

## Військова холодова травма

Кравець О.В., Єхалов В.В., Кріштафор Д.А.

Дніпровський державний медичний університет

Військова підготовка та бойові операції вимагають постійного акцентування уваги на запобіганні руйнуючої дії холоду на організм та дотримання відповідних політик і процедур для захисту військовослужбовців від холодкових травм [1]. Ефективніші, ніж у ворога, стратегії керування в умовах низьких температур можуть забезпечити оперативні тактичні переваги [2]. Холодову травму поділяють на системну (загальну) та місцеву, а локальне ушкодження – на замерзаюче (*freezing cold injury, FCI*) та незамерзаюче (*non-freezing cold injury, NFCI*). Загальне холодове ураження зазвичай класифікується відповідно до центральної температури тіла ( $T_{co}$ ), а місцеве – до глибини ураження тканин [3].

**Загальне переохолодження організму (ЗПО)** виникає в результаті зовнішньої тимчасової дії холоду на організм з декомпенсацією терморегуляції та центральною гіпотермією. У сучасній війні близько 10% поранених військових надходять до лікувального закладу з певним ступенем ЗПО.

Військова діяльність пов'язана зі специфічними факторами ризику виникнення ЗПО. При довготривалому перебуванні на відкритому повітрі за низької температури при зростанні температурного градієнту між тілом і зовнішнім середовищем тепловіддача шляхом конвекції та проведення лінійно збільшується, особливо якщо вплив холоду періодично повторюється. При високій вологості втрачаються ізолюючі властивості самого повітря та збільшується швидкість охолодження шкіри за рахунок випаровування. Вологі одяг та взуття спричиняють 20-кратне збільшення втрат тепла. У вітряну погоду кожні додаткові 4,5 м/с відповідають зниженню температури на 1 °C [4, 5].

Тепловтрати за рахунок інфрачервоного випромінювання з хвилями довжиною близько 760 нм значно зростають при знаходженні організму на невеликій відстані від масивних високотеплоємних об'єктів (металевих елементів бронетехніки, бетону, промерзлого ґрунту, криги, води низької температури тощо), тепловіддача значно зростає при наближенні до їх поверхні на відстань до 1 метра, особливо при безпосередньому контакті.

До зниження термогенезу призводять депривація сну, крайній ступень фізичного перенавантаження, тютюнопаління, дегідратація, негативний енергетичний баланс та вимушена статична поза (вартування, засідка, знаходження у кабінах транспортних засобів і невеликих відсіках бойових укріплень, сховищах тощо) навіть при короткочасному впливі холоду [5-9]. Центральна температура в жінок-військових знижується швидше, ніж у

чоловіків [10]. Комбатанти країн Африки та Карибського басейну в два-чотири рази частіше зазнають холодних травм через їхню специфічну реакцію на холод [6].

ЗПО при пораненнях є вторинним до механічної травми та являє собою ізольований фактор ризику із високою смертністю. Травматичний шок та пошкодження спинного мозку дестабілюють терморегуляційні процеси, тому поранені більш схильні до ЗПО [11, 12].

*Холодовий стрес* ( $T_{co} > 35,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) – гостра або хронічна психофізіологічна реакція організму на холодні умови, коли втрати тепла більші або дорівнюють тепловому балансу, який підтримується за рахунок фізіологічного напруження. Стан майже завжди компенсований, зберігається здатність до самопомоги. Доцільно застосовувати зовнішнє пасивне та ендогенне спонтанне зігрівання. Рекомендовані активні рухи, помірне фізичне навантаження. У більшості випадків цей стан не вимагає специфічного лікування [13].

*Легке переохолодження* ( $T_{co} = 32 - 35 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). При  $T_{co}$  до  $\leq 33 \text{ } ^\circ\text{C}$  та нижче функції центральної нервової системи не страждають. Початковими клінічними симптомами є відчуття втоми та голоду, нудота, запаморочення, психічна депресія, дискоординація, атаксія, амнезія, пригнічення критичного мислення, сонливість, відсутність відчуття спраги. Постраждалі здаються дезорієнтованими, мова нерозбірлива, дизартрична, можливі галюцинації теплих умов, що інколи супроводжується афективними вчинками [14-16]. Виникає гіперрефлексія, яка згодом змінюється на гіпорефлексію. Інколи постраждалий приймає позу навпочіпки [17]. Виникають гіпервентиляційний синдром спокою та «холодовий» діурез. Механізм збереження та іррадіації тепла полягає у координації переднім гіпоталамусом термогенезу без тремтіння, а заднім – із тремтінням [18]. Зростає шлункова та кишкова секреція, посилюється перистальтика та виникає діарея [19].

*Помірне переохолодження* ( $T_{co} = 28 - 32 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). Рівні пригнічення свідомості від сомноленції до коми. Виникає порушення сприйняття, хибні відчуття (як перцептивного стимулу), дезорганізоване марення та ретроградна амнезія. Здебільшого потерпілі втрачають свідомість при зниженні  $T_{co}$  до  $30 - 26 \text{ } ^\circ\text{C}$  [20]. Зменшується хвилинна вентиляція легень, виникає поверхневе брадипное (5 – 10 вдихів на 1 хв.) [17, 20]. Можливий розвиток гострого респіраторного дистрес-синдрому [21]. Напади миготливої аритмії часто спостерігаються при  $T_{co} < 32 \text{ } ^\circ\text{C}$  [11]. Зубець *J* («хвиля Осборна», «гіпотермічний горб», «гачок для капелюха») візуалізується у *II* та *V6* відведеннях на ранній фазі реполяризації шлуночків на межі комплексу *QRS* та сегменту *ST* [13, 23]. Сечовий міхур переповнений. Тремтіння припиняється при температурі ядра  $< 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ , тоді гіпотермія стрімко поглиблюється [24, 25], що пов'язано з негативним прогнозом [26]; виникає м'язова ригідність [17], глибокі сухожилкові рефлексії випадають [27]. Перистальтика кишківника пригальмовується, і виникає кишкова непрохідність за динамічним типом (паралітичний ілеус) [17].

*Важке переохолодження ( $T_{co} < 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).* Спостерігається міоз, реакція зіниць на світло надто млява, енофтальм та звуження окової щілини, повіки здебільшого до кінця не змикаються. Глибокі сухожилкові та стовбурові рефлекси значно пригнічені. Арефлексія виникає при  $T_{co} < 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Окуломоторні та сухожилкові рефлекси не викликаються при  $T_{co} \leq 27\text{ }^{\circ}\text{C}$  [17, 20]. Виникають геміпарези, холодова полінейропатія та міоневральний блок. Надшлуночкові аритмії виникають з причини уповільнення шлуночкової реакції та передують шлуночковим аритміям або асистолії при  $T_{co} < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  [17, 20]. При центральній температурі  $\leq 28\text{ }^{\circ}\text{C}$  щонайменше у половини постраждалих виникає брадикардія. Брадикардію спричиняє сповільнення спонтанної поляризації клітин водія ритму, тому вона не піддається дії атропіну. Паралельно зменшенню базальної температури поступово зменшуються серцевий викид та середній артеріальний тиск, доки не відбудеться зупинка кровообігу за типом асистолії або фібриляції шлуночків (ФШ) [20]. При  $T_{co} \leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  брадикардія прогресує до частоти близько 10 ударів на 1 хвилину [28]. При  $T_{co} \leq 27\text{ }^{\circ}\text{C}$  небезпека ФШ значно збільшується. Її виникнення може спровокувати різка зміна положення тіла [24]. Розвивається брадипное: частота дихальних рухів при  $T_{co} \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  складає 7-15 вдихів на хвилину, при  $T_{co} \leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  може знизитися до 4–7 внаслідок депресії функцій стовбура мозку; виникають патологічні ритми дихання типу Чейн-Стокса, гаспінгу або апнейзису [24, 27]. Дебютують характерні судомні скорочення з підвищенням тону м'язів. Положення верхніх кінцівок фіксується у вигляді згинальної судомної контрактури, насильницькі спроби їх розгинання зустрічаються з опором і руки одразу повертаються до стану згинання. Ноги зазвичай напівзігнуті, рідше бувають розігнутими.

