

В. В. Сухоруков, Л. П. Забродіна, Ю. В. Бовт, Н. М. Привалова, В. О. Коршняк
МІННО-ВИБУХОВА ЧЕРЕПНО-МОЗКОВА ТРАВМА: КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА
ЧИННИКІВ РИЗИКУ ТА РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ПЕРСПЕКТИВ
(огляд літератури)

V. V. Sukhorukov, L. P. Zabrodina, Yu. V. Bovt, N. M. Pryvalova, V. O. Korshniak
BLAST-RELATED TRAUMATIC BRAIN INJURY: A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF RISK FACTORS
AND REHABILITATION PERSPECTIVES
(review of the literature)

Ключові слова: черепно-мозкова травма; мінно-вибухова травма; чинники ризику; реабілітація

Keywords: traumatic brain injury; blast injury; risk factors; rehabilitation

У статті висвітлюється одна з найактуальніших проблем сучасної медицини в Україні — черепно-мозкова травма (ЧМТ) в умовах війни. Автори зосереджуються на мінно-вибухових ушкодженнях головного мозку, що мають складний, множинний характер і часто супроводжуються тяжкими наслідками. Особливу увагу приділено специфіці бойових ЧМТ, механізмам ураження, як-от ударна хвиля, баротравма, уламки, токсичний вплив та акустичні чинники. Розглянуто низку чинників, що впливають на перебіг і наслідки ЧМТ: генетичні поліморфізми (APOE, BDNF, COMT), преморбідні психічні стани, повторні травми, умови отримання травми (стрес, недосипання, вживання стимуляторів), військова культура, супутні психічні розлади (зокрема ПТСР) та вплив побутового насильства. Показано, що ці чинники суттєво модифікують відновлення та функціональний прогноз. Окрему увагу приділено нейродегенеративним процесам, віковим особливостям, а також сучасним діагностичним і терапевтичним підходам, серед яких — використання біомаркерів, нейровізуалізаційних методів, новітніх фармакологічних засобів та мініінвазивних втручань для лікування хронічної субдуральної гематоми. Підкреслено важливість індивідуального, мультифакторного підходу до лікування та реабілітації постраждалих.

This article addresses one of the most pressing issues in contemporary medicine in Ukraine — traumatic brain injury (TBI) in the context of war. The authors focus on blast-induced brain injuries, which are complex, multifaceted, and often associated with severe consequences. Particular attention is given to the specific characteristics of combat-related TBIs and the mechanisms of injury, including shock waves, barotrauma, shrapnel wounds, toxic exposure, and acoustic factors. The article explores a range of variables influencing the course and outcomes of TBI: genetic polymorphisms (APOE, BDNF, COMT), premorbid mental health conditions, recurrent injuries, situational factors at the time of trauma (e.g., stress, sleep deprivation, stimulant use), military culture, comorbid psychiatric disorders (especially PTSD), and the impact of domestic violence. These factors are shown to significantly affect recovery and functional prognosis. Special emphasis is placed on neurodegenerative processes, age-related aspects, and modern diagnostic and therapeutic approaches, including the use of biomarkers, neuroimaging techniques, novel pharmacological agents, and minimally invasive interventions for the treatment of chronic subdural hematoma. The article underscores the importance of an individualized, multifactorial approach to the treatment and rehabilitation of affected individuals.

У сучасних умовах повномасштабної війни в Україні черепно-мозкова травма (ЧМТ) набула особливого значення як одна з ключових проблем військової та цивільної медицини. Її частота різко збільшилася не лише серед військовослужбовців, а й серед мирного населення. На відміну від мирного часу, структура травм головного мозку суттєво трансформувалася, набувши бойового характеру з переважанням мінно-вибухових уражень. Такі травми часто мають поєднаний, множинний характер, супроводжуються високим ризиком ускладнень і потребують тривалого лікування в умовах інтенсивної терапії. Особливу загрозу становлять травми, спричинені вибуховою хвилею та уламковими пораненнями, які у понад 40 % випадків спричиняють середню або тяжку ступінь ушкодження з високим ризиком несприятливих наслідків. У суспільстві досі поширене некоректне

використання терміна «контузія», що фактично описує специфічну форму струсу мозку, зумовлену вибухом, із кумулятивною дією повторних епізодів [1—3].

З огляду на багатофакторний характер ЧМТ, зокрема генетичну схильність, преморбідні стани, фізичне й психологічне виснаження військових, актуальним є комплексне вивчення чинників, які впливають на перебіг, ускладнення та результати таких травм. Водночас збільшується потреба у вдосконаленні системи реабілітаційної допомоги для цієї категорії пацієнтів, з урахуванням специфіки сучасного воєнного конфлікту.

