

# Multidisciplinary approach to the treatment of post-concussion syndrome and post-traumatic stress disorder: integration of psychiatry, psychology, neurology and physical therapy

*Lesia Sak*

Educational and Scientific Institute of Mental Health,  
Bogomolets National Medical University

Post-concussion syndrome and post-traumatic stress disorder are complex medico-psychological conditions frequently observed among military personnel and veterans who have sustained traumatic brain injuries (TBIs) in combat settings. The combination of these disorders results in cognitive and somatic impairments, emotional destabilization, and social maladjustment. A significant proportion of patients remain undiagnosed and inadequately rehabilitated, contributing to the chronicity of symptoms.

This article presents an interdisciplinary review of current treatment approaches for PCS and PTSD in military and veteran populations. It explores psychiatric, psychological, neurological, and physical therapy strategies within comprehensive care frameworks. The review synthesizes data from international sources concerning neuropsychological mechanisms, pharmacotherapy, psychotherapy, and physical rehabilitation.

**Objective.** To substantiate the effectiveness of a multidisciplinary approach to the treatment of PCS and PTSD in military personnel and veterans; to define the roles of key professionals within the structure of medico-psychological care; and to outline practical rehabilitation algorithms adapted to the specific needs of the military population.

**Conclusions.** Post-concussion syndrome and post-traumatic stress disorder form a clinically complex comorbid configuration with intertwined neurobiological, psycho-emotional, somatic, and social components. Only a multidisciplinary approach, grounded in the biopsychosocial model, can adequately address the multifaceted needs of these patients. Such an approach requires coordinated input from specialists across disciplines, individualized therapeutic plans, outcome monitoring, and the creation of a safe and supportive rehabilitation environment.

**Keywords:** post-concussion syndrome, post-traumatic stress disorder, multidisciplinary approach, psychotherapy, physical therapy, psychopharmacology

---

## Вступ

Упродовж останніх десятиліть постконтузійний синдром (ПКС) і посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) залишаються в центрі уваги медичної науки через стрімке зростання їх поширеності серед осіб, які зазнали впливу бойових дій. Особливо актуальною ця проблема є в

умовах збройного конфлікту, коли значна частина військовослужбовців отримує черепно-мозкові травми (ЧМТ), у тому числі субклінічні контузії, що поєднуються з психологічним травмуванням. За даними досліджень, до 23–34% діючих військових, які перебували в зоні бойових дій, мають ознаки легкої ЧМТ, а понад половина з них — клінічно значущі симптоми ПКС [1,2].

ПКС, що виникає після впливу вибухової хвилі або закритої черепно-мозкової травми, характеризується когнітивними (зниження уваги, пам'яті, виконавчих функцій), емоційними (драгівливість, тривожність, депресивність) та соматичними симптомами (головний біль, вестибулярні порушення, безсоння), які можуть зберігатися місяцями або навіть роками [3]. ПТСР у військових формується як відповідь на екстремальний психотравмуючий досвід бойових втрат, безпосередньої загрози життю або травматичного свідчення. У багатьох випадках ПТСР співіснує з ПКС, утворюючи коморбідний стан, що суттєво ускладнює діагностику і потребує цілеспрямованого, багатокомпонентного лікування [4].

Особливістю ПТСР у військових є наявність симптомів гіперзбудження, алекситимії, вибухового реагування та високого рівня соматизації, що підвищує ризик соціальної дезадаптації, суїцидальності, хронічного болю та порушень міжособистісного функціонування [5,6]. При цьому досі не існує уніфікованого клінічного протоколу для ведення військових пацієнтів із поєднанням ПКС та ПТСР, що зумовлює фрагментарність медичної допомоги і ризик хронізації симптомів.

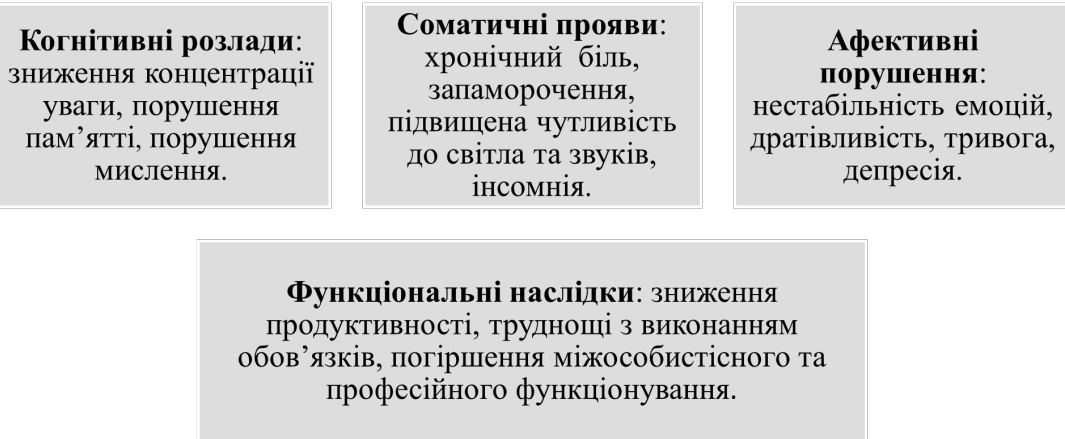
У літературі наголошується на необхідності мультидисциплінарного підходу, який поєднує фармакотерапію, психотерапевтичну роботу, когнітивну реабілітацію та фізичну терапію з урахуванням бойового досвіду пацієнта. Такий інтегрований підхід забезпечує не лише кращу клінічну динаміку, а й вищий рівень комплаєнсу та реінтеграції ветеранів у цивільне життя [7,8]. Метою цієї статті є систематизація доказових методів лікування ПКС та ПТСР серед військовослужбовців і ветеранів, що застосовуються у психіатричній, психологічній, неврологічній та фізичній терапії, з подальшим обґрунтуванням інтегрованої моделі мультидисциплінарної допомоги.

## **Постконтузійний синдром та посттравматичний стресовий розлад: клінічні характеристики, патофізіологія та коморбідність**

ПКС та ПТСР є одними з найбільш поширених і клінічно складних наслідків ЧМТ та бойового стресу у військовослужбовців і ветеранів. Обидва стани відзначаються багатофакторною етіологією, що охоплює органічні ушкодження центральної нервової системи, психоемоційний дистрес та соціально-мотиваційні порушення. У клінічній практиці часто спостерігається їх коморбідне поєднання, яке ускладнює диференційну діагностику, затягує процес лікування та підвищує ризики хронізації патологічного процесу.

### **Постконтузійний синдром: клінічний портрет та патофізіологія**

ПКС переважно формується після легкої черепно-мозкової травми (лЧМТ), зокрема вибухових контузій, які є типовими для бойових умов. За даними епідеміологічних досліджень, від 15% до 30% пацієнтів, які перенесли лЧМТ, демонструють симптоми ПКС, що тривають понад три місяці. Серед військових цей показник може сягати 48–52% навіть через рік після травми [9,10]. На рисунку 1 представлено основні діагностичні критерії ПКС.