*Глибоке переохолодження ( $T_{co} < 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).* Вкрай важка ступінь переохолодження, мінімальні ознаки вітальних функцій або клінічна смерть. При  $T_{co} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  припиняється ауторегуляція мозкового кровотоку, споживання кисню головним мозком зменшується вчетверо [15, 29, 30]. Термінальна кома розвивається при  $T_{co} \leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  з повною відсутністю електричної активності мозку, а на електроенцефалограмі реєструється ізолінія аналогічна мозковій смерті [27]. Внаслідок ішемії, підвищеної адренергічної активності та електролітних порушень розвивається сенсibiliзація до катехоламінів та збільшення подразливості міокарду [17].  $T_{co} \leq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  характеризується найвищим ризиком розвитку ФШ та асистолії [24]. Асистолія при  $T_{co} < 23\text{ }^{\circ}\text{C}$  є підставою до вкрай негативного прогнозу [13].

Сечовий міхур повністю втрачає здатність скорочуватися. При  $T_{co} 20 - 24\text{ }^{\circ}\text{C}$  спостерігається дихальна депресія, гіперкарбія та гіпоксія, які на цей момент втрачають свою здатність до стимуляції дихального центру довгастого мозку. Інші розлади респіраторної системи характеризуються вимиканням дренажної функції війчастого епітелію, різким обмеженням еластичної піддатливості легенів та каркасу грудної клітини [27, 31].

*Незворотне переохолодження.* Смерть настає внаслідок незворотної гіпотермії ( $T_{co} < 13,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). При центральній температурі  $+10 \text{ } ^\circ\text{C}$  кровообіг цілком припиняється [32]. При значній гіпотермії найчастішим варіантом зупинки кровообігу є асистолія, а в процесі відігрівання здебільшого розвивається ФШ [17].

«Смертельна триада» («порочне криваве коло») у поранених обумовлена гіпотермією, коагулопатією та ацидозом, і супроводжується при ЗПО летальністю до 90% [13, 33].

ЗПО має значний вплив на «тріаду смерті», враховуючи новітні дані, які стверджують, що порогова температура тіла в  $36,2 \text{ } ^\circ\text{C}$  є дійсною точкою для смертельного ризику. Це суперечить попереднім дослідженням, які зазвичай сприймали  $35 \text{ } ^\circ\text{C}$  як поріг визначення гіпотермії. Інтерпретуючи це серед військового особового складу, зроблено висновок, що раннє, більш агресивне втручання є обов'язковим, щоб запобігти наслідкам гіпотермії до того, як  $T_{co}$  постраждалого досягне традиційних пов'язаних з гіпотермією  $35 \text{ } ^\circ\text{C}$  [34, 35].

Лікування гіпотермії в поранених займає центральне місце в світовій практиці медико-тактичних операцій. У той час як воєнно-медична система MARCH (масивна кровотеча, дихальні шляхи, дихання, кровообіг, гіпотермія та травма голови) є практично-доказовим процесом, військові медики Аляски виступають за перевизначення гіпотермії як другого пріоритету [34, 35].

### ***Діагностично-лікувальна тактика***

Військова медицина має зосередити свою увагу на догоспітальній допомозі, оскільки більшість смертей, яким можна запобігти, трапляються до того, як поранені досягають госпітальної бази [35].

Оцінюється стан потерпілого покроково за системою ABCDE. До найперших заходів належать запобігання подальшому охолодженню: захист від вітру та дощу, ізоляція пораненого від холодного ґрунту карематом, зняття мокрого одягу. Якщо дія холоду продовжується або немає чим замінити одяг, доцільно обмежитися обгортанням поверх мокрого одягу паронепроникними матеріалами. Важливо накрити голову та шию пораненого [6, 20]. Доцільно стабілізувати шийний відділ хребта комірцем Шанця або шиною Єланського. Ректальну термометрію недоцільно виконувати до того моменту, коли холодний вплив буде припинено [20, 24]. Заборонено використання прямого тепла (відкритого вогню, нагрівальних ламп, гарячої води). Постраждалим у свідомості надається тепле пиття (без вмісту кофеїну), палити забороняється [13, 24]. За можливості треба як можна раніше почати відігрівання. Хоча зараз визнано, що зігрівання на догоспітальному етапі є безпечним і корисним, особливо для пацієнтів із гіпотермією, які не тремтять, жодна комбінація ізоляції та обігріву не є кращою за інші. Однак сучасні прилади для зовнішнього

зігрівання пацієнта є багатообіцяючими, а підігрівачі рідин з батарейним живленням є практичними пристроями для підігріву внутрішньовенних середовищ перед інфузією [36].

### Методи зігрівання при ЗПО

*Ендогенне спонтанне зігрівання* реалізується внаслідок тремтіння та виконання фізичних вправ, коли активується внутрішня теплопродукція [13].

*Зовнішнє пасивне зігрівання* використовується при гіпотермії легкого ступеню, при збереженому дрижальному термогенезі: ізоляція потерпілого від впливу холоду ковдрою з тепловідбиваючими шарами типу «Blizzard» та ін. Міжнародними рекомендації пропонується постраждалих з гіпотермією загортати в декілька шарів ізоляції, яка служить індивідуальним цілям [7]. Одним з рекомендованих шарів є пароізоляція, що не пропускає вологу [37]. Сучасні рятувальні плавальні жилети оснащені підголівниками для запобігання охолодженню мозочка [20, 33].

*Зовнішнє активне зігрівання* проводиться за відсутності м'язового дрижання з моменту повної ізоляції від впливу холоду (ковдри та матраци з електропідігрівом). До моменту госпіталізації є доцільним використання пакетів із теплою водою в проекціях магістральних судин у пахвинних, пахвових та шийних ділянках [13, 24, 38]. При  $T_{co} = 28 - 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$  засоби активного зовнішнього відігрівання слід прикладати не до кінцівок, а до тулуба постраждалого [26, 39].

