeletal physical therapy // Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies. 2025. 10(5), 360-369. https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10(5).07	2025	biomechanics, musculoskeletal rehabilitation, physical therapy, measurement	https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10(5).07	https://phrir.com/journal/article/view/365
3	Монографія, вітчизняне видання	Литвинчук А. Реабілітація військових після компресійного перелому хребта. Війна за Незалежність України: сучасні виклики та перспективи реабілітації: колективна монографія / за ред. Олени БУРКИ, Алли КОВАЛЬОВОЇ. - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. - С. 66-86. https://eir.zp.edu.ua/items/d282f490-fa51-4791-b983-f25dc60699	2026	військова реабілітація, компресійний перелом хребта, відновлення	https://eir.zp.edu.ua/handle/123456789/26658	https://eir.zp.edu.ua/items/d282f490-fa51-4791-b983-f25dc60699

ДОДАТОК Б

Відомості про апробацію результатів дисертації

1.	Литвинчук А.Г., Литвинчук Б.В. Біомеханіка травм шийного відділу хребта у військових. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Біомедична та сучасні реабілітаційні технології». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. С.111–113. http://biomedconf.kpi.ua/biosafety/paper/viewFile/27069/15499	2022	ISSN (Print) 2617-8974; ISSN (Online) 2707-8434	http://biomedconf.kpi.ua/biosafety/paper/view/27069/21667
2.	Данько Д.І., Литвинчук А.Г. Ефективність застосування EMS-костюмів у реабілітації військових. // Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 24-25 жовтня 2024. С.81–85. http://biomedconf.kpi.ua/biosafety24/paper/viewFile/31629/18857	2024	ISSN (Print) 2617-8974; ISSN (Online) 2707-8434:	https://elibomp.kpi.ua/catalog/view/601/925/6901
3.	Данько Д.І., Литвинчук А.Г. Особливості психологічної підтримки військових під час реабілітаційного втручання. // Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 24-25 жовтня 2024. С.77–80. http://biomedconf.kpi.ua/biosafety24/paper/viewFile/31629/18857	2024	ISSN (Print) 2617-8974; ISSN (Online) 2707-8434:	https://elibomp.kpi.ua/catalog/view/601/925/6901
4.	Латенко С.Б., Литвинчук А.Г. Синдром хронічної втоми, діагностичні критерії та напрями профілактики. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» 31 січня 2023 року Вип. 90 С.208–212. http://confscientific.webnode.com.ua/	2023		http://confscientific.webnode.com.ua/

5.	Литвинчук А.Г. Особливості реабілітації військових після компресійного перелому хребта в порівнянні з цивільними. //Біобезпека та сучасні реабілітаційні технології. Теорія, практика, перспективи. Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 15-16 листопада 2023. С.172–174. http://biomedconf.kpi.ua/biosafety23/paper/viewFile/29290/17138	2023	ISSN (Print) 2617-8974 ISSN (Online) 2707-8434	https://elibomp.kpi.ua/catalog/view/330/501/1978
6.	Данько Д.І., Литвинчук А.Г. Новітні підходи до фізичної терапії осіб з патологіями спини. // Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 23-24 жовтня 2025р. С.61-64. http://biomedconf.kpi.ua/biosafety25/paper/viewFile/33784/20290	2025	ISSN (Print) 2617-8974; ISSN (Online) 2707-8434:	biomedconf.kpi.ua/biosafety25/paper/viewFile/33784/20290
7.	Данько Д.І., Литвинчук А.Г. Новітні технології в дистанційній реабілітації військовослужбовців. // Біомедична інженерія і технологія. Теорія, практика, перспективи: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 23-24 жовтня 2025р. С.127-130. http://biomedconf.kpi.ua/biosafety25/paper/viewFile/33784/20290	2025	ISSN (Print) 2617-8974; ISSN (Online) 2707-8434:	biomedconf.kpi.ua/biosafety25/paper/viewFile/33784/20290

ДОДАТОК В

ІНФОРМОВАНА ЗГОДА ПАЦІЄНТА НА ПРОВЕДЕННЯ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ

Я, _____
(ПІБ, дата народження)

підтверджую, що отримав(ла) повну та зрозумілу інформацію щодо участі у програмі фізичної терапії в межах наукового дослідження, спрямованого на відновлення функцій опорно-рухового апарату після компресійних ушкоджень хребта.

Мені роз'яснено, що програма включає:

- індивідуально підібрану програму кінезіотерапії;
- вправи для відновлення рухливості хребта;
- вправи для зміцнення м'язового корсету (спини та тулуба);
- вправи для покращення балансу та координації;
- функціональні тести для оцінки стану (біль, рухливість, витривалість тощо);
- можливе дистанційне супроводження занять із використанням цифрових технологій.

Я розумію, що метою терапії є:

- зменшення больового синдрому;
- відновлення об'єму рухів у хребті;
- покращення м'язової сили;
- підвищення рівня фізичної активності;
- покращення якості життя.