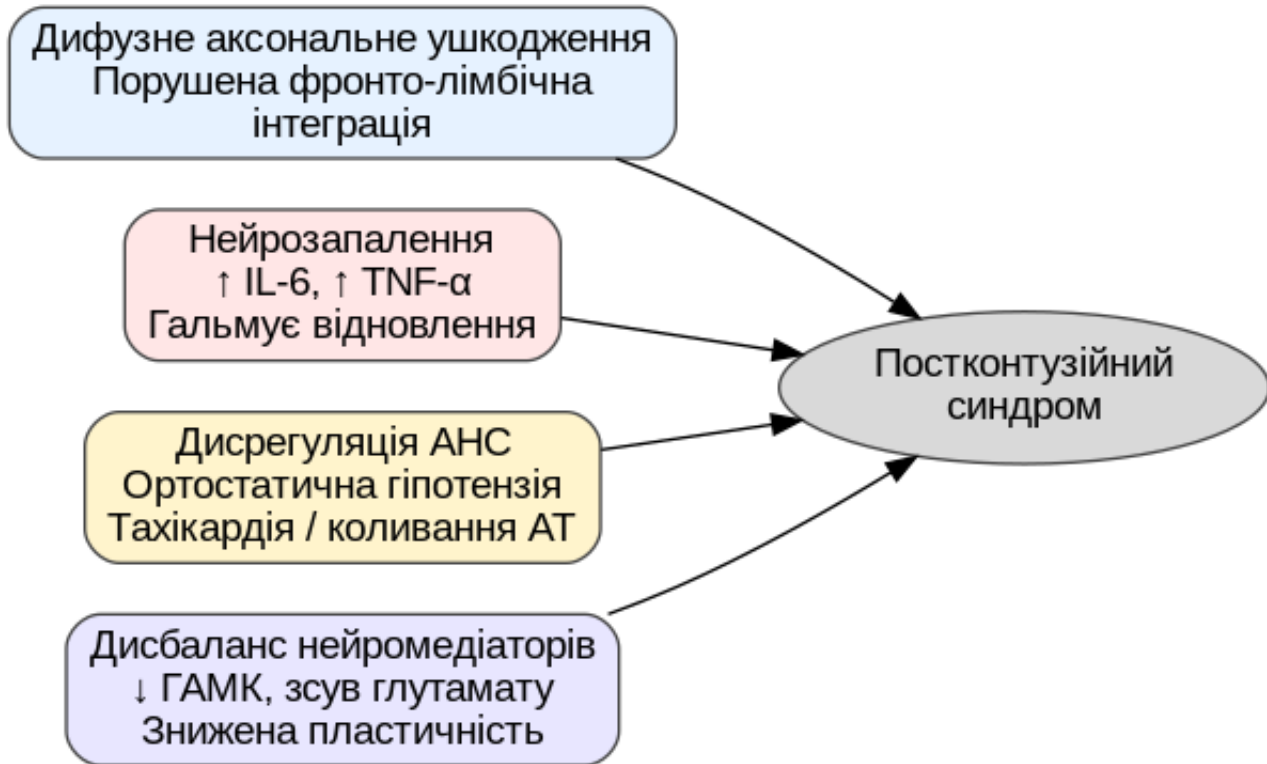


**Figure 1.** *Діагностичні критерії ПКС*

Патофізіологічно ПКС пов'язаний із низкою ключових механізмів:

- Дифузне аксональне ушкодження, що порушує функціональну інтеграцію між структурами мозку, зокрема фронтальними та лімбічними ділянками.
- Нейрозапалення, з активацією мікроглії та підвищеним рівнем прозапальних цитокінів (IL-6, TNF- $\alpha$ ), що підтримують субклінічне запалення та гальмують нейровідновлення.
- Дисрегуляція автономної нервової системи, яка проявляється вегетативною нестабільністю: ортостатичною гіпотензією, тахікардією, коливаннями артеріального тиску.
- Порушення нейромедіаторного балансу, зокрема зниженням рівня гальмівного нейромедіатора ГАМК та глутамату, що обмежує нейропластичність і підтримує симптоматику.

Ці зміни мають як органічну, так і функціональну природу, що зумовлює необхідність мультидисциплінарного підходу до діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів із ПКС, особливо у військових та ветеранів, де симптоми часто мають пролонгований, хронічний перебіг (Рис.3).



**Figure 2.** Ключові патофізіологічні механізми постконтузійного синдрому

### Посттравматичний стресовий розлад: патогенез і особливості у військових

ПТСР класифікується як психічний розлад, що виникає у відповідь на пережитий досвід екстремальної загрози, травми або втрати, особливо в бойових умовах. На рисунку 3 представлено основні діагностичні критерії ПТСР відповідно до класифікації DSM-5.



**Figure 3.** Діагностичні критерії ПТСР

ПТСР у військових часто є хронічним, із вираженою емоційною дестабілізацією, зниженим рівнем довіри, агресивними реакціями. Нейровізуалізаційні дослідження демонструють знижену активність префронтальної кори, гіпокампу та гіперплазію мигдалеподібного тіла —

структур, що відповідають за регуляцію емоцій і формування спогадів [11,12].

## **Коморбідність ПКС і ПТСР: клінічна взаємодія та діагностичні виклики**

Коморбідне співіснування ПТСР і ПКС є клінічно типовим явищем серед ветеранів та військових із бойовим досвідом. За даними досліджень, 50–80% пацієнтів з лЧМТ також відповідають діагностичним критеріям ПТСР [13,14]. Такий пацієнт демонструє змішану клінічну картину, де когнітивні дефіцити, соматичні скарги та афективна нестабільність утворюють складну нейропсихопатологічну структуру [15].

Основні характеристики коморбідного стану:

- **Посилення когнітивного дефіциту**, що не відповідає ступеню органічного ушкодження.
- **Інтенсифікація соматичних скарг** (головний біль, вестибулярні симптоми), що мають психосоматичне підґрунтя.
- **Стійка тривожність і гіперзбудження**, резистентні до монотерапії.
- **Високий ризик соціальної ізоляції**, втрати працездатності, суїцидальних думок.

Клінічна диференціація ускладнюється значним перекриттям симптомів (Рис. 4). Наприклад, інсомнія, тривожність, когнітивні порушення — це характерні прояви як для ПКС, так і для ПТСР. У таких випадках лише мультидисциплінарна оцінка з залученням психіатра, невролога, клінічного психолога та фізичного терапевта дозволяє побудувати коректну діагностичну модель [16].

### **Перетин симптомів ПТСР та постконтузійного синдрому**



**Figure 4.** Перетин симптомів ПТСР та постконтузійного синдрому

Таблиця 1 містить порівняльну характеристику ПКС та ПТСР за ключовими критеріями: етіологією, домінантними симптомами, нейропатологічними механізмами, поширеністю серед військових та прогнозом при коморбідному перебігу.

Характеристика	ПКС	ПТСР
Етіологія	Легка ЧМТ	Психотравма

Домінантні симптоми	Когнітивні, соматичні, вегетативні	Афективні, поведінкові, дисоціативні
Нейропатолофізіологія	Дифузне аксональне ушкодження, нейрозапалення, порушення метаболізму	Гіперактивація мигдалеподібного тіла, гіпоплазія гіпокампу
Частота серед військових	до 52% після лЧМТ	до 43% після бойової травми
Прогноз при коморбідності	Хронізація симптомів, зниження працездатності	Поглиблені функціональні порушення, суїцидальні ризики

**Table 1. Порівняльна характеристика ПКС та ПТСР**

## Методи терапії у мультидисциплінарному підході

### Підходи психіатричної допомоги в комплексному лікуванні ПТСР та ПКС

Фармакотерапія відіграє ключову роль у стабілізації нейропсихологічного стану при ПТСР та ПКС, оскільки обидва стани супроводжуються порушенням функцій лімбічної системи, передусім гіперактивацією мигдалеподібного тіла, зниженням гальмівного контролю з боку префронтальної кори та дисфункцією гіпоталамо-гіпофізарно-наднирничкової осі [18]. Психофармакотерапія, особливо у військових та ветеранів, має враховувати не лише симптоматичний профіль, але й глибші нейробіологічні дисфункції [19].

#### Фармакотерапія

Селективні інгібітори зворотного захоплення серотоніну (СІЗЗС), зокрема сертралін, есциталопрам, пароксетин, флуоксетин, є препаратами першої лінії терапії при тривожних і афективних розладах [20]. Їхня дія полягає у підвищенні концентрації серотоніну в синаптичній щілині, що знижує збудливість нейронів амігдали — ключової структури у формуванні страху й гіпервігільності. Одночасно, СІЗЗС підвищують активність префронтальної кори, покращуючи регуляцію імпульсивної поведінки та емоційного реагування [21,22].

Інгібітори зворотного захоплення серотоніну і норадреналіну (ІЗЗСН), такі як венлафаксин і дулоксетин, активують норепінефринергічні шляхи, пов'язані з енергетичним тонусом, больовою модуляцією та емоційною стійкістю. Їх особливе значення у пацієнтів з ПКС полягає у впливі на центри болю у спинному мозку та таламусі, що робить їх ефективними при нейропатичному болю, часто пов'язаному з лЧМТ [23].

#### Антипсихотики та стабілізатори настрою

У пацієнтів із тяжкою афективною нестабільністю, дратівливістю, епізодами агресії та дисоціацією доцільне використання антипсихотиків, таких як оланзапін і кветіапін. Вони блокують дофамінові D2-рецептори в мезолімбічному шляху, знижуючи інтенсивність психотичних і збудливих симптомів, а також мають седативний ефект через антагонізм до 5-HT<sub>2A</sub>-рецепторів, що допомагає зменшити гіперактивацію при ПТСР [24].

Стабілізатори настрою (наприклад ламотриджин) діють шляхом інгібування натрієвих каналів та зниження вивільнення глутамату— основного збуджувального нейромедіатора, який при стресі надмірно активує лімбічні структури. У пацієнтів з ПТСР це сприяє зниженню емоційної лабільності та стабілізації настрою, що особливо важливо у ветеранів із симптомами афективної нестабільності або "емоційного колапсу" [25].

#### Медикаментозна підтримка сну

Порушення сну при ПТСР пов'язане зі зниженням активності супрахіазматичного ядра

гіпоталамуса та дисрегуляцією гіпоталамо-гіпофізарно-нхдирникової осі (НРА-осі), що викликає фрагментацію фаз сну та скорочення глибокого сну (N3-фаза). Медикаментозне відновлення сну має не лише симптоматичне, але і нейропротекторне значення, оскільки сон є критично важливим для гліальної "очистки" токсичних метаболітів з центральної нервової системи (ЦНС) [27,29,30].

