

DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2025-29(2)-28

УДК: 355.09:616-001.1/.18

МЕТААНАЛІЗ ОЗНАК, СИМПТОМІВ, ПАТОФІЗІОЛОГІЇ, КЛІНІЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ ХОЛОДОВИХ ТРАВМАХ УНАСЛІДОК ДІЇ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ СВІТУ

Чорна В. В.¹, Шкондін С. В.¹, Нестерова С. Ю.², Федосенко І. М.³, Савічан К. В.³, Подолян В. М.³, Божичька О. М.⁴, Іфтода О. М.⁵

¹Вінницький національний медичний університет ім. М. І. (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21000),

²Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського (вул. Острозького, 32, м. Вінниця, Україна, 21000),

³Українська військово-медична академія (вул. Князів Острозьких, 45/1, корпус 33, м. Київ, Україна, 01015),

⁴Національний військово-медичний центр «Головний військовий клінічний госпіталь» (вул. Госпітальна, 16, м. Київ, Україна, 01133),

⁵Буковинський державний медичний університет (Театральна площа, 2, м. Чернівці, Україна, 58002)

Відповідальний за листування:

e-mail: valentina.chorna65@gmail.com

Статтю отримано 10 березня 2025 р.; прийнято до друку 15 квітня 2025 р.

Анотація. Зимовий період асоціюється зі зниженням температури та ймовірністю виникнення холодових травм. Визначити особливості перебігу холодової травми у військовослужбовців країн світу залежно від дії різних чинників, зокрема температури, часу, віку, статі та встановити взаємозв'язок між ними. Провести аналіз запропонованих класифікацій холодової травми та клінічних випадків. Дослідити особливості домедичної допомоги; визначити алгоритм її надання, можливий для застосування серед військових під час виконання місії/бойового завдання, навчань. Здійснивши метааналіз та систематичний огляд наукової літератури, ми визначили такі чинники холодової травми: стать, вік, умови навколишнього середовища, метеорологічні особливості, одяг, обмундировання, тривалість впливу низької температури тощо. З'ясовано морфологічні, клінічні та патогенетичні аспекти холодової травми. Основними чинниками виникнення холодової травми у 81,3% випадків є: низька температура навколишнього середовища – 43,8%, наявність вітру та опадів (снігу) – 37,5%, а також контакт із холодним металом – 18,7%. У більшості випадків холодову травму мали 87,5% чоловіків та 12,5% жінок, середній вік – 43,1. Встановлено особливості надання домедичної допомоги залежно від виду холодової травми та травматичних чинників, що є винятково важливим під час нинішніх подій.

Ключові слова: холодова травма, відмороження, теплопровідність, замерзання, холодовий стрес, хвороба Рейно, траншейна стопа, військовослужбовці.

Вступ

Один з найпоширеніших видів травматизму в умовах повномасштабної війни серед військового складу в зимовий період – холодова травма (ХТ). За тривалістю її лікування удвічі перевищує лікування термічних опіків. Градація травматизації така: від поверхневого пошкодження тканин до глибокого некрозу, що спричинює значний рівень захворюваності та інвалідності серед постраждалих. Найчастіше уражені периферичні ділянки тіла – пальці ніг і рук, відкриті частини обличчя. Обмороження частіше спостерігається в чоловіків, ніж у жінок, із співвідношенням 10:1. Зазвичай хворіє вікова група від 30 до 50 років. Обмороження є поширеним ризиком під час ведення бойових дій в умовах екстремально низьких температур. Попри давно визнані ризики, холодові травми зазвичай рідкісні та географічно розподілені з відносно невеликою кількістю випадків для систематичного вивчення [1, 3, 9, 10, 29].

Обмороження є актуальною проблемою армії під час воєнних конфліктів, навчань протягом десятиліть, залишається такою й на сьогодні [6, 8, 16, 21].