У виключних випадках, лише за наявності відповідних практичних навичок та вмінь при прогнозованій довготривалості періоду транспортування, можна проводити відігрівання у теплій ванні при початковій температурі води  $22 - 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , з поступим збільшенням до  $37 - 39 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для військових наразі розроблений та рекомендований ТССС спеціальний комплект «NARP Hypothermia Prevention & Management Kit», який має самонагрівальну чотирьохсекційну оболонку [20, 33]. Відігрівання повинно здійснюватися до досягнення  $T_{co} + 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Термін процедури в середньому складає півтори години, але у випадках невідновлення свідомості при центральній температурі у  $33 - 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$  процес потрібно призупинити, покладаючись на церебропротекторний ефект холоду. Досить ефективними є системи активного конвекційного обігріву зігрівальними ковдрами. Такі методи дозволяють підвищувати  $T_{co}$  на  $1 - 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  на годину. Деякі з цих систем сумісні із касетами для підігрівання крові та рідин [15, 30].

*Внутрішнє активне екзогенне зігрівання* здійснюється комбінацією неінвазивних та інвазивних методів при тяжкому ЗПО та включає внутрішньовенне вливання інфузійних середовищ підігрітих до  $38 - 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$  у об'ємному дозуванні від 10 до 20 мл/кг маси тіла постраждалого [11, 24], що здатне забезпечувати щогодинне зростання базальної температури на  $1,3 - 2,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Значний об'єм тепла втрачається через відсутність фізіологічного зігрівання вдихуваного повітря після інтубації трахеї в умовах низької температури довкілля [34]. Використання інгаляційного зігрівання зволоженим повітрям або киснем температурою у 40 – 41 °С масковим або ендотрахеальним методом у тремтячих пацієнтів супроводжується помірною зігрівальною ефективністю, а у недрижачого постраждалого парадоксально розвивається дефіцит тепла. Але ця процедура здатна зменшувати тепловтрати та пришвидшувати щогодинне зігрівання на 1 – 1,5 °С [13, 24, 38]. У польових умовах з метою зігрівання вдихуваного повітря застосовують вугільний нагрівач, який складається із камери згоряння, внутрішнього вентилятора, каністри з брикетом вугільного палива та розгалуженої системи виведення тепла. Вивідний шланг нагрівача розміщують під ізоляційним шаром [33, 39]. Як альтернатива інгаляції нагрітого атмосферного повітря застосовуються прилади, відомі як «маленький дракон» або «тепловий парашут», які за рахунок хімічної реакції між вуглекислим газом та медичною каустичною содою здатні нагрівати та зволожувати кисень або повітря на протязі 5 год до температури у 42 °С в об'ємі до 10 л/хв [13].

*Лаваж кишківника, шлунку і сечового міхура* здійснюється розчинами, підігрітими до 40 °С, і забезпечує повільне щогодинне збільшення центральної температури на 1 – 1,5 °С [11].

*Перитонеальний діаліз* проводиться ізотонічною рідиною для діалізу, яка нагрівається до температури 40 °С. При стабільному стані метод використовувати недоцільно. Бікатетерні системи з вихідним відсмоктувачем мають щогодинну продуктивність до 10 літрів, що пришвидшує зігрівання до 1 – 7 °С на годину. Після збільшення ректальної температури до 33 – 34 °С процедуру доцільно припинити [40].

*Медіастинальний лаваж*. фізіологічним розчином температурою у 40 °С сприяє швидкому поновленню центральної температури, проте інвазивність та ризик ускладнень методу обмежує його використання найважчими випадками (гіпотермічна зупинка серця, відсутність ефективності інших способів зігрівання, повне відмороження кінцівок, рабдоміоліз та електролітні порушення).

*Інтраплевральний лаваж* фізіологічним розчином натрію хлориду при температурі 40 °С застосовують у постраждалих із зупинкою кровообігу при ЗПО.

*Гемодіаліз*: термоелементи пристрою здебільшого відкалібровані на +36,6 °С. Продуктивність цього методу досягає 250 мл на 1 хвилину, що здатне забезпечити щогодинне збільшення центральної температури на 2 – 3 °С [13, 20, 41-43].

*Серцево-легеневе шунтування* буває повним та частковим. Даний метод застосовують лише у найбільш тяжких випадках, коли постраждалі не мають протипоказань (політравма та

відмороження чотирьох або більше фрагментів організму). Застосування методу здатне підвищувати базальну температуру на 1 – 2 °C кожні п'ять хвилин [20, 41].

*Система екстракорпоральної циркуляції* включає контур: центральна вена – аорта, венозний резервуар, насос для переміщення крові до мембранного оксигенатора, теплообмінник та фільтр для домішок перед поверненням до аорти. Центральна температура кожні 5 хвилин підвищується на 1 – 2 °C [20, 41].

*Екстракорпоральна мембранна оксигенація (ЕКМО)* є ідеальним варіантом при зупинці кровообігу, оскільки забезпечує відігрівання, підтримання кровообігу та оксигенацію. Теплообмінники здатні щогодинно збільшувати центральну температуру на 7 – 10 °C. Проте цей метод є малодоступним та проводиться спеціально підготованим медичним персоналом на тлі системної гепаринізації [13, 20].

Середня швидкість підвищення центральної температури при зігріванні за допомогою неінвазивних методів близько 1 °C на 1 годину, а інвазивних – до 2 °C/год та більше [38].

#### Небезпеки загального відігрівання організму

Використання теплої ванни або душа здатне спричинити різке зниження артеріального тиску навіть при помірному ЗПО, тому такий зігрівальний метод є доцільним лише в пацієнтів у стані холодового стресу та легкого переохолодження [24]. «Зігрівальний шок» є смертельним порушенням кровообігу, і досить часто розвивається у постраждалих з ЗПО при повторному або надто активному зігріванні через різке розширення периферичних судин. Феномен *«afterdrop»* (вторинне зниження *T<sub>co</sub>*) характеризується продовженням зниження *T<sub>co</sub>* навіть після ізоляції постраждалого від холодового впливу, відбувається внаслідок тепловтрати від теплішого «ядра» до значно холодніших тканин «оболонки» та внаслідок зростання відтоку від холодніших тканин з наступним поверненням до центрального кровообігу та серця, тому фізичну активність постраждалих обмежують [13, 24].

#### Медикаментозне лікування

Показана оксигенотерапія. При цьому необхідно уникати надання холодного кисню (не тримати газові балони на снігу та мерзлому ґрунті) [20]. Аритмії при ЗПО практично не піддаються лікуванню антиаритмічними препаратами, але після поновлення центральної температури минають самостійно; стійкі до атропіну брадикардії також зникають. Призначення серцевих глікозидів протипоказане. Інотропна терапія при гіпотензії внаслідок ЗПО недостатньо ефективна. В окремих випадках певний позитивний ефект має введення добутаміну у невеликих дозах, коли гіпотензія після відновлення ОЦК зберігається та не є відповідною *T<sub>co</sub>* [13, 19, 20].

При судомному синдромі призначаються натрію оксидутират (20% розчин) або діазепам (0,5% розчин). Доцільним є моніторинг значень рівнів глюкози, калію та *pH* [39]. Гіпотермічні пацієнти з гіпоглікемією потребують внутрішньовенного введення концентрованих розчинів глюкози [20, 24]. У процесі зігрівання, коли чутливість до інсуліну швидко зростає, може розвинутися гіпоглікемія, а дози інсуліну повинні бути зменшені [44]. Коагулопатії здебільшого минають самостійно при відновленні *Tco* і спеціального втручання не потребують. При наявності рабдоміолізу здійснюється олушення плазми, лікування гіперкаліємії. Протипоказаним є використання розчину Рінгера з лактатом з причини порушення печінкового метаболізму продуктів молочної кислоти при переохолодженні організму [31, 39]. Для профілактики утворення ерозій і виразок шлунку та кишківника призначають інгібітори протонної помпи, антацидні препарати та обволікаючі засоби [19, 39].