- Мелатонін регулює циркадні ритми та стабілізує добовий профіль кортизолу, що допомагає нормалізувати фазність сну у військових після ротацій та нічних чергувань.
- Тразодон діє як антагоніст 5-HT<sub>2A</sub> та H<sub>1</sub>-рецепторів, чинячи седативну дію без пригнічення дихального центру.
- Міртазапін активує  $\alpha$ 2-адренорецептори, нормалізує цикл "сон-бадьорість", знижує гіперзбудливість, стимулює апетит та сприяє загальному відновленню при астенії.

Застосування бензодіазепінів у військових небажане, оскільки вони пригнічують активність ГАМК-системи на фоні нейрозапалення, поглиблюючи когнітивний дефіцит і посилюючи ризик формування залежності.

Цей нейробіологічний підхід дозволяє не лише обґрунтувати вибір препаратів, а й забезпечити персоналізоване фармакологічне ведення, орієнтоване на функціональне відновлення пацієнтів з ураженням кількох систем нейромодуляції.

## **Клінічні підходи до психологічної допомоги військовослужбовцям і ветеранам**

У роботі з пацієнтами, які зазнали бойової психологічної травми, психолог виконує не лише функцію психотерапевта, а й когнітивного модератора, емоційного стабілізатора та навігатора по травматичному досвіду. Особливості ПТСР у військових — це підвищений рівень гіперзбудження, бойова вина, фрагментовані або витіснені спогади, низький рівень довіри до терапевтичного процесу. Тому психологічні втручання мають бути нейробіологічно доцільними, структурованими та адаптованими до специфіки військового мислення.

### **Когнітивно-поведінкова терапія (КПТ)**

КПТ є «золотим стандартом» у лікуванні ПТСР, з доведеною ефективністю у численних дослідженнях серед ветеранів [26,27]. Основна мета — ідентифікувати й модифікувати дисфункціональні автоматичні думки, пов'язані з почуттям провини, вразливості, небезпеки або недовіри.

З нейробіологічного погляду, КПТ сприяє зниженню активності мигдалеподібного тіла через формування нових когнітивних зв'язків, та підвищує активність префронтальної кори, яка пригнічує реакцію страху. Це відновлює баланс між системою загрози та саморегуляції [27].

Дослідження Ciccone et al. (2021) показало, що КПТ у поєднанні з нейропсихологічною реабілітацією значно покращує функціональні результати у пацієнтів з ПКС, що свідчить про важливість інтеграції когнітивного рівня терапії при органічному ушкодженні.

У військових часто використовуються модифіковані протоколи КПТ, що враховують бойову ідентичність, гіперпильність, потребу в контролі.

### **Психоедукація та навчання саморегуляції**

Психоедукація є базовим інструментом формування когнітивної карти симптомів та відновлення відчуття контролю, що втрачається при ПТСР. Вона дозволяє розпізнавати тригери, формувати реалістичні очікування від лікування та знижувати стигму звернення по психологічну та психіатричну допомогу.

Навчання саморегуляції (техніки дихання, м'язової релаксації, візуалізації) активує парасимпатичну нервову систему через стимуляцію блукаючого нерва (n. vagus), знижує рівень кортизолу, стабілізує частоту серцевих скорочень та покращує варіабельність серцевого ритму — ключові біомаркери відновлення [28].

Особливо ефективними вважаються діафрагмальне дихання та прогресивна м'язова релаксація, що впливають на нейросигнальні шляхи мозкового стовбура та лимбічної системи.

### **Методи майндфулнес та травмофокусовані підходи**

Майндфулнесті інші усвідомлені практики показали позитивний вплив на нейровегетативний контроль, зменшення гіперактивації мигдалеподібного тіла та збільшення активності префронтальної кори. У ветеранів майндфулнес також покращує толерантність до тригерів і сприяє інтеграції тілесного досвіду після травми [29].

Десенсибілізація та переробка за допомогою рухів очей (EMDR) — техніка, яка шляхом подвійної стимуляції (рух очей або тактильні сигнали) активує внутрішній механізм переробки інформації в гіпокампі, дозволяючи пацієнту інтегрувати фрагментовані спогади без надмірного емоційного реагування [35]. EMDR особливо ефективна у ветеранів з фіксованими флешбеками та симптомами уникання.

Ці підходи мають бути обов'язково інтегровані в широкую програму відновлення, узгоджену з фармакотерапією, фізичною реабілітацією та соціальною підтримкою. У роботі з військовими та ветеранами важливо враховувати нейробиологічну вразливість і специфіку адаптаційного досвіду, щоб психотерапія була не лише гуманною, а й нейрофункціонально обґрунтованою.

### **Психологічна допомога в умовах бойової реінтеграції: нейропсихологічні ризики та адаптаційні моделі**

Бойова реінтеграція — це складний і потенційно дестабілізуючий процес для військовослужбовців, які після лікування або демобілізації повертаються до зони бойових дій. Психологічна допомога в такому контексті потребує не лише емпатії та клінічного досвіду, а й глибокого розуміння нейробиології тривоги, адаптивних стратегій виживання та бойового мислення [31].

Повернення в бойове середовище активує ті ж самі нейронні структури, що були задіяні в момент психотравми (зокрема, мигдалеподібне тіло, гіпокамп, префронтальну кору), тому інтервенції, які є ефективними у фазі стабілізації або демобілізації, можуть виявитися не лише неефективними, але й шкідливими [31]. Наприклад, деякі форми експозиційної терапії або тілесно-орієнтовані техніки можуть викликати дисоціацію, деструктивну реактивацію травматичних спогадів або зниження бойової пильності, що ставить під загрозу життя військовослужбовця [32].

### **Ключові принципи психологічного супроводу в бойовій реінтеграції:**

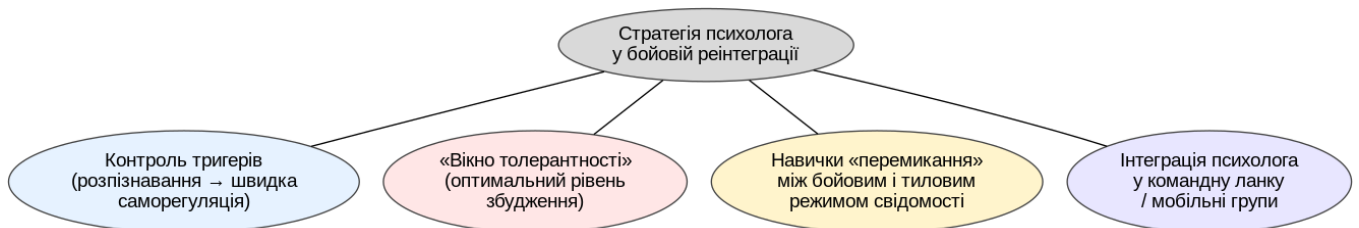
- Збереження бойової функціональності — інтервенції не повинні знижувати реактивність, швидкість ухвалення рішень або тактичну обережність.
- Підвищення афективної регуляції — замість загального заспокоєння, фокус має бути на швидкому контролі емоцій в умовах стресу.
- Мінімізація когнітивного конфлікту — не можна створювати протиріччя між бойовими навичками і терапевтичними повідомленнями (наприклад, щодо «необґрунтованого страху»).
- Функціональна психоедукація — знання мають допомагати адаптувати симптоми, а не усувати їх у спосіб, що суперечить бойовій мобілізації.

Метод / підхід	Застосування при демобілізації	Адаптація або заборона при бойовій реінтеграції
Когнітивно-поведінкова терапія (КПТ)	Повна, включно з експозицією та «рефреймінгом загрози»	Лише адаптована форма: з фокусом на функціональну доцільність бойових реакцій; інтенсивна експозиція — не рекомендована
Психоедукація	Орієнтована на усвідомлення симптомів, зниження тривоги	Допустима, але без акценту на «вразливість» чи нормалізацію симптомів (щоб не знизити бойовий тонус)
Дихальні практики, релаксація	Рекомендовані: діафрагмальне дихання, прогресивна м'язова релаксація	Лише контрольовані дихальні техніки, уникаємо глибокого розслаблення без механізмів швидкого перемикання
Mindfulness (MBSR)	Ефективне для стабілізації, толерантності до тригерів	Не рекомендовано у фронтових умовах без адаптації; дозволено «тактичний майндфулнес» з тренуванням фокусу
EMDR	Після завершення служби, при фіксованих флешбеках	Протипоказано під час активної служби: ризик дестабілізації та вторинної травматизації
Групова терапія	Висока ефективність при втраті бойових побратимів	Застосовувати з обережністю: можлива ретравматизація, необхідна фасилітація фахівцем з бойовим досвідом
Психоедукація для командирів	Менш актуальна	Критично необхідна: підвищує ідентифікацію симптомів у побратимів, знижує стигму та нормалізує звернення
Медитації, тілесні техніки (йога, глибока релаксація)	Допустимі за стабільного стану	Не рекомендовані: ризик деперсоналізації, втрата бойової зосередженості, поява неконтрольованих емоцій

**Table 2.** Порівняльна таблиця психологічних втручань при демобілізації та бойовій реінтеграції

### Рекомендована стратегія

Психолог у бойовій реінтеграції має працювати не стільки з пригніченням симптомів, скільки з розвитком функціональної адаптації: контроль тригерів, підтримка зони оптимального збудження, навички «перемикання» між бойовим і тилowym режимом свідомості [33]. В ідеалі — інтеграція психолога до командної ланки або розгортання мобільних психоедукаційних груп на рівні роти/батальйону (Рис.6).