А. L. Maule (2024) проводив дослідження серед військовослужбовців США упродовж 5 років (липень 2019 року – червень 2024 року). Загальний рівень захворюваності на холодові травми становив 31,1 на 100 тис. осіб. Для резервного особового складу зафіксовано збільшення захворюваності на холодову травму на 8,4% – з 28,7 випадків у 2022–2023 рр. до 31,1 на 100 тис. осіб

у 2023 – 2024 рр. Загальний рівень захворюваності на всі види холодних травм протягом останнього холодного сезону зріс на 9,1% (з 5,9 у 2022–2023 рр. до 6,4 у 2023–2024 рр. на 100 тис. осіб) проти попереднього. Рівень холодних травм відрізнявся за родом військ: військово-повітряні сили – 67,1%; військово-морський флот – 66,7%; військовослужбовці активного складу армії – 45,5%. Холодова травма під час занурення частіше зустрічалась серед морської піхоти. Упродовж п'ятирічного періоду рівень захворюваності на холодові травми в умовах низьких температур був вищим серед військових і морської піхоти та зріс на 9,1% (з 5,9 у 2022–2023 рр. до 6,4 на 100 тис. осіб у 2023–2024 рр.). За цей період госпіталізовано 1,8% осіб від загальної кількості: з гіпотермією – 48,6%, обмороженням – 48,6%, через занурення в холодну воду – 2,8%. Під час розгортання військовослужбовці отримували травми через обмороження – 38,5%, занурення в холодну воду – 46,2%, гіпотермію – 15,4% [24].

Мета – визначити особливості перебігу холодової травми у військовослужбовців країн світу залежно від впливу різних чинників: температури, часу, віку, статі; встановити їхній взаємозв'язок. Провести аналіз запропонованих класифікацій холодової травми та клінічних випадків. Дослідити особливості домедичної допомоги, визначити алгоритм її надання, можливий для застосування серед військових.

Матеріали та методи

Робота виконана на основі систематичного огляду, метааналізу та контент-аналізу публікацій із наукометричних баз даних Scopus, PubMed, ResearchGate, а також матеріалів фахових видань, зокрема Health.mil, International Journal of Circumpolar Health тощо. Пошук літератури здійснювався з використанням ключових слів: "cold injury", "frostbite", "hypothermia", "emergency medicine", "injuries". До дослідження увійшли описи клінічних випадків холодової травми серед військовослужбовців, ретроспективні аналізи та огляди літератури, загалом – 45 статей. Глибина пошуку охоплює період з 2005 до 2024 року.

Результати

A. J. Norheim (2023) провів метааналіз 74 статей [31], у яких розглядалися: морфологічні особливості холодкових травм, ознаки та симптоми, патофізіологічний перебіг, клінічний результат. На основі аналізу автор запропонував відповідні способи класифікації холодової травми.

Морфологічна класифікація. Обмороження зовнішнього шару шкіри, тобто внутрішньошкірне ураження, відповідає холодовій травмі I ступеня. II ступінь охоплює залучення дерми, що призводить до утворення пухирів та поверхневих ерозій. Ураження, що досягає підшкірної клітковини (III ступінь ХТ) спричиняє утворення геморагічних пухирів та некроз шкіри. При II та III ступенях ушкоджень залучаються нервові закінчення та больові рецептори підшкірної тканини, тому інтенсивність болю поступово зменшується. Якщо травма глибше підшкірного шару, розвивається ХТ IV ступеня з набряком на всю товщину, подальшим заморожуванням усіх глибших анатомічних структур та відсутністю болю.

Симптоматична класифікація. У науковій літературі зазначено, що класифікація ХТ за симптомами та ознаками поєднує морфологічні ознаки та клінічні симптоми. За таким принципом холодову травму поділяють на чотири ступені: легкий, середній, важкий та вкрай важкий. Для легкої холодової травми (обмороження) характерна гіперемія шкіри або утворення білуватих плям, що супроводжуються сильним болем пекучого характеру. Середній ступінь тяжкості проявляється гіперемією шкіри, пухирями з прозорою рідиною, поверхневими ерозіями та болем меншої інтенсивності, ніж під час легкого ступеня. Симптоми важкої холодової травми: синюшне забарвлення тканин, пухирі з геморагічним компонентом, некроз тканин та ще менший біль. Повна ХТ клінічно проявляється чорним забарвленням тканин, глибоким некрозом та відсутністю болю.

Патогенетична класифікація. Стадійність холодової травми відповідає певним патофізіологічним процесам. Ці стадії не мають чітких меж, а їхній перехід одна в одну залежить від швидкості та тривалості заморожування, ступеня пошкодження й особливостей процесу відтавання.

Стадія 1 – попереднє заморожування – відбувається до утворення кристалів льоду в тканинах [31]. Чутливість

шкіри втрачається за її температури приблизно 8 °С, а подальше охолодження призводить до порушення мікроциркуляції. Вазоконстрикція зазвичай супроводжується спричиненою холодом вазодилатацією, яку також називають «реакцією полювання», що виникає для захисту кінцівок від холодкових ушкоджень за умов низької температури тіла.