До основних механічних та фізіологічних чинників ураження при мінно-вибуховій травмі належать: ударна хвиля, дія високої температури й полум'я, уламки та вторинні снаряди, що вражають постраждалого, механотравма, спричинена падінням чи зіткненням із твердими об'єктами, баротравма внаслідок різких змін атмосферного тиску, токсичний вплив газоподібних продуктів вибуху, а також

акустична травма, пов'язана з надзвичайно гучними звуковими хвилями. Усі ці чинники діють одночасно або послідовно, часто в умовах обмеженого простору, підвищуючи ризик комплексного ураження організму, зокрема головного мозку [4].

Однак сучасна література все частіше наголошує, що на тяжкість і наслідки мінно-вибухової черепно-мозкової травми (МВЧМТ) впливають не лише безпосередні чинники під час вибуху, а й фонові особливості організму постраждалого — тобто ті, що діяли ще до моменту травми. До таких передтравматичних чинників насамперед належать генетичні особливості. Зокрема, виявлено зв'язок між поліморфізмами в низці генів і варіаціями в когнітивному відновленні, нейропластичності та загальному прогнозі після ЧМТ [3—8].

Наприклад, ген APOE, який кодує аполіпопротеїн E — білок, що бере участь у метаболізмі ліпідів і функціонуванні нейрональних мембран, — має алель $\epsilon 4$, який в окремих популяціях асоціюється з гіршими результатами після ЧМТ. Водночас дослідження показують суперечливі результати, що свідчить про можливу залежність ефекту цього алеля від конкретного генетичного або середовищного контексту [3; 9—14].

Інший важливий ген — COMT (катехол-О-метилтрансфераза) — відповідальний за метаболізм дофаміну й адреналіну. Наявність варіанта Val158Met може визначати ефективність когнітивної діяльності, а також психологічну адаптацію після травми: особи з цим варіантом демонструють кращі когнітивні показники після ЧМТ [3; 15—16]. Також значну роль відіграє поліморфізм гена BDNF (brain-derived neurotrophic factor), що регулює виживання нейронів і нейропластичність. Варіант Val66Met асоціюється з гіршими результатами як у пацієнтів із ЧМТ, так і в загальній популяції [3; 17].

Окрім генетичних, вагомими є й преморбідні психічні стани. Вони можуть суттєво модифікувати реакцію мозку на ураження, ускладнюючи когнітивне відновлення та погіршуючи якість життя. Наприклад, наявність депресії, тривожних розладів або ПТСР до моменту травми зменшує ймовірність повного одужання, знижує когнітивну гнучкість та адаптивність. Поздовжні дослідження показують, що пацієнти з психічними розладами в анамнезі демонструють гірші довгострокові результати, незалежно від тяжкості самої травми, зокрема вищу інвалідизацію та гіршу здатність до соціального функціонування [18—20].

Ще один потужний чинник — попередні травми голови, особливо не діагностовані або легкі за формою. Навіть субклінічні конкусії, які не були належно розпізнані, мають кумулятивний ефект: кожна наступна травма підвищує ризик виникнення хронічних нейродегенеративних змін. У воєнних умовах, де військові можуть багаторазово зазнавати впливу вибухових хвиль або брати участь у навчаннях з вибуховими речовинами, ці мікротравми часто залишаються поза увагою. Згодом вони можуть призвести до хронічної травматичної енцефалопатії — тяжкого стану, що супроводжується розладами

пам'яті, емоційними порушеннями, дезорієнтацією та навіть деменцією. Повноцінне оцінювання попередніх травм є складним завданням, особливо через обмежену обізнаність пацієнтів або бажання військовослужбовців не розголошувати симптоми, аби не бути відстороненими від служби [3; 21—26].

Отже, розуміння чинників, що діють до моменту травми, має принципове значення для прогнозування перебігу МВЧМТ та вибору ефективної терапевтичної стратегії. Поєднання генетичних особливостей, психічного стану та травм в анамнезі формує унікальний профіль вразливості кожного пацієнта, що потребує індивідуалізованого підходу до лікування й реабілітації.

Бойові дії та військова підготовка формують особливе середовище, в якому ЧМТ, зокрема МВЧМТ, виникає в умовах надзвичайного фізичного та психологічного навантаження [3; 27]. Однією з головних відмінностей військових травм є широке застосування саморобних вибухових пристроїв, які стали типовим знаряддям у сучасних конфліктах. Їхня непередбачуваність, різна потужність та поєднана дія ударної хвилі, уламків, теплового й токсичного впливу створюють специфічні механізми ураження, які іноді суттєво відрізняються від тих, що виникають в умовах мірного часу. Хоча механізми пошкодження мозку від вибухових та невибухових травм мають багато спільного — зокрема, аксональне ураження, ішемію, вторинні запальні процеси — унікальні характеристики первинного вибухового впливу (тобто виключно вибухова хвиля без додаткових чинників) досі недостатньо досліджені. Основною причиною цього є складність виокремлення чистих вибухових впливів без додаткових механічних або уламкових компонентів, а також невідповідність травми класифікації у науковій літературі. Брак контрольованих клінічних досліджень за участі осіб із ізольованим вибуховим ураженням істотно ускладнює вивчення саме цього типу ЧМТ [3; 28]. Проте, такі дослідження потрібні для розуміння специфіки патофізіологічних процесів, які можуть визначати довгострокові неврологічні наслідки.