**Figure 5.** Стратегії психолога у бойовій реінтеграції

### Неврологічні стратегії лікування з урахуванням нейробіологічних механізмів

Неврологічна оцінка у пацієнтів з ПКС та ПТСР, особливо в умовах військової медицини, має важливе значення для виявлення субклінічних або латентних уражень центральної нервової

системи, що не завжди доступні до візуалізації стандартними методами [41]. В умовах бойового травматизму часто спостерігається комбінація мікроушкоджень аксональних волокон, нейрозапалення, порушення церебральної перфузії та дисбалансу вегетативної регуляції [34].

## Нейродіагностика

Нейровізуалізаційні методи, зокрема магнітно-резонансна томографія з використанням дифузійно-тензорної візуалізації (МРТ-DTI), функціональна МРТ (fMRI), а також однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (СПЕКТ) і позитронно-емісійна томографія (PET), відіграють ключову роль у діагностиці нейропсихологічних наслідків ЧМТ та ПТСР. Вони дозволяють виявити функціональні і структурні зміни в головному мозку, які не завжди помітні при звичайній КТ чи стандартному МРТ. Серед найтипівіших нейровізуалізаційних змін, зафіксованих у таких пацієнтів, є гіпофункція медіальної та дорсолатеральної префронтальної кори, що відповідає за контроль емоцій, планування, прийняття рішень та когнітивну гнучкість [34]. Одночасно спостерігається гіперактивація мигдалеподібного тіла — структури, тісно пов'язаної з відчуттям страху, формуванням тривожних реакцій, униканням тригерів і гіперзбудженням [34]. Також характерним є зниження активності гіпокампу — зони, відповідальної за формування нових спогадів і просторову орієнтацію, що пояснює наявність флешбеків, дезорієнтації та ретроспективної амнезії у пацієнтів з ПТСР [35]. В окремих випадках, особливо після контузійної ЧМТ, виявляються мікроструктурні зміни в мозолистому тілі та білій речовині, які свідчать про наявність дифузного аксонального ушкодження [36].

Ці нейровізуалізаційні знахідки не лише уточнюють діагноз, але й є об'єктивним маркером глибших нейробиологічних змін, що потребують комплексної та тривалої реабілітації, а не обмеженого симптоматичного лікування [37]. Таким чином, дані нейровізуалізації дозволяють створити персоналізований підхід до терапії, з урахуванням ступеня ураження конкретних мозкових структур, що мають ключове значення для емоційного, когнітивного та поведінкового функціонування.

## Оцінка когнітивного профілю

У військовослужбовців та ветеранів після ЧМТ, а також у пацієнтів із ПКС і ПТСР, часто спостерігаються стійкі нейропсихологічні дефіцити, які значно ускладнюють повернення до функціональної активності та бойового або цивільного життя [38]. Найбільш характерними є зниження обсягу оперативної пам'яті та труднощі з концентрацією уваги, сповільнена швидкість переробки інформації, а також езекутивна дисфункція — порушення здатності до планування, ініціації дій, когнітивної гнучкості та контролю імпульсів [39]. Ці розлади особливо критичні у бойовому середовищі, де складна координація, швидке прийняття рішень і ситуаційна обізнаність є визначальними для виживання [40].

Оцінка когнітивного статусу таких пацієнтів проводиться з використанням валідованих нейропсихологічних інструментів. Montreal Cognitive Assessment (MoCA) є зручним скринінговим тестом для виявлення глобальних когнітивних дефіцитів. Trail Making Test (ТМТ-А і ТМТ-В) дозволяє оцінити зорово-моторну координацію, швидкість когнітивної обробки та здатність до переключення уваги. Тест "Цифровий ряд" (Digit Span) визначає об'єм робочої пам'яті, що є критичним показником у військовому середовищі [41].

Нейробиологічне підґрунтя цих порушень відрізняється залежно від домінуючої патології. При ПКС переважає зниження активності дорсолатеральної префронтальної кори, що відповідає за контрольоване мислення та регуляцію поведінки. У випадку ПТСР ключовим механізмом є гіпопластичність або функціональна недостатність гіпокампу, що порушує процеси консолідації пам'яті та здатність відрізнити загрозу від безпечного контексту [42]. Навіть у ситуаціях, коли структурна візуалізація (наприклад, стандартна МРТ) не виявляє очевидних ушкоджень, ці функціональні розлади можуть мати клінічно значущі наслідки та потребують

відповідної нейропсихологічної реабілітації [43]

### **Контроль вегетативних розладів**

ПКС часто супроводжується дисфункцією автономної нервової системи (АНС), що істотно впливає на фізіологічну стабільність пацієнтів та якість їхнього життя. Типові клінічні прояви включають постуральну ортостатичну тахікардію (POTS), ортостатичну гіпотензію, епізоди терморегуляторних збоїв, гіпергідроз, а також загальну вегетативну нестабільність [44]. Такі симптоми вказують на порушення балансу між симпатичною та парасимпатичною активністю, що регулює серцево-судинну, ендокринну й інші вісцеральні системи. Крім того, у пацієнтів із ПКС спостерігається порушення чутливості барорецепторів, що відіграють ключову роль у регуляції артеріального тиску та частоти серцевих скорочень [45].

З огляду на складність патофізіології вегетативної дисфункції, неврологічне лікування повинно бути персоналізованим та багатокомпонентним. Ефективними вважаються:

- Адаптогени та ноотропи, такі як цитиколін або пантогам, які покращують церебральний метаболізм і сприяють загальній стабілізації нейровегетативної регуляції.
- Тренінги біологічного зворотного зв'язку (biofeedback), спрямовані на покращення варіабельності серцевого ритму та зниження надмірної реактивності.
- Моніторинг показників варіабельності серцевого ритму (HRV) як об'єктивний інструмент для оцінки ефективності втручань і корекції терапії в реальному часі.

У військових та ветеранів, які перенесли множинні субконтузійні впливи або вибухові травми, порушення автономного тонузу можуть бути персистуючими, тобто зберігатися роками після травми. Такі стани вимагають тривалого медико-фізіологічного супроводу із залученням мультидисциплінарної команди [46].

Цей неврологічний модуль має критичне значення не лише для усунення фізичних симптомів, але й для формування повноцінного нейропсихіатричного профілю пацієнта. Його інтеграція з результатами психіатричної та психологічної діагностики дозволяє створити цілісну картину функціонального стану пацієнта, оптимізувати реабілітаційну програму та об'єктивно оцінити можливість безпечного повернення до військової служби або активного соціального життя [47].

### **Сучасні нейромодуляційні методи (TMS, tDCS)**

У сучасній неврологічній реабілітації пацієнтів із ПКС та ПТСР, особливо серед ветеранів бойових дій, зростає інтерес до неінвазивних методів нейромодуляції [48]. Ці методи спрямовані на регуляцію нейропластичності та відновлення функціональної активності дисфункціональних нейрональних мереж, що є особливо актуальним для пацієнтів із резистентними до медикаментозної терапії формами розладів. Серед таких технологій найбільш вивченими й клінічно апробованими є транскраніальна магнітна стимуляція (TMS) та транскраніальна стимуляція постійним струмом (tDCS) [48].

#### **Транскраніальна магнітна стимуляція (TMS)**

Транскраніальна магнітна стимуляція — це неінвазивний метод, який використовує імпульси магнітного поля для модуляції електричної активності нейронів, зазвичай у ділянці дорсолатеральної префронтальної кори (DLPFC). Найчастіше застосовується повторювана форма — rTMS. Саме DLPFC є ключовим регулятором емоційного стану та когнітивного контролю, і порушення в цій зоні часто спостерігаються при ПТСР [49]. Стимуляція DLPFC зменшує гіперактивацію мигдалеподібного тіла — головного центру страху та тривожності. Відновлюється функціональна зв'язність між префронтальною корою, гіпокампом та

таламусом — структурами, що регулюють пам'ять, саморегуляцію й адаптивні реакції. Вже після 10-20 сеансів відзначається стійке зменшення симптомів тривожності, депресії та гіперзбудження [50].

Клінічні дослідження підтвердили ефективність rTMS у ветеранів із резистентним ПТСР [51, 52]. Метод не викликає медикаментозної седації, що робить його придатним для осіб, які готуються до активного військового повернення або проходять реабілітацію в бойових умовах.