У ранньому реактивному періоді виникає токсемія, яка вимагає комплексного застосування дезінтоксикаційних заходів (ультрафільтрації, плазмаферезу, гемодіалізу). Для лікування «тріади смерті» гемофільтрація має унікальні переваги: вона може підвищити температуру замісної рідини (до 42 °C) для забезпечення внутрішньосудинного зігрівання «ядра», а склад замісної рідини можна скоригувати для лікування електролітного розладу та ацидозу [3].

Основна лікувальна тактика періоду відновлення ЗПО полягає у подальшому відновленні перфузії уражених тканин: антикоагулянтній терапії, призначенні дезагрегантів та вазодилаторів, інгібіторів кінінів; протизапальній, детоксикаційній, десенсибілізуючій, гормональній та вітамінотерапії. Підвищення імунної реактивності досягають шляхом внутрішньовенного введення циклоферону та аскорбінової кислоти [19]. Не рекомендується рутинне призначення антибіотиків, окрім випадків інфекційних ускладнень, підозрюваних або наявній аспірації та при резистентності до зігрівання [20].

#### ***Порядок дій при зупинці/загрозі зупинки кровообігу [45]***

Оцініть *Tco* використанням термометра зі шкалою з низьким градуванням. Інтубація трахеї при важкій гіпотермії здатна спровокувати ФШ, але ризик цього ускладнення дещо перебільшений [7]. Вітальні функції слід перевіряти щонайменше протягом 1 хвилини. Ключові заходи рятівної операції реалізуються проведенням догоспітальної ізоляції, сортування, швидкого транспортування до стаціонару на тлі відновлення вітальних функцій. При центральній температурі < +30 °C, шлуночковій аритмії, систолічному тиску < 90 мм рт.ст. виникає ризик неминучої зупинки кровообігу, тому в таких випадках ідеальним буде безпосереднє переведення пацієнта на *ECLS* (ExtraCorporeal Life Support, екстракорпоральна підтримка життя). Постраждалим при ЗПО із гіпотермічною зупинкою



кровообігу заходи серцево-легеневої реанімації (СЛР) мають проводитися постійно під час транспортування. Сила компресій грудної клітки та параметри штучної вентиляції легень не повинні відрізнятися від таких у пацієнтів з нормотермією. Після трьох неефективних розрядів дефібрилятора, якщо ФШ зберігається, доцільно припинити подальші спроби до підвищення  $T_{co}$  до  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При центральній температурі  $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  бажано утримуватися від використання адреналіну. При центральній температурі  $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  доцільно збільшити інтервал між введеннями адреналіну до 6 – 10 хвилин. При нагальній потребі у тривалому часі для транспортування по пересіченій місцевості, доцільно використовувати механічні пристрої для компресій грудної клітини. При центральній температурі  $< 28\text{ }^{\circ}\text{C}$  при гіпотермічній зупинці кровообігу припускається відтермінування проведення заходів СЛР, коли їх виконання на місці події є дуже небезпечним для постраждалого та рятувальників або з інших об'єктивних причин. Виконання переривчастої СЛР припустиме тільки у випадках неможливості забезпечення безперервності її проведення. Коли виникає гіпотермічна зупинка кровообігу, зігрівання оптимально проводити за допомогою *ECLS* в комбінації з *EKMO* через серцево-легеневий шунт [45].

Реанімаційні заходи при ЗПО не проводять при несумісній із життям травмі, при повному задубінні тіла (неможливості ефективних компресій), при асистолії без епізодів ФШ, при базальній температурі нижче  $13,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при концентрації калію в сироватці крові понад  $12\text{ ммоль/л}$  [13, 24], при наявності щільного снігу або льоду у дихальних шляхах [20, 45]. При відсутності вітальних функцій у постраждалого з нормотермією його слід вважати мертвим без зігрівання [7, 13, 20].

Перевага надається евакуації пацієнтів з більш важким переохолодженням до лікувальних закладів більш високого рівня, навіть при збільшенні часу евакуації. При транспортуванні хворих та потерпілих у морозну погоду доцільно сконцентрувати увагу персоналу на запобіганні подальшому переохолодженню пацієнтів внаслідок швидкого руху повітря від гвинта гелікоптера, при евакуації на відкритих санях, підводах тощо [46].

**Локальна холодова травма (ЛХТ)** виникає у військових значно частіше, ніж серед представників інших професій (42%) [47]. При розгорнутих військових діях ЛХТ складає значну частку санітарних втрат, набуваючи масового характеру. Тригери ЛХТ переважно збігаються з факторами ризику ЗПО [2, 48]. До контактного відмороження особливо схильні стрільці при пересуванні на бронетехніці. У воєнних умовах чутливість до ЛХТ жінок-військовослужбовців перевищує таку у чоловіків у 1,7 рази [49]. Ризик відмороження посилюється з 5% до 95% при зниженні температури тканин від  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Прямий контакт шкіри з металами або рідинами з низькими температурами замерзання (бензин, газ) може спричинити відмороження за лічені секунди [6].

Обмороження викликає довготривалі наслідки та може загрожувати військовим операціям. Робота зі зброєю та іншим металевим обладнанням з високою провідністю робить руки чутливими до ЛХТ. При температурі шкіри пальців нижче 12 – 20 °C або руки нижче 15 °C спостерігається погіршення спритності рухів та дрібної моторики задовго до відмороження [2,50].

### *Замерзаюча локальна холодова травма (FCI)*

*Відмороження* – важка форма локалізованого пошкодження тканин, що спричинена холодом, виникає, коли температура шкіри або глибших тканин падає нижче –0,5(2) °C, в результаті чого кристали льоду утворюються на гістологічному рівні, спричиняючи порушення функцій або руйнування клітин, а під час зігрівання – оклюзію мікросудин.

*Таблиця 1*

Класифікація ступеней ушкоджень від обмороження: позиційний документ дослідницької групи НАТО (за Norheim A.J. зі співавт., 2023) [51].

Ступінь	Найлегша/А	Помірна/В	Тяжка/С	Надважка/С
Колір	Червона шкіра, білі плями	Виражена гіперемія	Біло-ціанотичне забарвлення	Ціанотично-чорне забарвлення
Пухирі	Без пухирів	Пухирі з білою/прозорою рідиною	Геморагічні або чорні пухирі	Відсутність/розкриття пухирів
Ураження	Уражень немає	Поверхневі ерозії	Некроз шкіри	Некроз глибоких тканин
Біль	Сильний пекучий біль	Поступово зменшується біль	Біль значно зменшується або зникає	Больових відчуттів немає

### *Класифікація FCI за морфологією:*

До поверхневої форми належать I ступінь (часткове внутрішньошкірне відмороження) та II ступінь (повне шкірне відмороження).

До глибокої форми належать III ступінь (ураження підшкірної клітковини) та IV ступінь (з пошкодженням м'язів та кісток) [51, 57].

### *Стадійність FCI за патофізіологією:*

Стадія 1 – попереднього заморозування, яка відбувається перед утворенням кристалів льоду в тканинах)

Стадія 2 – фазою заморозування-відтанення, яку часто розпізнають, коли температури коливаються близько 0 °C.