Мене поінформовано про можливі відчуття та ризики:

- тимчасове посилення болю після фізичного навантаження;
- м'язова втома або дискомфорт;
- необхідність поступового збільшення навантаження;
- індивідуальні реакції організму на фізичні вправи.

Мені пояснено, що всі вправи підбираються з урахуванням мого стану та є безпечними за умови дотримання рекомендацій.

Я підтверджую, що:

- повідомив про всі відомі мені захворювання та стан здоров'я;
- буду інформувати фахівця про будь-які зміни самопочуття;
- зобов'язуюсь дотримуватися рекомендацій фізичного терапевта.

Мені відомо, що:

- участь у дослідженні є добровільною;
- я можу відмовитися у будь-який момент без пояснення причин;
- це не вплине на подальше лікування.

Я даю згоду на:

- участь у програмі фізичної терапії;
- проведення функціонального тестування;
- обробку моїх персональних даних у знеособленому вигляді;
- використання результатів дослідження у наукових цілях.

Додатково

Я даю / не даю згоду на фото- та відеофіксацію процесу реабілітації (виключно у знеособленому вигляді, без можливості ідентифікації особи).

Дата _____

ПІБ пацієнта _____

Підпис _____

Фізичний терапевт Литвинчук Аліна Геннадіївна _____

ДОДАТОК Г

Згода пацієнта (добровольця) на участь у наукових клінічних дослідженнях (випробуваннях)

Я, _____,
рік народження _____,
даю добровільну згоду на участь у науковому дослідженні на тему:
«Наукове обґрунтування особливостей побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта»

Мене поінформовано, що дослідження передбачає:

- участь у програмі фізичної терапії (кінезіотерапії);
- проходження курсу реабілітації тривалістю відповідно до індивідуальної програми;
- розподіл до однієї з груп (основної або контрольної);
- можливу участь у дистанційних заняттях із використанням цифрових технологій;
- проведення функціонального тестування.

Мені роз'яснено:

- мету дослідження та його наукове значення;
- методи проведення дослідження;
- тривалість моєї участі;
- очікувані результати.

Я розумію, що:

- всі процедури є неінвазивними та безпечними;
- можливі тимчасові реакції (вдома, дискомфорт, незначне посилення болю);
- ефективність реабілітації залежить від моєї активної участі.

Я підтверджую, що:

- отримав відповіді на всі запитання;
- беру участь добровільно, без будь-якого примусу;
- зобов'язуюсь повідомляти про зміни у стані здоров'я.

Мені відомо, що:

- я можу відмовитися від участі у будь-який момент без пояснення причин;
- це не вплине на якість мого подальшого лікування;
- всі мої дані будуть конфіденційними та використовуватимуться у знеособленому вигляді.

Я даю згоду на:

- обробку персональних даних;
- використання результатів дослідження у наукових цілях;
- передачу узагальнених результатів дослідження науковцям та відповідним установам без розкриття моєї особи.

Дата _____

ПІБ учасника _____

Підпис _____

ПІБ дослідника Литвинчук Аліна Геннадіївна

Підпис _____

Акт впровадження результатів дисертаційної роботи

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у практику
центру протезування
«BIONICS GROUP UKRAINE»

Я, директор центру протезування «BIONICS GROUP UKRAINE» Тюлюк Владислав Анатолійович склав цей акт про те, що за результатами досліджень, які проведені за темою дисертаційної роботи «Наукове обґрунтування особливостей побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта», внесено у практику роботи даного центру такі пропозиції та рекомендації:

Назва пропозиції	Наукова новизна та її значення	Ефект від впровадження
Впровадження гібридної програми фізичної терапії для пацієнтів-військовослужбовців після компресійних переломів хребта.	Обґрунтовано застосування сучасних, новітніх, дистанційних методів фізичної терапії та індивідуалізованого підходу до реабілітації військовослужбовців після компресійних переломів хребта.	Доведено ефективність гібридної (очно+дистанційно) програм и фізичної терапії для покращення функціонального стану, зменшення больового синдрому та відновлення рухової активності військовослужбовців.

Автор розробки

Литвинчук Аліна Геннадіївна

Директор «BIONICS GROUP UKRAINE» Тюлюк Владислав Анатолійович



19.03.2026.