Стадія 2 – утворення позаклітинних кристалів льоду – настає, коли температура в тканинах людини досягає 0,55 °С. Електролітний склад тканин людини знижує температуру замерзання шкіри трохи нижче температури замерзання води (0 °С). Стадію 2 також називають фазою заморожування-відтавання, яку часто розпізнають за умов коливання температури навколо 0 °С. Ризик розвитку ХТ зростає зі зниженням температури тканин, імовірність її виникнення становить приблизно 95,0% за температури тканини – 4,4 °С [7].

Стадія 3 – судинна фаза – охоплює коагуляцію, витік плазми та шунтування. Фактично, це час між повторним зігріванням та розширенням стаціонарним лікуванням (час теплої ішемії), тобто критичне вікно в лікуванні ХТ [33, 35].

Стадія 4 – остаточне завершення розвитку пошкодження, що охоплює пізню ішемічну фазу під час відтавання, тобто утворення безкисневих радикалів, активацію нейтрофілів, численні запальні зміни та агрегацію тромбоцитів, що призводить до ускладнень, зокрема тромбозу, ішемії та гангрені [25].

ХТ також класифікуються залежно від локалізації патофізіологічних ефектів, тобто на рівні клітини чи позаклітинних рідин (прямий вплив) або процес охоплює залучення тканин та цілісність кровообігу (непрямий вплив) [22]. Найчастіше при ХТ підвищується осмотичний тиск, що спричиняє внутрішньоклітинну дегідратацію та гіперосмолярність, а також ушкоджуються клітинні мембрани з подальшим ультраструктурним ураженням капілярів, втратою мітохондрій у міоцитах та іншими внутрішньоклітинними ушкодженнями. Реперфузійне ураження, пов'язане з фазою відтавання, охоплює численні запальні зміни, агрегацію тромбоцитів і тромбоз, що призводить до ішемії.

Існує спрощений варіант перебігу ХТ: стадія охолодження та судинна стадія, тобто відтавання (зігрівання) і післязігрівальний період [27].

Також запропоновано поділ ХТ на гострий період та післятравматичні ускладнення, тобто вазомоторні розлади та нейропатії [16, 17, 39].

Посттравматична класифікація. Класифікація ХТ, заснована на клінічних результатах (втрата тканини та ризик ампутації) і радіологічному дослідженні, також запропонована E. Cauchy et al. (2016) [5]. Класифікація ХТ на основі клінічного вигляду та анатомічного поширення:

- I ступінь – відсутність первинного ураження;
- II ступінь – початкове ураження дистальних фаланг пальців;
- III ступінь – ураження проміжних або проксимальних фаланг;
- IV ступінь – ураження зап'ясткової/заплесної ділянок

кінцівок кістки.

Швидкість і тривалість процесу охолодження тканин залежить від вологості шкіри, периферичної вазоконстрикції, контакту з переохолодженими рідинами [6, 34], тепловтрати через теплопровідність (для дуже холодних металевих поверхонь) [31] та конвективних тепловтрат [9] переважно через вплив вітру [11]. ХТ також пов'язана з ізоляційною здатністю одягу [37], тривалістю впливу, площею тіла, підтримкою внутрішньої температури тіла [4], а також, можливо, особистою сприйнятливістю.

Для оцінювання особливостей впливу чинників на ХТ проаналізували клінічні випадки, описані упродовж 2015–2025 рр. Визначено (див. табл. 1), що найпоширенішим ступенем ураження верхніх кінцівок є III ступінь. Найбільша кількість повідомлень про холододову травму нижніх кінцівок пов'язана з IV ступенем ураження. Повідомляли й про атипові локалізації, зокрема міжлопаткову ділянку та верхні дихальні шляхи, а також про виникнення гіпотермічного синдрому під час занурення дитини у воду.

Таблиця 1. Короткі відомості про клінічні випадки, що увійшли до систематичного огляду.