Стадія 3 – судинна фаза з більш вираженою патофізіологією, включаючи внутрішньосудинну коагуляцію, витік плазми та шунтування.

Стадія 4 – остаточний патофізіологічний статус у розвитку пошкодження в пізню ішемічну фазу під час відтанення, що включає утворення вільних радикалів, активацію нейтрофілів та численні запальні зміни з агрегацією тромбоцитів, що призводить до тромбозу, ішемії та гангрени [51].

Основою ефективного лікування відмороження є три рятувальні шляхи: швидке зігрівання для припинення замерзання, збільшення кровообігу для обмеження локальної гіпоксії та застосування медикаментів для блокування вивільнення медіаторів запалення.

#### *Лікувально-діагностична тактика при FCI на догоспітальному етапі*

Можна спробувати застосувати м'яке зігрівання, помістивши уражену кінцівку під пахву чи у пах іншої людини на термін до 10 хвилин [9].

Не можна розтирати уражені ділянки снігом та використовувати для зігрівання відкрите полум'я. Якщо не виключається повторне обмороження, пошкоджену тканину слід зберігати в замороженому стані, доки її не буде можна лікувати. В такому разі рекомендовано накладання офіційної/саморобної паронепроникної термоізолюючої медичної пов'язки з термовідбиваючим шаром. Якщо сталося природне відігрівання пошкоджених тканин, слід уникати повторного заморожування [9, 52]. Слід зазначити, що рішення про відігрівання в польових умовах створює проблему боротьби з сильним болем, пов'язаним із зігріванням, у віддаленому чи ворожому середовищі [9, 57].

Після повного виключення ризику повторного замерзання слід починати зігрівання обморожених кінцівок. Нагально рекомендується використовувати водяну ємність постійної температури для швидкого відігрівання, якщо така є в наявності. Температуру води слід підтримувати від 37 °C до 42 °C. Небезпека розвитку синдрому «*afterdrop*» при FCI мінімальна з причини стійкого спазму шкірних/підшкірних судин. Циркуляційний вакуумний (*sous vide*) занурювальний пристрій здатний швидко і постійно підтримувати температуру рідини на рівні 40 °C [53]. Якщо відморожена тільки одна кінцівка, розігрівати потрібно одночасно обидві симетричні [54, 55].

Коли шкіра обмороженої ділянки поступово червоніє або багрянє та стає м'якою, це свідчить про успішне зігрівання. Цей процес зазвичай завершується протягом приблизно від 15 хвилин до 1 години, після чого поверхня в теплих умовах висушується, бажано повітрям або серветками. Пухирі на догоспітальному етапі не розтинаються, при високій нарузі рогового шару/епідермісу виконується їх пункція з аспірацією вмісту. Уражені кінцівки іммобілізують, між пальцями покладають ватяно-бавовняні кульки. Мазь з алое теоретично

ефективна тільки для поверхневих ушкоджень. Біль при зігріванні характеризує відмороження I-II ст., і є позитивною прогностичною ознакою; при глибокому відмороженні (III-IV ст.) біль незначний або відсутній. Надаються нестероїдні протизапальні препарати (ібупрофен 400 мг або 6 мг/кг 2 рази/добу) або опіоїдні анальгетики [3]. За можливості проводиться вазоактивна інфузійна терапія із застосуванням ангиолітиків, антиоксидантів, дезагрегантів та антикоагулянтів [50, 56].

### *Стаціонарне лікування FCI*

Треба продовжити зігрівання ураженої ділянки у воді при 37 – 39 °C з підтриманням такої температури, доки поверхня шкіри не стане м'якою та піддатливою (до 30 хвилин). Лікарські призначення включають: ібупрофен 12 мг/кг/добу; опіоїдні анальгетики; профілактику правця; системну гідратацію. Тромболізис при глибокому обмороженні з використанням тканинного активатора плазміногену (*t-Pa*) здійснюється не пізніше ніж через 24 години після відігрівання. Внутрішньовенне апріорне введення тромболітиків призначається у випадках, якщо ангиографія недоступна. Парентеральне введення ілопросту рекомендовано в терапії відморожень III – IV ступеня у терміні менше 72 годин після ураження.

Обмороження не завжди сприяє розвитку інфекції. Роль профілактичного призначення антибіотиків не доведена, але її слід враховувати при поширених та комбінованих травмах (III та IV ступеня) [54, 57-59].

Виконується дренажування пухирів (аспірація шприцем), за винятком геморагічних пухирів. Місцево використовується гель/мазь алое вера кожні 6 годин із заміною марлевої пов'язки. Уражену ділянку підіймають вище рівня серця задля зменшення набряку. Уражені ділянки без дефіциту шкіри залишають відкритими для контакту з теплим повітрям.

На ранній стадії холодової травми (особливо глибокого обмороження) призначають гіпербаричну оксигенацію, хімічну або хірургічну симпатектомію, щоб прискорити утворення межі некрозу. Ампутація виконується за умов повного формування демаркації тканин [3, 9, 57].

### *Незамерзаюча локальна холодова травма (NFCl)*

NFCl виникає в результаті тривалої дії низької плюсової температури < 15 °C [7, 60]. Її слід запідозрити, якщо військовий відчуває оніміння, поколювання, біль або набряки в руках або ногах [6]. Такий синдром перебігає з ушкодженням шкіри, підшкірної клітковини, м'язів, нервових та судинних сплетінь внаслідок довготривалого впливу (від годин до тижнів) патологічних чинників.

У нинішній час при військових навчаннях та бойових діях траншейна стопа залишається нагальною проблемою армійських медиків. Провокуючими факторами можуть слугувати маршеві пересування військових та тупі травми кінцівок.

«Траншейна стопа» (ТС, «кінцівка укриття») виникає у вологих умовах при стисканні кінцівки, гіподинамії та тривалій антифізіологічній позі. У патогенезі ТС прихований період триває в середньому до 4 – 5 діб, зниження чутливості кінцівок не дозволяє своєчасно визначити наявність пошкодження та вдатися до профілактичних і лікувальних заходів. Роговий шар епітелію зазнає водяної інфільтрації, пошкоджуються поверхневі нерви, судини та м'язи.

Холодова «імерсійна стопа» (ІС, «синдром зануреної стопи», «ступня морського черевика», «ірландська стопа») розвивається внаслідок занурення стоп до рідкого середовища (вода, багноюка тощо) при температурі до +17 °С протягом > 12 годин, ІС частіше виникає при військових операціях в болотяній місцевості та на водоймах.

Теплова ІС поділяється на: «стопу меліоратора» («рисову стопу»), яка виникає при цілоденному перебуванні стоп у воді при більш високій температурі (до +29 °С) у сільськогосподарських робітників при вирощуванні культур, що потребують значної вологості; та на «тропічну стопу» («болотяну стопу джунглів», «тропічну гнилину», «в'єтнамське прокляття»), тобто болісний та виснажливий варіант ІС із значно частішим інфікуванням [60].

У теплій воді ІС зазвичай розвивається повільніше (до 48 годин), ніж у холодній (за ранньою оцінкою – до 12 годин) [61].