Окрім безпосереднього вибухового впливу, значний вплив на перебіг ЧМТ у військовослужбовців справляють супутні фізіологічні та психоемоційні чинники. Постійна напруженість, недосипання, фізичне виснаження, емоційне перенавантаження та хронічний стрес — все це чинники, які рідко є в умовах мірного часу, але є типовими для бойового середовища [28]. Військові часто змушені підтримувати свою працездатність за допомогою стимуляторів — кофеїновмісних напоїв, жувальних гумок або енергетиків. Хоча вони визнані ефективними для короточасного підвищення уваги й бадьорості, надмірне чи хронічне їх використання може мати негативний вплив на центральну нервову систему, особливо у поєднанні з іншими стресовими чинниками. Не менш серйозним чинником є вплив багаторазових субконкусійних вибухів, які трапляються не лише в бою, а й під час тренувань, зокрема у сapers, інструкторів вибухотехніків та інших фахівців.

Навіть за відсутності явної клінічної симптоматики, повторні низькорівневі вибухи поступово завдають шкоди тканинам мозку, знижують його компенсаторну здатність та підвищують ризик кумулятивних неврологічних змін, які можуть проявитися через роки у вигляді когнітивного дефіциту, емоційної нестабільності, моторних порушень або деменції [3; 29; 30].

Ще один критично важливий аспект — це супутні захворювання, зокрема психічні розлади та зловживання психоактивними речовинами, які особливо поширені серед військових. У таких випадках клінічну картину ускладнює збіг деяких симптомів, зокрема посттравматичного стресового розладу (ПТСР) і постконкусійного синдрому (ПКС). Наприклад, симптоми, як-от порушення сну, зниження концентрації уваги, дратівливість, втома або тривожність, можуть однаково проявлятися як при ЧМТ, так і при ПТСР, що унеможливорює чітке визначення їхньої етіології без ретельної діагностики [3; 31—35].

Наукові дослідження дедалі частіше свідчать про те, що наявність коморбідних психічних станів (депресія, тривожність, зловживання алкоголем або наркотиками) не лише ускладнює перебіг ЧМТ, але й суттєво погіршує прогноз. Більше того, такі стани можуть мати симптоматику, яку помилково приписують наслідкам черепно-мозкової травми. Це потребує мультидисциплінарного підходу до лікування, де психіатрична оцінка та психотерапія мають бути невід'ємною частиною ведення пацієнтів з МВЧМТ [31—35]. Отже, ЧМТ у військових умовах — це не лише фізичне ураження мозку, але й складне поєднання психофізіологічних, соціальних і поведінкових чинників, які потребують системного вивчення та інтегрованої медичної допомоги.

Легка МВЧМТ, більш відома як струс головного мозку, є однією з найпоширеніших форм ураження в зоні бойових дій, що викликає дедалі більше занепокоєння через її потенційні довготривалі фізичні, психічні та когнітивні наслідки. Хоча за своєю природою її вважають менш небезпечною, ніж середньо- або тяжка ЧМТ, дослідження показують, що навіть легке ураження може призводити до стійких порушень, які істотно впливають на якість життя постраждалих. Водночас спостерігається суперечливість у науковій літературі, пов'язана з недостатньою узгодженістю підходів до вивчення взаємозв'язку легкої ЧМТ із супутніми розладами, зокрема психічного характеру, і їхніми довготривалими наслідками [36].

Наукові дослідження цього питання умовно поділяють на три основні аналітичні підходи, кожен із яких по-своєму інтерпретує причини, динаміку та клінічне значення постконкусійних станів. Перший підхід розглядає мінно-вибухову травму як ізольований чинник, тобто як самостійну причину довготривалих наслідків. Прихильники цього підходу вважають, що навіть без додаткових психічних або фізичних порушень легка ЧМТ сама собою може спричинити стійкі функціональні зміни. Відповідні дослідження фіксують наявність когнітивних, сенсорних або емоційних порушень через місяці

й навіть роки після первинної травми, що свідчить про можливий органічний характер ураження мозку навіть при легкому ступені ЧМТ [36].