№	Автори представлених клінічних випадків	Холодова травма
1	Ekdahl, M., & Penninga, L. (2017)	відмороження пальців кистей обох верхніх кінцівок II-III ступеня
2	Einvik, S. et al. (2020)	гіпотермічний синдром із непритомністю
3	Chan, S. A. et al. (2018)	холодові опіки кистей верхніх кінцівок, обличчя та верхніх дихальних шляхів I ступеня
4	Gruber, E. et al. (2024)	відмороження I ступеня обох стоп і кисті лівої верхньої кінцівки; відмороження III-IV ступеня всіх пальців кисті правої верхньої кінцівки
5	Higdon, B. et al. (2015)	відмороження II-III ступеня пальців обох кистей
6	Poole, A., & Gauthier, J. (2016)	відмороження кисті правої верхньої кінцівки III ступеня
7		відмороження III ступеня обох великих пальців стоп
8	MacLennan, M. et al. (2021)	відмороження II ступеня лівого першого пальця стопи
9	Mitchell, T. A. et al. (2021)	обмороження передпліччя правої руки I ступеня
10	Detanac, D. et al. (2022)	обмороження IV ступеня дистальних фаланг кистей рук та стоп
11	Schweizer, A. (2024)	глибоке обмороження IV ступеня 2–5-го пальців обох рук
12	Xiao, Y. et al. (2022)	обмороження рук III та стоп IV ступеня
13	Snoap, T. et al. (2015)	обмороження IV ступеня пальців обох рук
14	Giesbrecht, G. G., & Brock, J. R. (2022)	обмороження IV ступеня правого ліктя; смерть
15	Jellestad, P. L., & Holm, M. O. (2023)	обмороження правої кисті: другого пальця III ступеня; 3–5-го пальців I-II ступеня
16	O'Connor, M. et al. (2018)	обмороження міжлопаткової зони II ступеня

Основними чинниками виникнення холодової травми у 81,3% випадків є: низька температура навколишнього середовища – 43,8%, наявність вітру та опадів (снігу) – 37,5%, а також контакт із холодним металом – 18,7%. Зазначається також про випадок кріобрендування – клеймування охолодженим залізом. Згідно з проведеним аналізом даних науковців ХТ мали 87,5% чоловіків і 12,5% жінок (див. табл. 2). Щодо вікової характеристики: серед чоловіків вік варювався від 18 до 62 років, середній вік – 43,1. Найбільша кількість постраждалих була серед чоловіків віком 20–55 років, зокрема через вплив низьких температур – 62,5% випадків. У п'яти клінічних випадках температура як травматичний чинник не відмічалась.

Таблиця 2. Деякі характеристики чинників холододових травм, описаних у клінічних випадках, використаних у систематичному огляді.

№	Стать	Вік	Чинник	Температура	Час	Джерело
1	чол.	18	зовнішнє середовище	-30°C	30 хв	[10]
2	чол.	2	зовнішнє середовище	6°C	15 хв	[9]
3	чол.	53	зовнішнє середовище	-8°C	23 год	[13]
4	чол.	33	зовнішнє середовище	-13°C	90 хв	[16]
5	чол.	46	зовнішнє середовище	-45°C	27 год	[35]
6	чол.	43	зовнішнє середовище	-40°C	64 год	
7	чол.	48	зовнішнє середовище	-47°C	8 год	[23]
8	жін.	33	холодний метал	немає даних	10 с	[29]
9	чол.	40	зовнішнє середовище	немає даних	немає	[8]
10	чол.	32	зовнішнє середовище	немає даних	немає	[42]
11	жін.	18	зовнішнє середовище	немає даних	12 год	[44]
12	чол.	55	зовнішнє середовище	немає даних	немає	[40]
13	чол.	62	зовнішнє середовище	-14°C	4 год	[11]
14	чол.	39	зовнішнє середовище	-50°C	3 хв	[19]

Вивчення взаємозв'язку між температурним чинником та ступенем тяжкості ХТ показало, що чіткої кореляції між цими показниками немає. Усі показники температури нижче нуля призводили здебільшого (43,8%) до розвитку ХТ з мінімальним III ступенем (рис. 1).

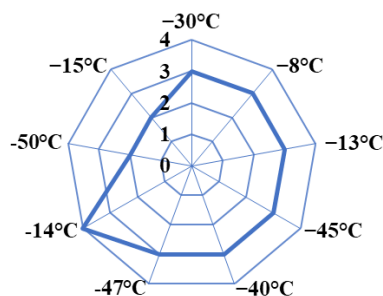


Рис. 1. Взаємозв'язок між температурним чинником та ступенем тяжкості холодової травми серед клінічних випадків (n=9), опрацьованих під час систематичного огляду (за переважаним компонентом холодової травми).

Віковий аспект постраждалих від обмороження також впливає на розвиток холодової травми. Згідно з результатами огляду більший вік хворих відповідав вищому ступеню ураження (рис. 2).

Вивчення часового критерію як можливого чинника розвитку холодової травми показало, що немає чіткого взаємозв'язку між тривалістю впливу та ступенем тяжкості холодової травми (рис. 3).