*За тяжкістю перебігу розрізняють 3 форми NFCl:*

- ✓ *м'яка* – (до 90%), характеризується зниженням чутливості та інтенсивним болем;
- ✓ *середньоважка* – проявляється наявністю пухирів із прозорим або геморагічним вмістом, значним набряканням ступнів, пальців ніг, гомілок;
- ✓ *важка* – перебігає зі значними порушеннями тканинної нейротрофіки, ускладнюється гнильною та анаеробною інфекцією [60, 62].

*Перебіг патологічного стану відбувається у 4 стадії:*

✓ *безпосередня дія холоду* при високій вологості: втрачаються сенсорні властивості шкіри до повного знечуження з обмеженням глибокої чутливості; болючість кінцівки виникає тільки після зігрівання.

✓ *після закінчення дії патологічного чинника* та під час зігрівання (від кількох годин до кількох діб); кінцівки блідо-ціанотичні, ниткоподібна пульсація периферичних

артеріальних судин змінюється стрибкоподібною, виникає капіляростаз; сенсорна чутливість значно обмежена, з'являється перемежована кульгавість.

✓ *гіперемії*, починається непередбачувано у терміні від кількох діб до декількох тижнів; шкіра кінцівки набрякла, набуває яскраво-червоного забарвлення; визначається тахікардія із капіляростазом; після безбольового періоду виникає значна проксимальна гіпералгезія при триваючій анестезії дистальних ділянок; з'являються пухирі або знебарвлення шкірних покривів.

✓ *постгіперемічна* стадія може завершитися протягом місяця, а може тривати роками; формується хронічний больовий синдром, нежиттєздатні тканини підлягають некректомії, а змертвілі кінцівки ампутують [60, 62, 63].

#### *Лікування NFCl:*

✓ Лікування ТС/ІС починають при перших ознаках захворювання. При медичному сортуванні постраждалих з ТС та ІС зараховують до другої групи пріоритету.

✓ Масаж, розтирання снігом та занурювання уражених стоп до гарячої води протипоказане.

✓ Відігрівають уражену кінцівку тільки сухим повітрям (тепловентилятором) у припіднятому положенні.

✓ Для профілактики ранової інфекції протимікробні препарати призначаються тільки при значних забруднених дефектах шкіри; антибіотики надаються курсом при целюліті (панікуліті), глибоких інфекційних ускладненнях та септичних станах; антимікотичні препарати показані при епідермофтії.

✓ Призначають протиправцеву та протигангренозну профілактику.

✓ Амїтриптилін (до 150 мг на добу) є практично єдиним ефективним знеболюючим препаратом при лікуванні ТС/ІС; медикаментозний сон значно полегшує страждання потерпілого.

✓ Нестероїдні протизапальні препарати хоча можуть вгамувати біль, не запобігають набрякам.

✓ Епідуральна анестезія з використанням наркотичних анальгетиків полегшує больові відчуття на початку захворювання.

✓ Для поновлення кровообігу призначається інфузійна терапія, фракціоновані гепарини та дезагреганти.

✓ Енергетичний баланс підтримується здебільшого повноцінним ентеральним харчуванням із високим вмістом білка.

✓ При пошкодженні цілісності та мацерації шкіри показана її обробка антисептичними препаратами; не рекомендується розтинати та проколювати пухирі з причини значної небезпеки інфікування (краще дочекатися їх саморозкриття), некротичні тканини висікаються; раннє хірургічне втручання виправдане тільки при розвитку вираженої запальної реакції, сепсисі та гангрені, рекомендуються відтерміновані ампутації, але демаркаційна лінія не формується у такому вигляді як при відмороженнях.

✓ Для запобігання розвитку анкілозу та інших порушень функцій кістково-м'язового апарату пропонується рання (але не раніше 5 доби захворювання) активація пацієнта.

✓ Призначається ультрафіолетове опромінення та ультрависокочастотна терапія [25, 48, 60-62].

#### *Заходи профілактики холодової травми:*

- ✓ Вживання калорійної гарячої їжі не рідше 2-х разів на добу.
- ✓ При пішому марші при морозній погоді доцільно регулярно змінювати військових попереду колони або на флангах.
- ✓ Транспортування особового складу на необладнаному транспорті здійснювати спиною до напрямку руху, ногами досередини, вкривати плащ-наметом, брезентом тощо.
- ✓ Своєчасна заміна вартових.
- ✓ Використання одягу з повітряними просторами між шарами та із зовнішнім вітро- та водонепроникним шаром.
- ✓ Одягання рукавиць, а не рукавичок.
- ✓ Забезпечити можливість заміни та просушування одягу та взуття [32, 64, 65].
- ✓ Стопи повинні бути сухими та чистими.
- ✓ Відмова від тютюнопаління, алкоголю, наркотиків або медикаментів, що знижують перфузію.
- ✓ Мінімізація пригнічення кровотоку, спричиненого стисканням одягом, взуттям або елементами оснащення.
- ✓ Уникання прямого контакту з металевими аксесуарами, приладами, оснащенням.
- ✓ Використання хімічних термопакетів для рук і ніг та електричних грілок для стоп для підтримки периферійного тепла (повинні бути близькі до температури тіла перед активацією і не розміщуються безпосередньо на шкірі) [57].
- ✓ Обов'язковими для кожного військовослужбовця є знання про холодові ураження (обмороження), які потребують активного медичного втручання, самозахисту [5].

✓ Регулярне проведення командиром «холодової перевірки особового складу військового підрозділу» для вчасного визначення холодового ушкодження [3, 60, 66-68].

Локальна холодова травма є важким загрожуючим життю станом, діагностувати який можна тільки за збігання щонайменше 12 годин, а то й кількох діб. Середня летальність від ускладнень складає близько 3%, але інвалідизація коливається в такому широкому діапазоні, як мабуть, при жодних інших травмах. Своєчасне виявлення та лікування холодових уражень дозволить скоротити летальність та оптимізувати повернення військових до строю.

### **Література:**

1. Armed Forces Health Surveillance Division. Cold Weather Injuries Among the Active and Reserve Components of the U.S. Armed Forces, July 2018-June 2023. MSMR. 2023 Nov 20;30(11):2-11.

2. Teien HK, Ronnes N, Renberg J. Training videos to prevent cold weather injuries. *Int J Circumpolar Health*. 2023 Dec;82(1):2195137. doi: 10.1080/22423982.2023.2195137.

3. Jin HX, Teng Y, Dai J, et al. Members of the Emergency Medicine Committee of the People's Liberation Army. Expert consensus on the prevention, diagnosis and treatment of cold injury in China, 2020. *Mil Med Res*. 2021 Jan 21;8(1):6. doi: 10.1186/s40779-020-00295-z. PMID: 33472708;

4. Lankford HV, Fox LR. The Wind-Chill Index. *Wilderness Environ Med*. 2021 Sep;32(3):392-399. doi: 10.1016/j.wem.2021.04.005.

5. Plavina L. Is the Cold Friend or Enemy for Soldiers in Military Action? *Jelgava*, 12-13 May 2023:29-34. doi: 10.22616/REEP.2023.16.003.

6. Commander`s Guide to Cold Injury Prevention. *JSP 375*. April 2023;1(42):V1.3:1-15.

7. Paal P, Gordon L, Strapazzon G, et al. Accidental hypothermia – an update : The content of this review is endorsed by the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2016 Sep 15;24(1):111. doi:10.1186/s13049-016-0303-7.