Фізичний терапевт

Литвинчук Аліна Геннадіївна

Акт впровадження результатів дисертаційної роботи

АКТ

впровадження результатів наукових досліджень у практику
реабілітаційного центру
«ТИТАНОВІ»

Я, директор реабілітаційного центру «ТИТАНОВІ» Запорожець В'ячеслав Васильович склав цей акт про те, що за результатами досліджень, які проведені за темою дисертаційної роботи «Наукове обґрунтування особливостей побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта », виконуваної аспіранткою Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського», внесено у практику роботи даного центру такі пропозиції та рекомендації:

Назва пропозиції	Наукова новизна та її значення	Ефект від впровадження
Впровадження гібридної програми фізичної терапії для пацієнтів-військовослужбовців після компресійних переломів хребта.	Обґрунтовано застосування сучасних, новітніх, дистанційних методів фізичної терапії та індивідуалізованого підходу до реабілітації військовослужбовців після компресійних переломів хребта.	Доведено ефективність гібридної (очно+дистанційно) програм и фізичної терапії для покращення функціонального стану, зменшення больового синдрому та відновлення рухової активності військовослужбовців.

Автор розробки

Литвинчук Аліна Геннадіївна

Директор «ТИТАНОВІ» Запорожець В'ячеслав Васильович

14.03.2026.



Фізичний терапевт

Литвинчук Аліна Геннадіївна

Акти впровадження результатів дисертаційної роботи

АКТ

**впровадження результатів наукових досліджень у практику
реабілітаційного центру
«Mercy and Health»**

Я, директор реабілітаційного центру «Mercy and Health» Богадельнікова Катерина Ігорівна склала цей акт про те, що за результатами досліджень, які проведені за темою дисертаційної роботи «Наукове обґрунтування особливостей побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта », виконуваної аспіранткою Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського», внесено у практику роботи даного центру такі пропозиції та рекомендації:

Назва пропозиції	Наукова новизна та її значення	Ефект від впровадження
Впровадження гібридної програми фізичної терапії для пацієнтів-військовослужбовців в після компресійних переломів хребта.	Обґрунтовано застосування сучасних, новітніх, дистанційних методів фізичної терапії та індивідуалізованого підходу до реабілітації військовослужбовців в після компресійних переломів хребта.	Доведено ефективність гібридної (очно+дистанційно) програми фізичної терапії для покращення функціонального стану, зменшення больового синдрому та відновлення рухової активності військовослужбовців.

Автор розробки

Литвинчук Аліна Геннадіївна

Директор «Mercy and Health» Богадельнікова Катерина Ігорівна

17.03.2026

Фізичний терапевт



Литвинчук Аліна Геннадіївна

“Затверджую”
 Декан ФБТ КПІ ім. Ігоря Сікорського
 Тетяна ТОДОСІЙЧУК
 “3” березня 2026 р.

“Затверджую”
 Декан ФБМІ КПІ ім. Ігоря Сікорського
 Олександр ГАЛКІН
 “3” березня 2026 р.

ЕКСПЕРТНИЙ ВИСНОВОК № 2-2026
 Міжфакультетської комісії з біоетики

Керуючись Положенням про міжфакультетську комісію з біоетики та нормативними актами України, міжнародними нормативними документами, рекомендаціями вітчизняних дорадчих органів та міжнародних організацій, щодо яких встановлено відповідність об'єкту експертизи Комісія розглянула матеріали дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) аспіранта Литвинчук Аліни Геннадіївни за темою: «Наукове обґрунтування особливостей побудови реабілітаційних програм для пацієнтів-військовослужбовців з наслідками компресійних ушкоджень хребта» 03.03.2026 р., протокол № 2

Дисертація доктора філософії виконана під науковим керівництвом: доцента кафедри ББЗЛ КПІ ім. Ігоря Сікорського, кандидата технічних наук, доцента Антонової-Рафі Юлії Валеріївни.

Дисертація доктора філософії виконувалась в рамках ініціативної науково-дослідної роботи кафедри біобезпеки і здоров'я людини КПІ ім. Ігоря Сікорського № 0117 U 002938 «Розробка технологій фізичної терапії та технічних засобів її здійснення» з 10.2022р. по 01.2026р.

Наукові дослідження виконувалися з залученням/використанням (*підкреслити необхідне*):

- лікарських речовин
- піддослідних тварин
- клітинних матеріалів людини
- біологічних матеріалів людського або тваринного походження
- пацієнтів та волонтерів,
- або без їх використання.

За наявності використання вказати (*поставити позначку*):

- ☐ яких тварин використовували в експерименті та коротко навести методичні процедури, які можуть бути для них травматичними;
- ☐ які клітинні матеріали людини використовувалися і коротко викласти характер досліджень;
- ☐ які біологічні матеріали людського або тваринного походження використовувалися і коротко викласти характер використання
- ☒ які дослідження за участю пацієнтів та волонтерів виконувалися у роботі (детальніший опис цих експериментів (*в окремому Додатку на 1ст.*) і письмові форми про інформовану згоду на їхнє проведення від учасників досліджень).

На основі усіх розглянутих матеріалів Комісія підтверджує, що дана робота/дослідження проведене з дотриманням принципів біоетики та може бути рекомендовано до подання до захисту з метою одержання наукового ступеня.

Голова комісії

Ігор ХУДЕЦЬКИЙ

Секретар комісії

Наталія БЕРТОШ