Усе це свідчить про комплексність холодової травми, тобто більший вплив одних чинників через менший інших або навпаки (рис. 4).

За результатами дослідження норвезьких колег,

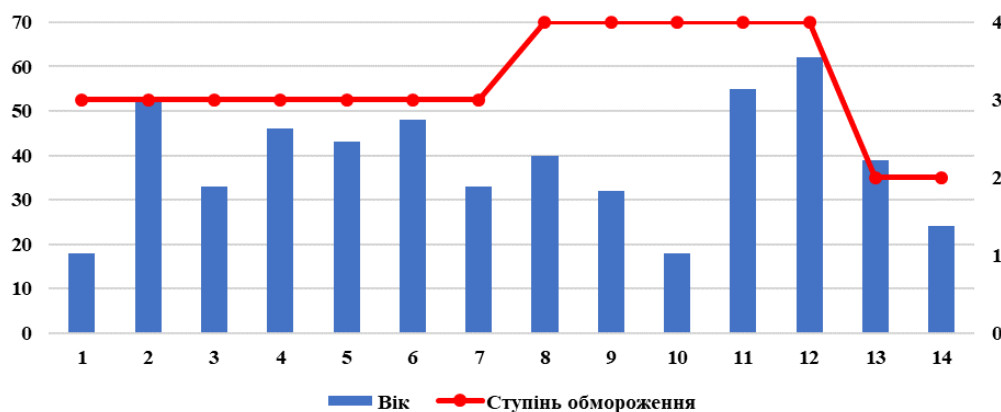


Рис. 2. Взаємозв'язок між віком постраждалих та ступенем тяжкості холодової травми серед клінічних випадків (n=14), опрацьованих під час систематичного огляду (за переважаним компонентом холодової травми).

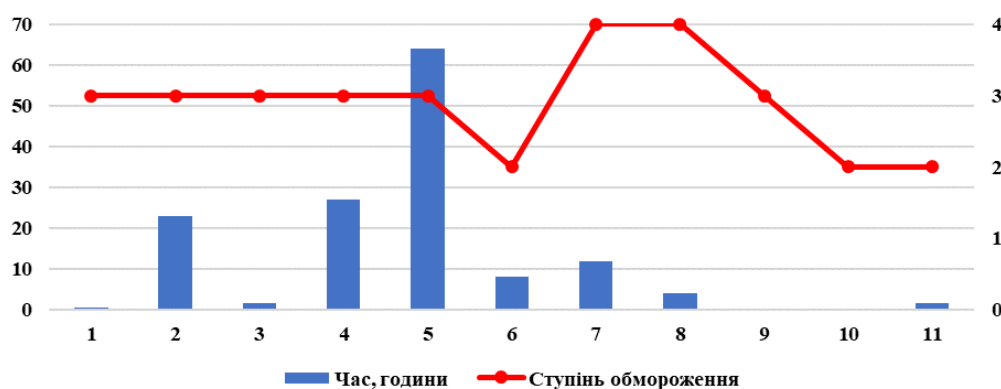


Рис. 3. Взаємозв'язок між тривалістю впливу та ступенем тяжкості холодової травми серед клінічних випадків (n=11), опрацьованих під час систематичного огляду (за переважаним компонентом холодової травми).



Рис. 4. Графічне представлення чинників холодової травми (розробка авторів).

загальна захворюваність на ХТ становить 0,61 з вищою захворюваністю серед жінок (1,02), ніж у чоловіків (0,51). Повідомляється, що більша частина (55,3%) усіх ХТ діагностована в найхолодніших регіонах північної Норвегії. Щодо тяжкості травми: у 44,3% випадків – I ступеня, 19,3% ХТ – II ступеня. Третій ступінь ХТ мали 6,5% пацієнтів. Більшість бійців отримали поранення рук (49,7%) або ніг (41,2%). Оцінка ступеня тяжкості ХТ показала, що на руках переважало обмороження II ступеня (61,4%), водночас на ногах – III (52,7%) (див. табл. 1). Загалом у 13,9% військовослужбовців діагноз під час першого відвідування медичного пункту не був встановлений. Більшість солдатів (84,8%) повернулися на службу менш ніж через 2 тижні після травми [30]. Про вплив метеорологічних чинників також наголошено у клінічному описі Norheim A. J. та ін. (2017), де кавказький військовослужбовець отримав обмороження обох рук під час зимових навчань. Унаслідок ХТ у пацієнта розвинулися сенсорно-моторні порушення та холодова гіперчутливість [32].