Другий підхід фокусується на впливі супутніх психічних розладів, зокрема ПТСР. У таких дослідженнях наголошується, що багато симптомів, які раніше приписували легкій ЧМТ (порушення сну, тривожність, втома, погіршення пам'яті), насправді мають психогенне походження і є наслідком ПТСР або інших розладів, зумовлених стресовою подією. У цьому підході ЧМТ розглядають як фоновий, а не головний чинник, а її вплив на довготривалі наслідки визнають обмеженим без наявності коморбідних станів [36].

Третій підхід трактує ПТСР та інші супутні психічні порушення як прямий наслідок самої травми, вважаючи, що ЧМТ — навіть легка — може спровокувати або суттєво підвищити ризик розвитку ПТСР, депресії, тривожних розладів. Ці дослідження демонструють, що у пацієнтів з легкою ЧМТ в анамнезі частота психічних розладів є суттєво вищою, ніж у тих, хто не зазнав подібної травми. Особливо відзначається, що поєднання ЧМТ із супутніми порушеннями призводить до набагато гірших клінічних результатів, ніж кожне з цих порушень окремо — йдеться про синергічну дію травматичного й психологічного чинників [36].

Однак суперечливість висновків у цих підходах свідчить про складність уніфікованого трактування легкої МВЧМТ і нагальну потребу подальших досліджень. Не можна одночасно прийняти ідею про відсутність значущих наслідків при легкій ЧМТ та наявність тяжких хронічних порушень у тих самих пацієнтів. Схоже, що ключ до розв'язання цієї суперечності криється у контекстуальному аналізі травматичної ситуації. Наприклад, у когортному дослідженні Emily J. Van Etten (2025) встановлено, що легка ЧМТ, отримана в умовах перитравматичного стресу (тобто під час події, що супроводжується емоційною напругою, страхом, загрозою життю), має набагато гірші довготривалі наслідки. Пацієнти демонстрували вищу тяжкість ПТСР, більш виражені постконкусійні симптоми, а також вищий рівень інвалідизації, ніж пацієнти, які не зазнали впливу стресу. На основі цих спостережень автори запропонували інтегративну модель «перитравматичного каркасу» (*peritraumatic scaffolding*), згідно з якою стресове емоційне тло в момент травми може тимчасово дезорганізувати психологічні й фізіологічні процеси, що зазвичай забезпечують стійкість до травматичних подій. Цей «злам» системи адаптації й відновлення робить людину вразливішою до розвитку ПТСР та тривалих порушень, навіть якщо сама травма була фізично легкою [36].

Отже, легку МВЧМТ не можна розглядати лише як механічне ураження мозку; це комплексне явище, міцно пов'язане з емоційним фоном, контекстом травми, психічним станом постраждалого й іншими чинниками. Усвідомлення цього дає змогу формувати цілісні стратегії лікування, що враховують не лише фізичну реабілітацію, а й психоемоційну підтримку та соціальну інтеграцію пацієнтів.

Важливим аспектом, що значною мірою впливає на діагностику, лікування та прогноз МВЧМТ, є військова культура, яка формує специфічне ставлення військовослужбовців і ветеранів до власного здоров'я. Основні принципи армійської етики — самопожертва, неприйняття слабкості, підпорядкування інтересів особистості потребам колективу — сприяють тому, що звернення по медичну допомогу, особливо з приводу психічного здоров'я, часто сприймається як прояв поразки. Це призводить до заниженого рівня звітування про випадки ЧМТ, недооцінки симптомів і відтермінування лікування. Навіть після завершення служби ветерани продовжують дотримувати цих норм, що впливає на об'єктивну оцінку масштабів проблеми в медичній статистиці [3; 37].

Ситуацію ускладнює стигматизація психічних розладів у військовому середовищі: страх бути визнаним непридатним до служби або втратити авторитет серед побратимів часто змушує постраждалих ігнорувати симптоми тривожності, депресії чи посттравматичного стресового розладу. Аналогічно, випадки ЧМТ, отримані поза бойовими обставинами — наприклад, під час тренувань, занять спортом або внаслідок побутових конфліктів — можуть не розглядатися як значущі травми й залишатися поза медичним супроводом. Усе це створює системну проблему з недооцінкою реального впливу МВЧМТ у військовій популяції [37].

Окремо слід звернути увагу на проблему інтимного партнерського насильства (IPV), яка набуває особливого значення у випадку жінок-військовослужбовиць і ветеранок. У дослідженнях за участю ветеранок виявлено, що значна частина з них зазнавала ЧМТ саме внаслідок IPV. Жінки, які пережили такі травми, повідомляють про вищу частоту симптомів депресії, ПТСР, когнітивних розладів та оцінюють своє здоров'я гірше, ніж ті, хто зазнав лише фізичного насильства без ураження мозку. Це ще раз наголошує на необхідності врахування соціального контексту виникнення ЧМТ, зокрема фактів побутового насильства під час оцінювання стану пацієнта [3; 38; 39].