#### Транскраніальна стимуляція постійним струмом (tDCS)

Транскраніальна стимуляція постійним струмом — це метод слабкострумової електростимуляції, при якому через електроди, розташовані на шкірі голови, проходить постійний струм (1-2 мА). Залежно від полярності, tDCS може як підвищувати, так і знижувати збудливість нейронів у певній зоні мозку [53]. Анодальна стимуляція DLPFC підсилює нейропластичність та сприяє поліпшенню когнітивної функції (увага, пам'ять, швидкість мислення) [64]. Відбувається модуляція дофамінової та глутаматергічної передачі, що може позитивно впливати на нейропсихіатричні прояви ПКС [54]. Доведено покращення емоційного самопочуття, зниження депресивності, а також зменшення проявів тривожності [55].

У поєднанні з когнітивною терапією tDCS показав помірну, але стабільну ефективність у зниженні симптомів ПТСР у ветеранів. tDCS є мобільною технологією, не потребує складного обладнання, має добрий профіль безпеки, тому може бути використана у польових реабілітаційних умовах, включно з мобільними командами психологічної підтримки [55].

Метод	Цільова зона	Частота застосування	Застосування у військових
rTMS	Ліва DLPFC	10-20 сеансів (5/тиждень)	ПТСР, тривога, депресія
tDCS	Ліва DLPFC (анод) / права (катод)	10-15 сеансів	Помірні форми ПТСР, когнітивна реабілітація

**Table 3. Клінічні рекомендації**

## Фізична реабілітація при ПКС і ПТСР: нейрофізіологічний контекст

Фізичний терапевт займає важливу позицію в мультидисциплінарній команді, оскільки ПТСР і ПКС у військових часто супроводжуються вегетативною нестабільністю, соматичними симптомами, м'язово-фасціальною напругою та вестибулярними порушеннями, які знижують боєздатність і якість життя [56]. Втручання фізичного терапевта не лише зменшує фізичний дискомфорт, а й модулює вісцеро-соматичний зворотний зв'язок, позитивно впливаючи на психоемоційний стан [56].

### Вестибулярна реабілітація

Вестибулярна дисфункція є однією з найчастіших скарг у пацієнтів після ЧМТ, зокрема серед військовослужбовців, які зазнали дії вибухової хвилі [57]. Такий тип порушень вестибулярної системи часто проявляється у вигляді запаморочення, нестійкості при ходьбі, порушення координації та сенсорної дезорієнтації [58]. Одним з ефективних напрямів реабілітації є вестибулярна терапія, яка передбачає цілий комплекс вправ, спрямованих на стимуляцію та відновлення функцій центральної та периферичної частин вестибулярної системи [59].

Серед основних втручань застосовуються вправи на стабілізацію погляду через адаптацію вестибуло-окулярного рефлексу (VOR), контрольовані рухи голови у вертикальній та горизонтальній площині, а також прогресивно ускладнений баланс-тренінг [60]. Ці втручання мають чітке нейрофізіологічне обґрунтування: стимуляція вестибуло-окулярного рефлексу і

вестибулоспінальних шляхів активує нейропластичні механізми в структурах стовбура мозку та мозочка [61]. Одночасно покращується сенсомоторна інтеграція між зоровою, пропріоцептивною і вестибулярною інформацією, що є ключовим чинником у відновленні рівноваги [61].

Ефективність такої реабілітації підтверджується клінічними дослідженнями: до 80% пацієнтів з постконтузійним синдромом демонструють істотне зменшення запаморочення та покращення стабільності вже після 3–4 тижнів інтенсивної вестибулярної терапії [75]. Це дозволяє вважати вестибулярну реабілітацію одним із центральних компонентів мультидисциплінарної програми відновлення у військових з ПКС [61].

### **Аеробна активність**

Кардіо-навантаження, дозоване з урахуванням індивідуальної переносимості пацієнта, виступає як потужний нейромодулятор системного рівня, особливо у рамках реабілітації ПКС і ПТСР. Застосування аеробної активності у клінічному контексті базується на принципах біоадаптивної фізіотерапії, де кожне втручання має не лише соматичну, а й нейрофізіологічну цінність [62].

Метод Буфальський тредміл-тест для оцінки стану після струсу мозку (ВСТТ) дозволяє точно визначити індивідуальний рівень фізіологічної толерантності до навантаження без ризику погіршення симптомів. Після тестування рекомендовано впровадження щоденного аеробного тренування у формі помірної ходьби на біговій доріжці, занять на велотренажері або еліпсоїді, тривалістю 20–30 хвилин. Ключовими умовами є підтримання рівномірного дихання та контроль за частотою серцевих скорочень (ЧСС) [62].

З нейробіологічної точки зору такі вправи суттєво впливають на центральну нервову систему. Насамперед, кардіо-навантаження сприяє підвищенню рівня нейротрофічного фактора мозку, який покращує нейропластичність, сприяє формуванню нових нейронних зв'язків, підвищує стійкість до стресу і покращує когнітивну продуктивність. Додатково спостерігається зниження симпатичного тону, що приводить до нормалізації варіабельності серцевого ритму (HRV) — важливого показника балансу автономної нервової системи. Це також покращує функціональний кровообіг у префронтальній та тім'яній корі, які відповідають за емоційну регуляцію, сенсомоторну інтеграцію та самоконтроль [63].

З клінічного погляду, кардіо-навантаження рекомендовано особам з вираженим тривожно-депресивним компонентом, соматизаційними скаргами та розладами сну [64]. Цей метод є особливо ефективним у ветеранів та військовослужбовців, адже поєднує відновлення фізичної витривалості з м'якою нейровегетативною стабілізацією, що критично важливо для повернення до бойових або цивільних функцій. Таким чином, дозоване аеробне тренування — це не просто засіб фізичного відновлення, а повноцінна біологічна терапія у рамках мультидисциплінарної реабілітації [64].

### **Кінезіотерапія та лікування хронічного болю**

Хронічний біль у пацієнтів із ПКС та ПТСР часто має комплексну психофізіологічну природу, в якій тісно переплітаються соматичні, нейрональні та психоемоційні механізми [64]. Він не є наслідком лише пошкодження тканин, а радше результатом довготривалого м'язового напруження, дисфункції дрібних нервових волокон (нейропатія тонких волокон), а також явищ центральної сенситизації — стану, при якому поріг сприйняття болю суттєво знижується, і навіть незначні стимули можуть викликати значний дискомфорт.

Фізичний терапевт відіграє ключову роль у лікуванні хронічного болю завдяки застосуванню спеціалізованих методів, спрямованих на зниження м'язового тону, покращення рухливості та нормалізацію нейрофізіологічної регуляції болю. До таких втручань належать:

- Активна мобілізація шийно-грудного сегмента, що сприяє розвантаженню фасеткових суглобів і покращенню кровопостачання м'язів.
- Постізометрична релаксація, яка дозволяє досягти розслаблення гіпертонічних м'язових груп шляхом м'якої ізометричної напруги і подальшого розтягнення.
- Міофасціальне вивільнення та робота з тригерними точками, що допомагає знизити локальну гіперактивність у м'язах, характерну для стресових станів.
- Позиційний стрейчинг і тренування контролю постави, які усувають компенсаторні рухові шаблони та знижують повторне перевантаження опорно-рухового апарату.

З нейрофізіологічного погляду, ці втручання діють на кількох рівнях:

1. Механізм ворітного контролю: локальна стимуляція м'язів і тканин активує великі діаметри аферентних волокон, що пригнічують передачу болю через спінальні інтернейрони задніх рогів спинного мозку.
2. Активація ендогенних опіоїдів: фізичне навантаження та мануальна терапія стимулюють вивільнення ендорфінів і енкефалінів — природних анальгетиків центральної нервової системи.
3. Регуляція гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової осі : нормалізація цієї осі знижує рівень кортизолу, покращує адаптацію до стресу та зменшує соматичні прояви тривожності [67]

Таким чином, фізична терапія при хронічному болю у ветеранів із ПКС/ПТСР — це не лише метод локального впливу на тіло, а й засіб нейробіологічного регулювання, що гармонізує соматичні й психоемоційні компоненти болю.

### **Технології i-Moove та E-Blink в реабілітації військових**

У відповідь на виклики нейросенсорної та моторної дезінтеграції, що часто спостерігається у пацієнтів із ПКС та ПТСР після бойових дій, зростає роль новітніх технологій, які поєднують елементи мультисенсорної стимуляції, рефлекторного тренування та динамічної стабілізації. Серед найбільш перспективних рішень — платформи i-Moove® та E-Blink®, які пропонують не лише реабілітаційні можливості, а й діагностичний потенціал у виявленні прихованих нейрофізіологічних порушень [65].

#### **i-Moove®: мультівісна постуральна реабілітація**

i-Moove® — це інтелектуальна кінезіотерапевтична система, що створює тривимірні рухи тіла навколо фронтальної, сагітальної та трансверсальної осей. Завдяки здатності модулювати мікропостуральні реакції, вона стає незамінною при роботі з військовими, які мають порушення рівноваги, координації або пропріоцепції внаслідок субконтузійних ушкоджень або вибухових травм, що не завжди виявляються стандартною фізіотерапією [65].