За результатами дослідження J. A. Kuht et al. (2019), які проаналізували серію випадків за участю 100 пацієнтів із незамерзаючою холодовою травмою, холод та виконання статичних дій були статистично значущими ситуаційними факторами ризику ХТ. Встановлено, що зневоднення не є фактором ризику ХТ [21]. У дослідженні K. M. Neil et al. (2016) також наголошується на впливі метеорологічних чинників: 50% пацієнтів із ХТ проходили службу в Королівській морській піхоті, причому понад дві третини від загальної кількості випадків – навчання в Арктиці та Норвегії [14]. Дослідження ХТ у військовослужбовців північно-східного Китаю показало, що загальна частота випадків становила приблизно 40,7% від загальної кількості особового складу [45]. Інші поширені холодові травми у військовослужбовців – занурення стопи, пернію, феномен Рейно, холодова кропив'янка [20].

Хоча обмороження є травмою від замерзання, стопа під зануренням (траншейна стопа) являє собою травму від холоду без замерзання [28]. Упродовж 2015–2020 років в армії США було зареєстровано 590 випадків занурення стопи [43]. Вважають, що патогенез пов'язаний із надмірною гідратацією рогового шару та повторюваними циклами спричиненої холодом термозахисної вазоконстрикції, що призводить до циклічних гіпоксичних та реперфузійних ушкоджень, які, зрештою, уражають нерви, м'язи, підшкірну жирову клітковину та кровоносні судини [27]. Ранні звернення військовослужбовців до медичного пункту з ХТ дозволяли встановити такі стадії перебігу: передгіперемічну, гіперемічну та постгіперемічну. Передгіперемічна стадія триває від годин до днів і характеризується похолоданням кінцівок, зміною кольору, набряком, анестезією в панчохах або рукавичках, пухирями, некрозом і потенційною втратою пульсу. Гіперемічна стадія може тривати від 6 до 10 тижнів, їй властиві судинно-сенсорні порушення. Крім того, уражена кінцівка зазвичай залишається теплою та

червоною навіть за низьких температур. Постгіперемічна стадія може тривати від місяців до років, може мати такі симптоми: чутливість до холоду, збліднення пальців, набряк, гіпергідроз, стійка периферична нейропатія [21].

Пернію – ще один важливий стан, пов'язаний із холодом; однак, на відміну від попередніх 2 станів, він не обов'язково спричинений тривалим впливом низьких температур, а радше проявляється як спалах під час контакту з холодом. R. A. Kowtoniuk et al. (2021) описали випадок 39-річного військовослужбовця з ціанотичними пальцями, вкритими буллами, причому дорсальні ураження виглядали більш поверхневими, ніж глибші підшовні булли. Пацієнт вказав на холодну погоду як єдиний пов'язаний чинник і заперечив будь-які інші супутні симптоми [20].

Феномен Рейно (хвороба Рейно) характеризується спричиненими холодом трифазними змінами кольору кінцівок – початкове збліднення та блідість, які переходять у ціаноз і, нарешті, еритему з пов'язаним болем на стадії одужання. Вазоконстрикція, викликана холодом, є нормальною фізіологічною реакцією, але при хворобі Рейно реакція перетворюється на спазм судин і є патологічною. Дослідження, проведене на півночі Швеції, також виявило обмороження в анамнезі як фактор ризику розвитку хвороби Рейно [41].

Холодова кропив'янка – це різновид фізичної кропив'янки, симптоми якої виникають у відповідь на шкірний холодний подразник. У звіті про звернення 2013 року описано випадок 29-річної жінки, яка проходила службу у ВПС США, симптомом ХТ якої була кропив'янка на відкритій шкірі рук під час фізичних тренувань під дощем [1].

Травми, спричинені або пов'язані з холодною погодою, забрали багато людських життів і призвели до різних виснажливих травм цивільного та військового населення. Найпростішим рішенням для зниження медичних ризиків у холодну погоду було б уникати впливу низьких температур, проте для військових це не завжди можливо. Для уникнення обмороження необхідно забезпечити адекватну перфузію та мінімізувати втрату тепла.

Підтримка перфузії:

1. Підтримка відповідної температури тіла – відповідна кількість одягу.

2. Проведення профілактичних заходів. Надмірне фізичне навантаження спричинить втому тіла, а виділення поту знищить сухе середовище на поверхні тіла, що призведе до значної втрати тепла та зниження внутрішньої температури. Враховавши це, можна запобігти виникненню ХТ шляхом підвищення внутрішньої температури тіла за допомогою відповідних заходів.