Старіння є додатковим ускладнювальним чинником для пацієнтів із ЧМТ. З віком ризик розвитку когнітивних порушень, як-от деменція або хвороба Альцгеймера, суттєво підвищується. Наявність ЧМТ, навіть легкої, прискорює запуск нейродегенеративних процесів, зокрема через активацію мікроглії, порушення метаболізму та мікроциркуляції в мозку. Крім того, літні пацієнти частіше мають хронічні соматичні захворювання (гіпертонія, цукровий діабет, порушення серцевого ритму), що ускладнює відновлення після травми. Вік також пов'язаний з анатомо-фізіологічними змінами мозку: атрофією, зниженням еластичності венозної системи, що робить людей більш вразливими до утворення хронічної субдуральної гематоми [40—42]. Сучасні дослідження вказують на те, що постконкусійний синдром має вікову та гендерну варіабельність. У молодших пацієнтів переважають хронічний головний біль, у старших — когнітивний спад, пов'язаний, зокрема, із носійством

алеля APOE ε4. Жінки також виявляють вищу частоту ПКС, що свідчить про нагальну потребу гендерно-і віково-специфічних підходів до діагностики й терапії ЧМТ [43; 44].

Особливу увагу останніми роками надають новітнім методам нейровізуалізації та біомаркерного моніторингу, які дають змогу виявляти ранні ознаки нейродегенерації після МВЧМТ. Наприклад, ALFF-аналіз функціональної МРТ у стані спокою, оцінка розширення периваскулярного простору (ePVS) та ALPS-індекс глімфатичної системи можуть стати вирішальними для прогнозування та моніторингу когнітивних розладів. У сфері лікування хронічних субдуральних гематом з'являються альтернативи хірургічному втручанню, зокрема емболізація середньої менінгеальної артерії та застосування статинів (аторвастатин). Ці підходи мають важливе значення, особливо для літніх пацієнтів і тих, хто живе в країнах із обмеженими медичними ресурсами. Водночас підвищується інтерес до фармакологічної терапії, спрямованої на підтримку когнітивного відновлення та зменшення нейрозапалення після ЧМТ. Сучасні дослідження демонструють перспективність застосування нейропротекторних та ноотропних засобів, які сприяють поліпшенню функціонального стану мозку, пришвидшують процеси відновлення та можуть зменшити ризик довготривалих когнітивних ускладнень [43—46].

Попри прогрес, слід визнати, що багато механізмів розвитку, перебігу й відновлення після МВЧМТ залишаються не визначеними. Відсутність чутливих і специфічних біомаркерів, обмеженість даних про довготривалий прогноз, варіабельність клінічної картини та залежність від індивідуального контексту створюють серйозні виклики. Усунення цих прогалин потребує міждисциплінарної співпраці, стандартизації дослідницьких протоколів, глобальних наукових ініціатив та адаптації доказової бази до реального клінічного середовища.

Підсумовуючи все вищесказане, можна стверджувати, що МВЧМТ є однією з найскладніших медичних і соціальних проблем воєнного часу, яка потребує особливої уваги як з боку фахівців охорони здоров'я, так і державної системи підтримки. Частота таких травм суттєво збільшилася, як серед військових, так і серед мирного населення, що зумовило трансформацію структури черепно-мозкових ушкоджень — на перший план виходять поєднані бойові травми з високим ризиком ускладнень та потребою в тривалому лікуванні й реабілітації. Перебіг та наслідки МВЧМТ зумовлені широким спектром чинників: генетичними поліморфізмами (APOE, COMT, BDNF), преморбідними психічними станами, повторними травмами, віком, виснаженням, а також соціальними та культурними особливостями військового середовища. Критично важливими залишаються психологічні аспекти, стигматизація психічних розладів, а також наявність коморбідних станів, включно з ПТСР та наслідками побутового насильства. Проблема ускладнюється старінням населення та специфічними

ризиками для літніх пацієнтів, а також суперечливи-ми даними щодо довготривалих наслідків МВЧМТ. У цьому контексті сучасні дослідження наголошують на важливості персоналізованого підходу: використання нейровізуалізаційних та біомолекулярних маркерів, розширення фармакотерапії та оптимізація реабілітаційних стратегій. Загалом, МВЧМТ — це складна, багатогранна патологія, що потребує міждисциплінарної взаємодії, індивідуалізованого ведення пацієнта та системного реформування медичної допомоги. Удосконалення підходів до лікування та відновлення постраждалих є одним із головних викликів і водночас обов'язком українського суспільства в умовах війни, що досі триває.