Нейрофізіологічні ефекти i-Moove полягають в активації сенсомоторної інтеграції (стимуляція пропріоцепторів, вестибулярної системи та м'язово-суглобових рецепторів покращує координацію та орієнтацію в просторі), регуляція вегетативного балансу (стабілізується ортостатична реакція через вплив на ядра стовбура мозку), модулювання корково-підкоркових зв'язків (стимуляція мозочка, таламуса і префронтальної кори сприяє покращенню постурального контролю, емоційного фону та моторного планування) [66].

Застосування у військових і ветеранів є ефективними при латентній (неочевидній) вестибулярній дисфункції після ЧМТ.

- Поліпшує адаптивність до нестабільних умов, характерних для бойової зони.
- Може використовуватись як частина функціонального тестування нейропластичної відповіді у пацієнтів з ПКС.

## **E-Blink®: тренування нейроофтальмічної реакції**

E-Blink® — це спеціалізована технологія для рефлекторного тренування зорово-моторного контролю, яка покращує швидкість реакції, точність рухів очей та стабілізацію зорової уваги. Такий підхід особливо цінний для військових, чия ефективність у бойовій ситуації напряму залежить від зорової орієнтації, навігації та швидкого аналізу зорових стимулів [67].

Нейробиологічні механізми дія полягає в активації системи саккадичних рухів (тренування точності та швидкості мікро-рухів очей сприяє ефективному перемиканню уваги), стимуляції верхнього двійчастого тіла та потиличної кори (покращення зорово-просторової орієнтації, що має критичне значення для динамічного бою), регуляції вегетативних реакцій (через зорово-вегетативні рефлекси покращується варіабельність серцевого ритму, знижується гіпервігілантність — типовий компонент ПТСР) [62].

При застосуванні у ветеранів сприяє десенситизації до зорових тригерів (наприклад, миготливого світла, що викликає флешбеки), підвищує бойову реакцію на зміну візуального фону під час симуляцій або віртуального тренінгу, може інтегруватись у VR-програми психологічної реабілітації та навчання бойової тактики [66].

Таким чином, використання i-Moove® та E-Blink® значно розширює можливості мультидисциплінарної терапії, дозволяючи впливати на інтегровані системи мозку — моторну, сенсорну, вестибулярну, емоційну — в умовах як посттравматичної адаптації, так і бойової реінтеграції. Це відкриває нові перспективи для персоналізованої реабілітації ветеранів і військових із порушеннями, стійкими до стандартного підходу .

Метод	Мета	Цільова система	Переваги
i-Moove	Постуральна стабілізація	Пропріоцепція, мозочок	Баланс, стійкість, адаптація до нестабільності
E-Blink	Швидкість зорової орієнтації	Саккади, зорові центри	Контроль тригерів, покращення реакції

**Table 4.** Поєднання традиційної фізіотерапії з високотехнологічними пристроями

## **Взаємодія між фахівцями: координація мультидисциплінарного лікування**

### **Принципи мультидисциплінарної взаємодії**

Ефективна реабілітація пацієнтів із ПКС та ПТСР вимагає постійного обміну інформацією між фахівцями різного профілю. Мультидисциплінарна команда (МДК) зазвичай включає психіатра, психолога, невролога, фізичного терапевта, а іноді — також логопеда, соціального працівника, клінічного фармаколога та координатора лікування [90]. Основні принципи ефективної взаємодії:

- Регулярні клінічні зустрічі команди (1-2 рази на тиждень).
- Єдиний цифровий протокол спостереження за пацієнтом.
- Персоналізований підхід до планування втручань.
- Визначення провідного фахівця залежно від домінуючої симптоматики.

### **Типові моделі мультидисциплінарної координації**

Існує кілька моделей взаємодії:

- Кооперативна (parallel model): кожен фахівець працює незалежно, але обмінюється

висновками з іншими.

- Координована (coordinated model): кожен фахівець адаптує свою тактику з урахуванням втручань колег.
- Інтегрована (integrated model): команда розробляє єдиний комбінований план лікування, з чіткою синхронізацією заходів та розподілом відповідальності.

Найвищу ефективність при ПКС та ПТСР має саме інтегрована модель [68]. Дослідження показують, що така модель зменшує час повернення військових до служби на 30–45%, знижує рівень госпіталізації, та значно підвищує суб'єктивну якість життя [69, 70].

## Висновки

ПКС та ПТСР у військовослужбовців та ветеранів утворюють клінічну конфігурацію з високим ступенем складності, що охоплює нейробіологічні, психоемоційні, соматичні й соціальні компоненти. Їх коморбідне поєднання поглиблює перебіг кожного із розладів, ускладнює діагностику, а також істотно впливає на бойову готовність, адаптацію до мирного життя та якість функціонування після демобілізації.

Аналіз сучасних клінічних підходів та наукових публікацій свідчить про те, що ізольоване застосування фармакотерапії або психотерапії є недостатнім при наданні допомоги військовим із ПТСР і ПКС. Лише мультидисциплінарний підхід — як модель медико-психологічної взаємодії — дозволяє ефективно відповісти на багатовекторні виклики цієї патології.

Зокрема, така модель повинна:

- ґрунтуватися на біопсихосоціальній парадигмі, яка враховує особливості військового досвіду, інтенсивність психотравматизації та структурно-функціональні зміни мозку
- включати координовану роботу психіатра, психолога, невролога, фізичного терапевта
- забезпечувати індивідуальне планування терапії з урахуванням бойового статусу, етапу служби (активна участь, демобілізація, повернення до бойових дій) та нейропсихологічного профілю;
- передбачити неперервний моніторинг ефективності втручань, гнучку адаптацію програм і міжфахову супервізію
- створювати безпечний і довірливий терапевтичний простір, що знижує бар'єри до звернення по допомогу

Ключовою умовою успішного впровадження таких моделей є реорганізація медичної інфраструктури створення центрів мультидисциплінарної підтримки ветеранів та військових, які поєднують клінічну, психологічну, фізичну та соціальну реабілітацію.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на:

- розробку та апробацію стандартизованих маршрутів ведення коморбідних станів у військовій популяції
- оцінку довгострокової ефективності комплексних моделей поверненні до служби чи інтеграції в цивільне життя
- визначення найбільш ефективних комбінацій терапевтичних модулів залежно від стадії захворювання
- використання цифрових інструментів для моніторингу бойового стресу і симптомів ПКС/ПТСР в умовах бойових дій або демобілізації
- дослідження впливу сімейної, побратимської та соціальної підтримки на рівень ремісії та ризик рецидиву

Таким чином, мультидисциплінарний підхід не лише покращує клінічні результати, але й формує нову гуманістичну парадигму ведення військового пацієнта — з повагою до бойового

досвіду, розумінням невидимих наслідків війни та орієнтацією на цілісне, функціональне відновлення.