8. Haman F, Souza SCS, Castellani JW, et al. Human vulnerability and variability in the cold: Establishing individual risks for cold weather injuries. *Temperature (Austin)*. 2022 May 29;9(2):158-195. doi: 10.1080/23328940.2022.2044740.

9. Kowtoniuk RA, Liu YE, Jeter JP. Cutaneous Cold Weather Injuries in the US Military. *Cutis*. 2021 Oct;108(4):181-184. doi: 10.12788/cutis.0363.



10. Min JY, Choi YS, Lee HS, et al. Increased cold injuries and the effect of body mass index in patients with peripheral vascular disease. *BMC Public Health*. 2021 Feb 5;21(1):294. doi:10.1186/s12889-020-09789-w.
11. Brown D. Accidental Hypothermia Working Group. Accidental Hypothermia Clinical Practice Guideline for British Columbia. Accidental Hypothermia – Evaluation, Triage & Management. 2016. Version 1.03. Available from: [https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/health/practitioner-pro/bc-guidelines/bc\\_hypothermia\\_cpg.pdf](https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/health/practitioner-pro/bc-guidelines/bc_hypothermia_cpg.pdf).
12. Buse S, Ancher M, Viglino D, et al. The impact of hypothermia on serum potassium concentration: A systematic review. *Resuscitation*, 2017;118: 35-42. doi: 10.1016/j.resuscitation.2017.07.003.
13. Avellanas ML, Ricartb A, Botellac J, et al. Manejo de la hipotermia accidental severa. [Management of severe accidental hypothermia]. *Medicina Intensiva*. 2011; 36(3): 200-212. doi: 10.1016/j.medin.2011.12.005. (In Spanish).
14. Worley ML, Reed EL, J Kueck P, et al. Hot head-out water immersion does not acutely alter dynamic cerebral autoregulation or cerebrovascular reactivity to hypercapnia. *Temperature (Austin)*. 2021 Mar 19;8(4):381-401. doi: 10.1080/23328940.2021.1894067.
15. Царьов ОВ. Метаболічні зсуви у пацієнтів в критичному стані з загальним переохолодженням. *Вісник проблем біології та медицини*. 2017;1 (139);4: 286-289.
16. Duong H, Patel G. Hypothermia: Stat Pearls [Internet]. January 27, 2021. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545239/>.
17. Jeican II. The pathophysiological mechanisms of the onset of death through accidental hypothermia and the presentation of “The little match girl” case *Clujul Medical journal*. 2014;87(1):54-60. doi: 10.15386/cjm.2014.8872.871.ijj.
18. Basit H, Wallen TJ, Dudley C. Frostbite. *Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing*, 2021. January 24. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536914/>.
19. Козинець ГП, Хитрий ГП, Калашников ВВ, Соболев ВП. Анестезіологічне забезпечення оперативних втручань у потерпілих з холодовою травмою. *Клінічна хірургія*. 2012; 1(826):52-56.
20. Kulling P. Hypotermi Kylskador Drunkningstillbud i kallt vatten [Hypothermia Cold injuries Drowning in cold water]. Stockholm: SOCIALSTYRELSEN, 2015. 138 p. (In Swedish).
21. Perlman R, Callum J, Laflamme C, et al. A recommended early goal-directed management guideline for the prevention of hypothermia-related transfusion, morbidity, and

mortality in severely injured trauma patients. *Critical Care*. 2016;20: a.n. 107. doi: 10.1186/s13054-016-1271-z.

22. Filset M, Fredriksen K, Gamst TM, et al. Guidelines for Management of Accidental hypothermia in a University Hospital in Northern Norway. *Anesthesiology. Reanimatology*. 2016;61(6):479-482. doi: 10.18821/0201-7563-2016-6-479-482.

23. Eroglu O, Serbest S, Kufeciler T, Kalkand A. Osborn wave in hypothermia and relation to mortality. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2019; 37(6):1065-1068. doi: 10.1016/j.ajem.2018.08.049.

24. Dow J, Giesbrecht GGF, Danzl DF. Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Out-of-Hospital Evaluation and Treatment of Accidental Hypothermia: 2019 Update/ Medical Society Clinical Practice Guidelines. 2019;30 (4S): S47-S69. doi: 10.1016/j.wem.2019.10.002.

25. Lukavetskyj OV, Varyvoda ES, Stoyanovsky IV, Chemerys OM. Frostbite. Guidelines for Dentistry Students. Lviv. 2019:10-13.

26. Biggers A, Kraft S. Everything you need to know about hypothermia. Medically review (August 17), 2018. Available from: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/182197#treatment>.

27. Beker BM, Cervellera C, De Vito A, Musso CG. Human Physiology in Extreme Heat and Cold. *International Archives of Clinical Physiology*. 2018;1: n.a.001. doi: 10.23937/iacph-2017/1710001.

28. Asbeutah AA, Salem MH. Electrographic Osborn wave in severe hypercalcaemia *European Heart Journal. Case Reports*. 2019;3(4):1–2. doi:10.1093/ehjcr/ytz174.

29. Lantry J, Dezman Z, Hirshon JM. Pathophysiology, management and complications of hypothermia. *The British Journal of Hospital Medicin*. 2012;73: 31 -37. doi: 10.12968/hmed.2012.73.1.31.

30. Bhatti F, Naiman M, Tsarev F, Kulstad E. Esophageal Temperature Management in Patients Suffering from Traumatic Brain Injury. *Therapeutic Hypothermia and Temperature Management*. 2019;9(4):238-242. doi: 10.1089/ther.2018.0034238.

31. Moffatt SE. Hypothermia in trauma. *Emerg Med J*. 2013 Dec;30(12):989-96. doi: 10.1136/emermed-2012-201883.

32. Гур'єв СО, Рошчін ГГ, Кукуруз ЯС, та ін. Алгоритми лікувальної тактики хворих з холодовою травмою, відмороженням окремих ділянок та сегментів тіла: методичні рекомендації. Київ. 2014. 40 с.

33. Bennett BL, Giesbrecht G, Zafren K, et al. Management of Hypothermia in Tactical Combat Casualty Care: TCCC Guideline Proposed Change 20-01 (June 2020). *J Spec Oper Med*. 2020 Fall;20(3):21-35. doi: 10.55460/QQ9R-RR8A.

34. Schauer SG, April MD, Fisher AD, et al. Hypothermia in the Combat Trauma Population. *Prehosp Emerg Care*. 2023;27(7):934-940. doi: 10.1080/10903127.2022.2119315.

35. Rund TJ. Casualty evacuation in arctic and extreme cold environments: A paradigm shift for traumatic hypothermia management in tactical combat casualty care. *Int J Circumpolar Health*. 2023 Dec;82(1):2196047. doi: 10.1080/22423982.2023.2196047.

36. Haverkamp FJC, Giesbrecht GG, Tan ECTH. The prehospital management of hypothermia – An up-to-date overview. *Injury*. 2018 Feb;49(2):149-164. doi: 10.1016/j.injury.2017.11.001.

38. Mydske S, Brattebø G, Østerås Ø, et al. Effect of a vapor barrier in combination with active external rewarming for cold-stressed patients in a prehospital setting: a randomized, crossover field study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2024 Apr 25;32(1):35. doi: 10.1186/s13049-024-01204-2.