Список літератури / References

- Захист мозку з посттравматичними бойовими ушкодженнями / [Л. А. Дзяк, К. В. Мізякіна, О. О. Шульга, В. М. Сук] // Здоров'я України 21 сторіччя. 2023. № 5—6 (541—542). С. 32—33. Dziak L. A., Miziakina K. V., Shulha O. O., Suk V. M. [Protecting the brain with post-traumatic combat injuries]. *Zdorov'ia Ukrainy 21 storichchia [Health of Ukraine in the 21st century]*. https://health-ua.com/multimedia/userfiles/files/2023/ZU_5-6_2023/ZU_5-6_2023_32-33.pdf (In Ukrainian).
- Підходи до лікування струсу головного мозку від дії вибухової хвилі («контузії») є застарілими та вимагають змін / Пресцентр МОЗ України від 09.02.2024. *Approaches to the treatment of concussion from blast wave exposure ("concussion") are outdated and require changes* / Press Center of the Ministry of Health of Ukraine. 09.02.2024. <https://moz.gov.ua/article/news/pidhodi-do-likuvannja-strusu-golovnogo-mozku-vid-dii-vibuhovoi-hvili-kontuzii-e-zastarilimi-ta-vimagajut-zmin> (In Ukrainian).
- Bryden DW, Tilghman JI, Hinds SR 2nd. Blast-Related Traumatic Brain Injury: Current Concepts and Research Considerations. *J Exp Neurosci*. 2019 Sep 12;13:1179069519872213. 10.1177/1179069519872213.
- Селюк О. В. Черепно-мозкова травма в умовах сучасних військових конфліктів // Матеріали науково-практичної онлайн конференції: «Зміна погляду на лікування ЧМТ — єдиний підхід до здоров'я мозку». 06.12.2022. Seliuk O. V. Traumatic brain injury in the conditions of modern military conflicts. *Materials of the scientific and practical online conference: "Changing the view on the treatment of traumatic brain injury — a single approach to brain health"*. 06.12.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=hb7loBbQBw4> (In Ukrainian).
- Merritt VC, Lapira KM, Clark AL, et al. APOE-ε4 Genotype is Associated with Elevated Post-Concussion Symptoms in Military Veterans with a Remote History of Mild Traumatic Brain Injury. *Arch Clin Neuropsychol*. 2019;34(5):706-712. 10.1093/arclin/acy082
- Wang YJ, Chen KY, Kuo LN, et al. The association between BDNF Val66Met polymorphism and emotional symptoms after mild traumatic brain injury. *BMC Med Genet*. 2018;19:13. <https://doi.org/10.1186/s12881-017-0518-0>
- Willmott C, Withiel T, Ponsford J, Burke R. COMT Val158Met and cognitive and functional outcomes after traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2014;31:1507-1514. 10.1089/neu.2013.3308
- Davidson J, Cusimano MD, Bendena WG. Post-traumatic brain injury: genetic susceptibility to outcome. *Neuroscientist*. 2015;21:424-441. 10.1177/1073858414543150
- McFadyen C, Zeiler FA, Newcombe V, et al. Apolipoprotein E4 polymorphism and outcomes from traumatic brain injury: a living systematic review and meta-analysis [published online ahead of print April 23, 2019]. *J Neurotrauma*. 10.1089/neu.2018.6052
- Zhou W, Xu D, Peng X, Zhang Q, Jia J, Crutcher KA. Meta-analysis of APOE4 allele and outcome after traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2008;25:279-290. 10.1089/neu.2007.0489
- Ponsford J, McLaren A, Schonberger M, et al. The association between apolipoprotein E and traumatic brain injury severity and functional outcome in a rehabilitation sample. *J Neurotrauma*. 2011;28:1683-1692. <https://doi.org/10.1089/neu.2010.1623>
- Millar K, Nicoll JA, Thornhill S, Murray GD, Teasdale GM. Long term neuropsychological outcome after head injury: relation to APOE genotype. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2003;74:1047-1052. <https://doi.org/10.1136/jnnp.74.8.1047>
- Teasdale GM, Murray GD, Nicoll JA. The association between APOE epsilon4, age and outcome after head injury: a prospective cohort study. *Brain*. 2005;128:2556-2561. <https://doi.org/10.1093/brain/awh595>
- Chamelian L, Reis M, Feinstein A. Six-month recovery from mild to moderate traumatic brain injury: the role of APOE-epsilon4 allele. *Brain*. 2004;127:2621-2628. <https://doi.org/10.1093/brain/awh296>
- Chamelian L, Reis M, Feinstein A. Six-month recovery from mild to moderate traumatic brain injury: the role of APOE-epsilon4 allele. *Brain*. 2004;127:2621-2628. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2016.09.017>
- Winkler EA, Yue JK, Ferguson AR, et al. COMT Val(158) Met polymorphism is associated with post-traumatic stress disorder and functional outcome following mild traumatic brain injury. *J Clin Neurosci*. 2017;35:109-116. <https://doi.org/10.1007/s10048-015-0467-8>
- McAllister TW, Tyler AL, Flashman LA, et al. Polymorphisms in the brain-derived neurotrophic factor gene influence memory and processing speed one month after brain injury. *J Neurotrauma*. 2012;29:1111-1118. <https://doi.org/10.1089/neu.2011.1930>
- Lipsky RH, Sparling MB, Ryan LM, et al. Association of COMT Val158Met genotype with executive functioning following traumatic brain injury. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 2005;17:465-471. <https://doi.org/10.1176/jnp.17.4.465>
- Young L, Rule GT, Bocchieri RT, Walilko TJ, Burns JM, Ling G. When physics meets biology: low and high-velocity penetration, blunt impact, and blast injuries to the brain. *Front Neurol*. 2015;6:89. <https://doi.org/10.3389/fneur.2015.00089>
- Bertisch H, Satris G, Temkin N, Barber J, Manley GT. Rehabilitation trajectories and outcomes in individuals with mild traumatic brain injury and psychiatric histories: a TRACK-TBI Pilot study. *J Head Trauma Rehabil*. 2019;34:36-44. 10.1097/HTR.0000000000000399
- Lindquist LK, Love HC, Elbogen EB. Traumatic brain injury in Iraq and Afghanistan Veterans: new results from a national random sample study. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 2017;29:254-259. <https://doi.org/10.1176/appi.neuropsych.16050100>
- Yurgil KA, Barkauskas DA, Vasterling JJ, et al. Association between traumatic brain injury and risk of posttraumatic stress disorder in active-duty marines. *JAMA Psychiatry*. 2014;71:149-157. 10.1001/jamapsychiatry.2013.3080
- Bailes JE, Dashnaw ML, Petraglia AL, Turner RC. Cumulative effects of repetitive mild traumatic brain injury. *Prog Neurol Surg*. 2014;28:50-62. <https://doi.org/10.1159/000358765>
- Bailes JE, Petraglia AL, Omalu BI, Nauman E, Talavage T. Role of subconcussion in repetitive mild traumatic brain injury. *J Neurosurg*. 2013;119:1235-1245. <https://doi.org/10.3171/2013.7.JNS121822>