## References

1. Jannace, K. C., Pompeii, L., Gimeno Ruiz de Porras, D., Perkison, W. B., Yamal, J. M., Trone, D. W., & Rull, R. P. (2024). Lifetime Traumatic Brain Injury and Risk of Post-Concussive Symptoms in the Millennium Cohort Study. *Journal of Neurotrauma*, 41(5-6), 613-622. DOI: 10.1089/neu.2022.0213
2. Permenter, C. M., Fernández-de Thomas, R. J., & Sherman, A. L. (2023). Postconcussive Syndrome. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
3. Loignon, A., Ouellet, M.-C., & Belleville, G. (2020). A Systematic Review and Meta-analysis on PTSD Following TBI Among Military/Veteran and Civilian Populations. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 35(1), E21-E35. DOI: 10.1097/HTR.0000000000000514
4. Larsen, S. E., & Vasterling, J. J. (2020). Traumatic Brain Injury and PTSD. National Center for PTSD, U.S. Department of Veterans Affairs. [Professional Resource].
5. Porter, K. E., Stein, M. B., Grau, P. P., Kim, H. M., Hoge, C. W., & Rauch, S. A. M. et al. (2024). Impact of PTSD treatment on postconcussive symptoms in veterans: A comparison of sertraline, prolonged exposure, and their combination. *Journal of Psychiatric Research*, 173, 64-70. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2024.03.011
6. Zhang, J., Emami, Z., Safar, K., McCunn, P., Richardson, J. D., Rhind, S. G., et al. (2021). Teasing apart trauma: neural oscillations differentiate individual cases of mild traumatic brain injury from post-traumatic stress disorder even when symptoms overlap. *Translational Psychiatry*, 11(1), 301. DOI: 10.1038/s41398-021-01467-8
7. Moriarty, H., Robinson, K. M., & Winter, L. (2021). The additional burden of PTSD on functioning and depression in veterans with traumatic brain injury. *Nursing Outlook*, 69(2), 167-181. DOI: 10.1016/j.outlook.2020.11.003
8. Phipps, H., Mondello, S., Wilson, A., Dittmer, T., Rohde, N. N., Schroeder, P. J., et al. (2020). Characteristics and Impact of U.S. Military Blast-Related Mild Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *Frontiers in Neurology*, 11, 559318. DOI: 10.3389/fneur.2020.559318
9. Hadanny, A., & Efrati, S. (2025). Persistent post-concussion syndrome: Pathophysiology, diagnosis, current and evolving treatment strategies. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 25(8), 1-14.
10. Malik, S., Alnaji, O., Malik, M., Gambale, T., Farrokhyar, F., & Rathbone, M. P. (2023). Inflammatory cytokines associated with mild traumatic brain injury and clinical outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Neurology*, 14, 1123407.
11. Sas, A. R., Popovich, M. J., Gillenkirk, A., Greer, C., Grant, J., Almeida, A., Ichesco, I. K., Lorincz, M. T., & Eckner, J. T. (2024). Orthostatic vital signs after sport-related concussion: A cohort study. *The American Journal of Sports Medicine*, 52(11), 2902-2910.
12. Cancelliere, C., Verville, L., Stubbs, J. L., et al. (2023). Post-concussion symptoms and disability in adults with mild traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurotrauma*, 40(11-12), 1045-1059.
13. van der Vlegel, M., Polinder, S., Mikolic, A., Kaplan, R., von Steinbuechel, N., Plass, A. M., Zeldovich, M., van Praag, D., Bockhop, F., Cunitz, K., Mueller, I., & Haagsma, J. A. (2021). The association of post-concussion and post-traumatic stress disorder symptoms with health-related quality of life, health care use and return-to-work after mild traumatic brain injury. *Journal of Clinical Medicine*, 10(11), 2473.
14. Van Etten, E. J., Knight, A. R., Colaizzi, T. A., Milberg, W. P., McGlinchey, R. E., & Fortier, C. B., et al. (2025). Peritraumatic context and long-term outcomes of concussion. *JAMA Network Open*, 8(1), e2455622.
15. Heslot, C., Azouvi, P., Perdrieau, V., Granger, A., Lefèvre-Dognin, C., & Cogné, M. (2022). A systematic review of treatments of post-concussion symptoms. *Journal of Clinical Medicine*, 11(20), 6224.
16. Rytter, H. M., Graff, H. J., Henriksen, H. K., Aaen, N., Hartvigsen, J., & Hoegh, M., et al. (2021). Nonpharmacological treatment of persistent postconcussion symptoms in adults: A

- systematic review and meta-analysis and guideline recommendation. *JAMA Network Open*, 4(11), e2132221.
17. Pertab, J. L., Merkley, T. L., Winiarski, H., Cramond, K. M. J., & Cramond, A. J. (2025). Concussion and the autonomic, immune, and endocrine systems: An introduction to the field and a treatment framework for persisting symptoms. *Journal of Personalized Medicine*, 15(1), 33.
  18. Department of Veterans Affairs & Department of Defense. (2021). Management and rehabilitation of post-acute mild traumatic brain injury (mTBI) [Clinical practice guideline]. Retrieved from
  19. Davis, L. L., & Hamner, M. B. (2024). Post-traumatic stress disorder: The role of the amygdala and potential therapeutic interventions - a review. *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1356563.
  20. Kredlow, M. A., Fenster, R. J., Laurent, E. S., Ressler, K. J., & Phelps, E. A. (2022). Prefrontal cortex, amygdala, and threat processing: Implications for PTSD. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 247-259.
  21. Ben-Zion, Z., Korem, N., Fine, N. B., Katz, S., Siddhanta, M., Funaro, M. C., ... & Harpaz-Rotem, I. (2024). Structural neuroimaging of hippocampus and amygdala subregions in posttraumatic stress disorder: A scoping review. *Biological Psychiatry: Global Open Science*, 4(1), 120-134.
  22. Ressler, K. J., Berretta, S., Bolshakov, V. Y., Rosso, I. M., Meloni, E. G., Rauch, S. L., & Carlezon, W. A. Jr. (2022). Post-traumatic stress disorder: Clinical and translational neuroscience from cells to circuits. *Nature Reviews Neurology*, 18(5), 273-288.
  23. American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed., text rev.). Washington, DC: APA Publishing.
  24. Van Etten, E. J., Knight, A. R., Colaizzi, T. A., et al. (2025). Peritraumatic context and long-term outcomes of concussion. *JAMA Network Open*, 8(1), e2455622.
  25. Traumatic Brain Injury Center of Excellence. (2023). Research Review: Mild Traumatic Brain Injury and Posttraumatic Stress Disorder. Defense Health Agency.
  26. Williams, T., Phillips, N. J., Stein, D. J., & Ipser, J. C. (2022). Pharmacotherapy for post-traumatic stress disorder (PTSD). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, CD002795.
  27. Stern, T. A., Matta, S. E., LaCroix, C., & Tanev, K. (2024). Pharmacologic management of the sequelae of traumatic brain injuries. *The Primary Care Companion for CNS Disorders*, 26(4), 23f03670.
  28. Department of Veterans Affairs & Department of Defense. (2023). VA/DoD Clinical Practice Guideline for the Management of Posttraumatic Stress Disorder and Acute Stress Disorder.
  29. National Institute for Health and Care Excellence. (2018). Post-traumatic stress disorder (NICE Guideline NG116). NICE.
  30. American Psychological Association. (2017). *Clinical Practice Guideline for the Treatment of PTSD in Adults*. APA.
  31. Katrinli, S., Oliveira, N. C. S., Felger, J. C., Michopoulos, V., & Smith, A. K. (2022). The role of the immune system in posttraumatic stress disorder. *Translational Psychiatry*, 12(1), 313.
  32. Lancel, M., van Marle, H. J. F., van Veen, M. M., & van Schagen, A. M. (2021). Disturbed sleep in PTSD: Thinking beyond nightmares. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 767760.
  33. Saccenti, D., Lodi, L., Moro, A. S., Scaini, S., Forresi, B., Lamanna, J., & Ferro, M. (2024). Novel approaches for the treatment of PTSD: A systematic review of non-invasive brain stimulation interventions and insights from clinical trials. *Brain Sciences*, 14(3), 210.
  34. Bayley, P. J., Schulz-Heik, R. J., Tang, J. S., Mathersul, D. C., Avery, T., Wong, M., Zeitzer, J. M., Rosen, C. S., Burn, A. S., Hernandez, B., Lazzeroni, L. C., & Seppälä, E. M. (2022). Randomised clinical non-inferiority trial of breathing-based meditation and cognitive processing therapy for symptoms of post-traumatic stress disorder in military veterans. *BMJ Open*, 12(8), e056609.
  35. Carlton, T. (2025). Evidence Integration Review of Multimodal Interventions for PTSD, Social Reintegration, and Economic Stability in Veterans. *Journal of Veterans Studies*, 11(2), 15-27.