3. Зведення до мінімуму впливу основних захворювань або препаратів, які можуть зменшити перфузію периферичних тканин (зокрема серцевої недостатності чи використання адреналіну, ефедрину та інших препаратів), а також уникнення роботи в холодних

умовах, наскільки це можливо.

4. Закриття усієї шкіри (включно з головою та обличчям) одягом для уникнення звуження судин, викликаного холодним середовищем.

5. Унеможливлення обмеження кровотоку, наприклад, зняття тісного одягу чи взуття або рух кінцівками.

6. Забезпечення достатнього постачання і споживання води та їжі.

Зменшення впливу холоду:

1. Уникнення умов навколишнього середовища з ризиком розвитку ХТ, особливо нижче -15 °С.

2. Мінімізація впливу вологи, холоду та вітру на шкіру.

3. Уникнення потовиділення або намокання кінцівок, особливо стоп.

4. Наявність відповідних дій на зміну умов навколишнього середовища (наприклад, зняти одяг під час фізичної активності та одягти після її закінчення).

5. Використання опалювального обладнання.

6. Мінімізація тривалості впливу холоду.

Холодова акліматизація. Протягом тривалого часу (зазвичай 4-6 тижнів), в межах фізіологічної толерантності, повторна холодова стимуляція може спричинити поступове ослаблення реакції холодового стресу та очевидне посилення холодостійкості. Проте деякі дослідження вказують на те, що тривала холодова акліматизація послаблює відчуття дотику, температуру та вібрацію кінцівок і збільшує тяжкість та універсальність симптомів стопи та болю [3].

Невідкладна допомога на місці під час системного холодового ураження. Під час надання домедичної допомоги на місці необхідно якнайшвидше вивести

хворого з холодного середовища та обгорнути тіло ковдрою або одягом (зовнішнє зігрівання), покласти грілки під пахви, у пахових ділянках використовувати обережно (ризик опіків). Оскільки показники життєдіяльності цих пацієнтів часто є нестабільними, їх необхідно перевіряти щохвилини, особливо пульс, якщо немає необхідного обладнання для моніторингу. Якщо пульс не вдається визначити, потрібно негайно розпочати серцево-легеневу реанімацію (СЛР) та доставити пацієнта до лікарні для подальшого лікування. За можливості синхронно розпочати відігрівання, але це не повинно впливати на хід СЛР або на процес перенесення пацієнта. Крім того, якщо в пацієнта є холодова травма спричинена утопленням або сходом лавини, інтубація трахеї повинна бути проведена на ранніх етапах з подачею підігрітого зволоженого кисню. Вдихання теплого газу є додатковим методом зігрівання (рис. 5).

Крім того, через збільшення тону периферичних кровоносних судин, викликаного гіпотермією, недостатнім кровообігом і зниженням температурно-індукованого вивільнення антидіуретичного гормону, у більшості пацієнтів буде різний ступінь гіповолемії. Тому реанімація рідиною або об'ємна терапія є звичайними та необхідними. Інфузія тільки фізіологічного розчину може посилити ацидоз, тому наголошується, що потрібно враховувати і цукор, і сіль, а також уникати порушень водно-електролітного обміну та змін кислотно-лужної рівноваги. Рекомендується, щоб інфузійна рідина була підігріта (до температури 42-44 °С – внутрішнє зігрівання). Такі пацієнти потребують швидкої медичної евакуації на ношах до спеціально обладнаного автомобіля.