25. McKee AC, Stein TD, Kiernan PT, Alvarez VE. The neuropathology of chronic traumatic encephalopathy. *Brain Pathol.* 2015;25:350-364. <https://doi.org/10.1111/bpa.12248>
26. Nauman EA, Talavage TM. Subconcussive trauma. *Handb Clin Neurol.* 2018;158:245-255. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63954-7.00024-0>
27. Chapman JC, Diaz-Arrastia R. Military traumatic brain injury: a review. *Alzheimers Dement.* 2014;10:S97-S104. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2014.04.012>
28. Greer N, Sayer N, Koeller E, Velasquez T, Wilt TJ. Outcomes associated with blast versus nonblast-related traumatic brain injury in US military service members and veterans: a systematic review. *J Head Trauma Rehabil.* 2018;33:E16-E29. doi:10.1097/HTR.0000000000000304
29. McLellan TM, Riviere LA, Williams KW, McGurk D, Lieberman HR. Caffeine and energy drink use by combat arms soldiers in Afghanistan as a countermeasure for sleep loss and high operational demands. *Nutr Neurosci.* 2018;1-10. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2018.1443996>
30. Manchester J, Eshel I, Marion DW. The benefits and risks of energy drinks in young adults and military service members. *Mil Med.* 2017;182:e1726-e1733. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-16-00339>
31. Iverson KM, Hendricks AM, Kimerling R, et al. Psychiatric diagnoses and neurobehavioral symptom severity among OEF/OIF VA patients with deployment-related traumatic brain injury: a gender comparison. *Womens Health Issues.* 2011;21:S210-S217. <https://doi.org/10.1016/j.whi.2011.04.019>
32. Bryden, Daniel W., Jessica I. Tilghman, and Sidney R. Hinds. Blast-related traumatic brain injury: current concepts and research considerations. *Journal of experimental neuroscience* 13 (2019): 1179069519872213. <https://doi.org/10.1177/1179069519872213>.
33. Isokuortti H, Iverson GL, Kataja A, Brander A, Ohman J, Luoto TM. Who gets head trauma or recruited in mild traumatic brain injury research? *J Neurotrauma.* 2016;33:232-241. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.3888>
34. Broshek DK, De Marco AP, Freeman JR. A review of post-concussion syndrome and psychological factors associated with concussion. *Brain Inj.* 2015;29:228-237. doi:10.3109/02699052.2014.974674
35. Howe LL. Giving context to post-deployment post-concussive-like symptoms: blast-related potential mild traumatic brain injury and comorbidities. *Clin Neuropsychol.* 2009;23:1315-1337. <https://doi.org/10.1080/13854040903266928>
36. Van Etten EJ, Knight AR, Colaizzi TA, et al. Peritraumatic Context and Long-Term Outcomes of Concussion. *JAMA Netw Open.* 2025;8(1):e2455622. doi:10.1001/jamanet-workopen.2024.55622
37. Armistead-Jehle P, Soble JR, Cooper DB, Belanger HG. Unique aspects of traumatic brain injury in military and Veteran populations. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2017;28:323-337. doi:10.1016/j.pmr.2016.12.008
38. Zhou W, Xu D, Peng X, Zhang Q, Jia J, Crutcher KA. Meta-analysis of APOE4 allele and outcome after traumatic brain injury. *J Neurotrauma.* 2008;25:279-290.
39. Ponsford J, McLaren A, Schonberger M, et al. The association between apolipoprotein E and traumatic brain injury severity and functional outcome in a rehabilitation sample. *J Neurotrauma.* 2011;28:1683-1692. <https://doi.org/10.1089/neu.2010.1623>
40. Ziebell JM, Rowe RK, Muccigrosso MM, et al. Aging with a traumatic brain injury: could behavioral morbidities and endocrine symptoms be influenced by microglial priming. *Brain Behav Immun.* 2017;59:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2016.03.008>
41. Johnson VE, Stewart W. Traumatic brain injury: age at injury influences dementia risk after TBI. *Nat Rev Neurol.* 2015;11:128-130. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2014.241>
42. Kannus P, Palvanen M, Niemi S, et al. Increasing number and incidence of fall-induced severe head injuries in older adults: nationwide statistics in Finland in 1970-1995 and prediction for the future. *Am J Epidemiol.* 1999;149: 143-150. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009780>
43. McFadyen C, Zeiler FA, Newcombe V, et al. Apolipoprotein E4 polymorphism and outcomes from traumatic brain injury: a living systematic review and meta-analysis [published online ahead of print April 23, 2019]. *J Neurotrauma.* doi:10.1089/neu.2018.6052. <https://doi.org/10.1089/neu.2018.6052>
44. Zhou W, Xu D, Peng X, Zhang Q, Jia J, Crutcher KA. Meta-analysis of APOE4 allele and outcome after traumatic brain injury. *J Neurotrauma.* 2008;25:279-290. <https://doi.org/10.1089/neu.2007.0489>
45. Liu T, Ma L, Chen Y, Jiang R. Editorial: Neurodegeneration and cognitive impairment after traumatic brain injury. *Front Neurosci.* 2025;19:1552527. Published 2025 Jan 29. doi:10.3389/fnins.2025.1552527
46. Jiang W, Liu X, Chen Y, et al. CD4⁺ CD11b⁺ T cells infiltrate and aggravate the traumatic brain injury depending on brain-to-cervical lymph node signaling. *CNS Neurosci. Ther.* 2024;30 (3):e14673. doi:10.1111/cns.14673