36. Department of Veterans Affairs & Department of Defense. (2023). VA/DoD Clinical Practice Guideline for the Management of Posttraumatic Stress Disorder and Acute Stress Disorder (Version 4.0).
37. Goldberg, S. B., Riordan, K. M., Sun, S., Kearney, D. J., & Simpson, T. L. (2020). Efficacy and acceptability of mindfulness-based interventions for military veterans: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychosomatic Research*, 138, 110232.
38. Neylan, T. C., Muratore, L. A., Williams, C. L., et al. (2025). Group integrative exercise versus recovery class for veterans with posttraumatic stress disorder: A randomized clinical trial. *BMC Psychiatry*, 25, 185.
39. Raines, A. M., Clauss, K., Schafer, K. M., Shapiro, M. O., Houtsma, C., Boffa, J. W., Ennis, C. R., O'Neil, M. E., & Franklin, C. L. (2024). Cognitive processing therapy: A meta-analytic review among veterans and military personnel with PTSD. *Cognitive Therapy and Research*, 48(3), 361-370.
40. Shalev, A. Y., Cho, D., & Marmar, C. R. (2024). Neurobiology and treatment of posttraumatic stress disorder. *American Journal of Psychiatry*, 181(8), 705-719.
41. Yunitri, N., Chu, H., Kang, X. L., Wiratama, S., Lee, T., Chang, L., Liu, D., Kustanti, C. Y., Chiang, K., Chen, R., Tseng, P., & Chou, K. (2023). Comparative effectiveness of psychotherapies in adults with posttraumatic stress disorder: A network meta-analysis of randomised controlled trials. *Psychological Medicine*, 53, 6376-6388.
42. Zhang, H., Hu, Y., Yu, Y., Zhou, Z., Sun, Y., Qi, C., Yang, L., Xie, H., Zhang, J., & Zhu, H. (2025). The value of multimodal neuroimaging in the diagnosis and treatment of post-traumatic stress disorder: A narrative review. *Translational Psychiatry*, 15, 208.
43. Mortaheb, S., Filippini, M. M., Kaux, J.-F., Annen, J., Lejeune, N., Martens, G., Fuentes Calderón, M. A., Laureys, S., & Thibaut, A. (2021). Neurophysiological biomarkers of persistent post-concussive symptoms: A scoping review. *Frontiers in Neurology*, 12, 687197.
44. Mavroudis, I., Ciobica, A., Bejenariu, A. C., Dobrin, R. P., Apostu, M., Dobrin, I., & Bălmuș, I.-M. (2024). Cognitive impairment following mild traumatic brain injury (mTBI): A review. *Medicina*, 60(3), 380.
45. Kim, S. Y., Yeh, P.-H., Ollinger, J. M., Morris, H. D., Hood, M. N., Ho, V. B., & Choi, K. H. (2023). Military-related mild traumatic brain injury: Clinical characteristics, advanced neuroimaging, and molecular mechanisms. *Translational Psychiatry*, 13, 289.
46. McLaren, J., Fradera, A., & Cullen, B. (2025). The reliability and validity of brief cognitive screening tools used in traumatic brain injury: A systematic review. *Neuropsychological Rehabilitation*, 35(4), 837-862.
47. Chan, A., Ouyang, J., Nguyen, K., Jones, A., Basso, S., & Karasik, R. (2024). Traumatic brain injuries: A neuropsychological review. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 18, 1326115. (Огляд включає поширені нейропсихологічні тести, зокрема MoCA, Trail Making Test та Digit Span)
48. Pearson, R., Sheridan, C. A., Kang, K., Brown, A., Baham, M., Asarnow, R., Giza, C. C., & Choe, M. C. (2022). Post-concussive orthostatic tachycardia is distinct from postural orthostatic tachycardia syndrome (POTS) in children and adolescents. *Child Neurology Open*, 9, 2329048X221082753.
49. Pertab, J. L., Merkle, T. L., Winiarski, H., Cramond, K. M. J., & Cramond, A. J. (2025). Concussion and the autonomic, immune, and endocrine systems: An introduction to the field and a treatment framework for persisting symptoms. *Journal of Personalized Medicine*, 15(1), 33.
50. Panossian, A., Lemerond, T., & Efferth, T. (2025). Adaptogens in long-lasting brain fatigue: An insight from systems biology and network pharmacology. *Pharmaceuticals*, 18(2), 261.
51. Kan, R. L. D., Zhang, B. B. B., Zhang, J. J. Q., & Kranz, G. S. (2020). Non-invasive brain stimulation for posttraumatic stress disorder: A systematic review and meta-analysis. *Translational Psychiatry*, 10(1), 168.
52. Xie, L., Hu, P., Guo, Z., Chen, M., Wang, X., Du, X., ... & Liu, S. (2024). Immediate and long-term efficacy of transcranial direct current stimulation (tDCS) in obsessive-compulsive disorder, posttraumatic stress disorder and anxiety disorders: A systematic review and meta-analysis. *Translational Psychiatry*, 14, 343.

53. Stilling, J., Paxman, E., Mercier, L., Gan, L. S., Wang, M., Amoozegar, F., Dukelow, S. P., Monchi, O., & Debert, C. (2020). Treatment of persistent post-traumatic headache and post-concussion symptoms using repetitive transcranial magnetic stimulation: A pilot, double-blind, randomized controlled trial. *Journal of Neurotrauma*, 37(2), 312-323.
54. Babakhanyan, I., Sedigh, R., Remigio-Baker, R., Hungerford, L., & Bailie, J. M. (2024). Traumatic brain injury rehabilitation for warfighters with post-traumatic stress. *NeuroRehabilitation*, 55(3), 295-302.
55. Quatman-Yates, C. C., Hunter-Giordano, A., Shimamura, K. K., Landel, R., Alsalaheen, B. A., Hanke, T. A., & McCulloch, K. L. (2020). Physical therapy evaluation and treatment after concussion/mild traumatic brain injury [Clinical practice guideline]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 50(4), CPG1-CPG73.
56. Galeno, E., Pullano, E., Mourad, F., Galeoto, G., & Frontani, F. (2023). Effectiveness of vestibular rehabilitation after concussion: A systematic review of randomised controlled trial. *Healthcare (Basel)*, 11(1), 90.
57. David, E. A., & Shahnaz, N. (2025). Posturographic sensory ratios provide evidence for neuroplasticity after computerized vestibular rehabilitation therapy in a single group interventional trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 22(1), 81.
58. Rawliuk, T., Thrones, M., Cordingley, D. M., Cornish, S. M., & Greening, S. G. (2025). Promoting brain health and resilience: The effect of three types of acute exercise on affect, brain-derived neurotrophic factor and heart rate variability. *Behavioural Brain Research*, 493, 115675.
59. Callahan, C. E., Stoner, L., Zieff, G. H., & Register-Mihalik, J. K. (2023). The additive benefits of aerobic exercise and cognitive training postconcussion: Current clinical concepts. *Journal of Athletic Training*, 58(7-8), 602-610.
60. Hall, O. T., Teater, J., Rood, K. M., Phan, K. L., & Clauw, D. J. (2022). Central sensitization in opioid use disorder: A novel application of the American College of Rheumatology fibromyalgia survey criteria. *Pain Reports*, 7(4), e1016.
61. Verbrugge, J., Agten, A., Stevens, S., Vandenabeele, F., Roussel, N., Verbunt, J., Goossens, N., & Timmermans, A. (2023). High intensity training improves symptoms of central sensitization at six-month follow-up in persons with chronic nonspecific low back pain: Secondary analysis of a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 27(2), 100496.
62. Di Corrado, D., Francavilla, V. C., La Paglia, R., Parisi, M. C., Buscemi, A., & Coco, M. (2023). Short-term effects of specific sensorimotor training on postural assessment in healthy individuals: A pilot study with a randomized placebo-controlled trial. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(2), 46.
63. Blink.Pro. (2025). BLINK.PRO MED - multisensory reflex training device for neurorehabilitation. Blink.Pro (Medical Device Description).
64. Ross, E. A., Hines, R. B., Hoffmann, M., Jay, K., & Antonucci, M. M. (2023). Multi-Modal Neurorehabilitation for Persisting Post-Concussion Symptoms. *Neurotrauma Reports*, 4(1), 297-306. DOI: 10.1089/neur.2022.0081
65. Bisson, J. I., van Deursen, R., Hannigan, B., et al. (2020). Randomized controlled trial of multi-modular motion-assisted memory desensitization and reconsolidation (3MDR) for military veterans with treatment-resistant PTSD. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 142(2), 141-151. DOI: 10.1111/acps.13200
66. Knaust, T., Felhofer, A., Kothgassner, O. D., Höllmer, H., Gorzka, R. J., & Schulz, H. (2020). Virtual Trauma Interventions for the Treatment of Post-traumatic Stress Disorders: A Scoping Review. *Frontiers in Psychology*, 11, 562506. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.562506
67. DeGraba, T. J., Williams, K., Koffman, R., Bell, J. L., Pettit, W., Kelly, J. P., ... Pickett, T. C. (2021). Efficacy of an Interdisciplinary Intensive Outpatient Program in Treating Combat-Related Traumatic Brain Injury and Psychological Health Conditions. *Frontiers in Neurology*, 11, 580182. DOI: 10.3389/fneur.2021.580182
68. Remigio-Baker, R. A., Hungerford, L. D., Ettenhofer, M. L., Barnard, L. L., Babakhanyan, I., Ivins, B., ... Bailie, J. M. (2022). Presenting Symptoms as Prognostic Measures of Mental Health Recovery Among Service Members With Concussion. *Frontiers in Neurology*, 13,

1070676. DOI: 10.3389/fneur.2022.1070676
69. Harward, L. K., Lento, R., Teer, D., Samph, T., Parmenter, S., Bonvie, E., ... Tanev, K. (2024). Massed Treatment of PTSD, TBI, and Co-Occurring Conditions: The Home Base Intensive Outpatient Program for Military Veterans and Service Members. *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1387186. DOI: 10.3389/fpsyt.2024.1387186
70. Liu, J. J. W., Nazarov, A., Ein, N., Richardson, J. D., et al. (2025). Treating Posttraumatic Stress Disorder in Military Populations: A Meta-Analysis. *Journal of Clinical Psychiatry*, 86(2), e24r15571. DOI: 10.4088/JCP.24r15571
71. DeGraba, T. J., Williams, K., Koffman, R., Bell, J. L., Pettit, W., Kelly, J. P., ... Pickett, T. C. (2021). Interdisciplinary TBI Rehabilitation With Integrated Psychological Trauma Care for Service Members. *Frontiers in Neurology*, 11, 580182. DOI: 10.3389/fneur.2021.580182
72. Sizer, M. A., Acharya, B., & Banjara, D. (2025). Assessment of Mental and Physical Health Outcomes Over Time in an Integrated Care Setting. *BMC Health Services Research*, 25(1), XXX-XXX. DOI: 10.1186/s12913-025-09876-4