38. John M, Crook D, Dasari K, et al. Comparison of resistive heating and forced-air warming to prevent inadvertent perioperative hypothermia. *British Journal of Anaesthesia*, 2016;116(2): 249-254. doi: 10.1093/bja/aev412.

39. Невідкладна військова хірургія: посібник. Інститут Бордена (США); ред.: В. Чаплик, П. Олійник, А. Цегельський; пер. з англ. А. Кордіяк [та ін.]. Київ : Наш формат. 2015:17-57.

40. Kattih Z, Le J, Altschul EL, et al. Hypothermia, Rewarming, and Potassium Shifting: A Case of Accidental Hypothermia and Hyperkalemia. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2020;201:A5175. doi: 10.1164/ajrccm-conference.2020.201.1\_.

41. William P, Cheshire Jr. Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress. Review. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. 2016;196: 91–104. doi: 10.1016/j.autneu.2016.01.001.

42. Musi ME, Sheets A, Zafren K, et al. Clinical staging of accidental hypothermia: The Revised Swiss System: Recommendation of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom). *Resuscitation*. 2021 May;162:182-187. doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.038.

43. Mendrala K, Kosiński S, Podsiadło P, et al. The Efficacy of Renal Replacement Therapy for Rewarming of Patients in Severe Accidental Hypothermia-Systematic Review of the

Literature. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Sep 13;18(18):9638. doi: 10.3390/ijerph18189638.

44. Polderman KE. Mechanisms of action, physiological effects, and complications of hypothermia. *Critical Care Medicine*. 2009;37(7 Sup.):S186-S202.

45. Lott C, Truhlář A, Alfonzo A, et al. ERC Special Circumstances Writing Group Collaborators. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:152-219. doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.011.

46. Близнюк МД, Гудима АА, Гур'єв СО, та ін. Адаптована настанова. Тактична екстрена медична допомога. Київ. 2016:12-18.

47. Ha BM, Lim H, Yu JA, Jung JH. Current Status of Cold Injuries in the South Korean Military Over the Past 5 Years: Analysis and Assessment Based on the 2023-2024 Surveillance System. *Mil Med*. 2024 Jun 3:usae287. doi: 10.1093/milmed/usae287.

48. Kuht JA, Woods D, Hollis S. Case series of non-freezing cold injury: epidemiology and risk factors. *J R Army Med Corps*. 2019 Dec;165(6):400-404. doi: 10.1136/jramc-2018-000992.

49. Knapik JJ, Reynolds KL, Castellani JW. Frostbite: Pathophysiology, Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Prevention. *J Spec Oper Med*. 2020 Winter;20(4):123-135. doi: 10.55460/PDX9-BG8G.

50. van Dongen TTCF, Berendsen RR, de Jong FJM, et al. Frostbite: a systematic review on freezing cold injuries in a military environment. *BMJ Mil Health*. 2023 Feb 7:e002171. doi: 10.1136/military-2022-002171.

51. Norheim AJ, Sullivan-Kwantes W, Steinberg T, et al. The classification of freezing cold injuries – a NATO research task group position paper. *Int J Circumpolar Health*. 2023 Dec;82(1):2203923. doi: 10.1080/22423982.2023.2203923.

52. Шаповал ОВ. Застосування термоізолювальної медичної пов'язки в комплексному лікуванні постраждалих із холодовою травмою. *Orthopaedics, traumatology and prosthetics*. 2015;(2):48-52. doi: 10.15674/0030-59872015248-52.

53. Vincelio EM, Fayos Z, Bernadette A, Van Gent JM. Expeditionary Immersion Circulating Heating Device: A Promising Technique for Treating Frostbite Injuries and Warming Intravenous Fluids in a Forward Deployed Cold Weather Environment. *Military Medicine*. 2020;185(11-12): e2039–e2043. doi: 10.1093/milmed/usaa213.

54. Iqbal A, Jan A, Quraishi A, et al. Efficacy of Leeching in Frostbite. *Clinical Dermatology Open Access Journal*. 2019;4(4):1-9. doi: 10.23880/cdoaj-16000190.

55. Hickey S, Whitson A, Jones L. et al. Guidelines for Thrombolytic Therapy for Frostbite. *Journal of Burn Care & Research*. 2020;41(1):176-183. doi:10.1093/jbcr/irz148.
56. Turner BL, van Dongen TTCF, Berendsen RR, et al. Frostbite: a treatment guideline for prehospital treatment in a military environment. *BMJ Mil Health*. 2023 Jul 26:e002380. doi: 10.1136/military-2023-002380.
57. McIntosh SE, Freer L, Grissom CK, et al. Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Frostbite: 2024 Update. *Wilderness Environ Med*. 2024 Jun;35(2):183-197. doi: 10.1177/10806032231222359.
58. Zaramo TZ, Green JK, Janis JE. Practical Review of the Current Management of Frostbite Injuries. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2022 Oct 24;10(10): e4618. doi: 10.1097/GOX.0000000000004618.
59. Nguyen CM, Chandler R, Ratanshi I, Logsetty S. Frostbite. *Handbook of Burns*. 2020;1: 529-547. doi: 10.1007/978-3-030-18940-2\_42.
60. Zafren K, Hollis S, Weiss EA, et al. Prevention and Treatment of Nonfreezing Cold Injuries and Warm Water Immersion Tissue Injuries: A Supplement to the Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines. *Wilderness Environ Med*. 2023 Jun;34(2):172-181. doi: 10.1016/j.wem.2023.02.006.
61. Hall A, Sexton J, Lynch B, et al. Frostbite and Immersion Foot Care. *Military Medicine*. 2018;183(2):168-171. doi: 10.1093/milmed/usy085.
62. Bush JS, Lofgran T, Watson S. Trench Foot. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022 Jan. 2022 Aug. 8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29493986/>.
63. Delgado C. How to recognize and treat trench foot – the deadly condition that claimed thousands of lives in WWI. *Medically Reviewed*. March 10 2022;12:05. Available from: <https://www.insider.com/guides/health/conditions-symptoms/trench-foot>.
64. Steinberg T, Kristoffersen A, Bjerkan G, Norheim AJ. Freezing cold injuries among soldiers in the Norwegian Armed Forces – A cross sectional study. *Int J Circumpolar Health*. 2023 Dec;82(1):2227344. doi: 10.1080/22423982.2023.2227344.
65. Margolis LM, Pasiakos SM. Performance nutrition for cold-weather military operations. *Int J Circumpolar Health*. 2023 Dec;82(1):2192392. doi: 10.1080/22423982.2023.2192392.
66. Armstrong C. Practice Guidelines. Frostbite: Recommendations for Prevention and Treatment from the Wilderness Medical Society. *American Family Physician* 2020;101(7):440-442.

67. Бондарь СО, Гут ТМ, Гут РП. Гігієна та епідеміологія в системі військово-медичної підготовки та медицини надзвичайних ситуацій: підручник. Київ : ВСВ «Медицина». 2018. 344 с.

68. Kadian A, Saini S, Khanna R. Frostbite: A Conundrum in High Altitudes. Open Access Peer-Reviewed Chapter. Current Topics on Military Medicine. 2020. doi: 10.5772/intechopen.96286.