Надійшла до редакції 7.07.2025

Відомості про авторів:

СУХОРИКОВ Віктор Вікторович, кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділу*; e-mail: vicvicci85@gmail.com

ЗАБРОДІНА Людмила Петрівна, кандидат біологічних наук, завідувач відділу*; e-mail: inpn_zabrodina@ukr.net

БОВТ Юлія Вікторівна, кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник відділу*; e-mail: inpn_bovt@ukr.net

ПРИВАЛОВА Наталія Миколаївна, кандидат психологічних наук, старший науковий співробітник відділу*; e-mail: npryvalova@gmail.com

КОРШНЯК Володимир Олексійович, доктор медичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу*; e-mail: korshnyak.doc@gmail.com

* — відділ медицини сну Державної установи «Інститут неврології, психіатрії та наркології імені П. В. Волошина Національної академії медичних наук України», м. Харків, Україна

Information about the authors:

SUKHORUKOV Viktor, MD, PhD, Senior Researcher*; e-mail: vicvicci85@gmail.com

ZABRODINA Liudmyla, PhD in Biological Sciences, Head*; e-mail: inpn_zabrodina@ukr.net

BOVT Yuliia, MD, PhD, Leading Researcher*; e-mail: inpn_bovt@ukr.net

PRYVALOVA Nataliya, PhD in Psychological Sciences, Senior Researcher*; e-mail: npryvalova@gmail.com

KORSHNIAK Volodymyr, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher*; e-mail: korshnyak.doc@gmail.com

** — of the Sleep Medicine Department of the State Institution "P.V. Voloshyn Institute of Neurology, Psychiatry and Narcology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, Ukraine