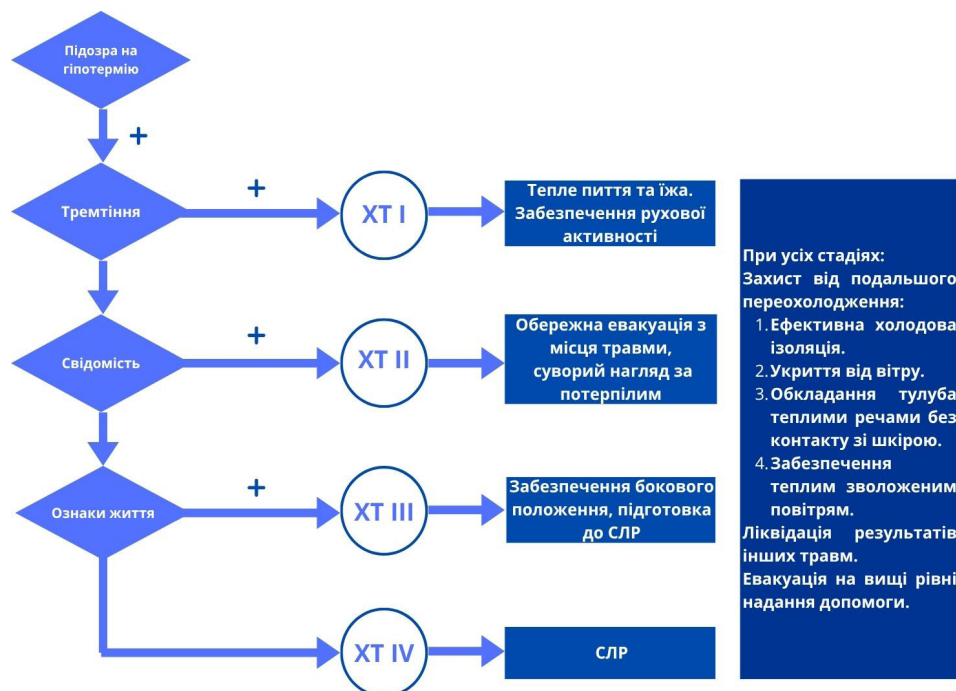


Рис. 5. Невідкладна допомога на місці під час системної холодової травми (СЛР: серцево-легенева реанімація).

Водночас гіпотермія впливає на основний метаболізм пацієнтів і покращує толерантність організму до ішемії та гіпоксії, тому недоцільно передчасно зупиняти СЛР. Серед зареєстрованих випадків зупинки серця, викликаної системним холодним ушкодженням, найдовший час для успішного лікування за допомогою серцево-легеневої реанімації становив 190 хвилин (лише під час зовнішнього зігрівання), і він може досягати навіть 390 хвилин за умов застосування термоковдри та внутрішньолегеневої перфузії [2].

Місцева холодова травма. Пацієнтів із ХТ та незамерзаючою холодовою травмою (НЗХТ) необхідно якнайшвидше вивести з холодного середовища, а ювелірні вироби, що щільно прилягають до тіла – зняти. Після цього потрібно швидко визначити конкретний тип місцевої ХТ пацієнта (див. вище) і призначити відповідне лікування до відправлення пацієнта в лікарню (рис. 6).

Профілактика є найважливішим лікуванням стопи під зануренням. Першим кроком у запобіганні цій травмі є уникнення тривалого перебування на холоді [14]. Вазодилататори також розглядали як можливий спосіб лікування. Ілопрост та нікотиніловий спирт тартрат показали деяке поліпшення, водночас амінофілін та папаверин були неефективними [36].

Незамерзаюча холодова травма (НЗХТ). Після виходу з холодного середовища, якщо в ураженій ділянці немає обмороження, пацієнти часто зігріваються самостійно. Водночас для уникнення вторинного ушкодження замерзання-відтавання або

остеофасціального компартмент-синдрому в пацієнтів із помилковим діагнозом на місці, швидке та активне зігрівання (включно з зануренням у теплу воду) не рекомендовано для пацієнтів із НЗХТ [12]. Після встановлення, що заморожена тканина непридатна для розморожування на місці, не потрібно застосовувати надмірне втручання на травмовані кінцівки/тканини. Рекомендується забезпечувати достатнє надходження рідини та підтримувати температуру тіла, оскільки гіпотермія спричиняє периферичне звуження судин, що погіршує кровопостачання кінцівок. Ще одним важливим завданням є фізичний захист уражених ділянок. Травмовані частини необхідно вільно обгорнути сухими нелипкими пов'язками, а для захисту використовувати подушки, особливо між пальцями рук і ніг. Необхідно максимально обмежити рухи травмованих кінцівок, тому терміново потрібно забезпечити їх евакуацію на ношах. Загалом, видалення пухирів на місці не рекомендується. Однак, якщо натяг пухиря значний та існує ризик його розриву, можна провести пункцію та аспірацію на місці. Після цього потрібно накрити пухир чистою пов'язкою для мінімізації ризику інфікування (за винятком кривавих пухирів). Такі дії можливі за наявності медичних ресурсів. Ці рекомендації є загальноприйнятими, проте наразі бракує доказів, крім ретроспективних аналізів випадків [26]. Антибіотики можуть бути призначені з профілактичною метою у разі ризику інфікування. Необхідно застосовувати такі методи зігрівання (рис. 7):

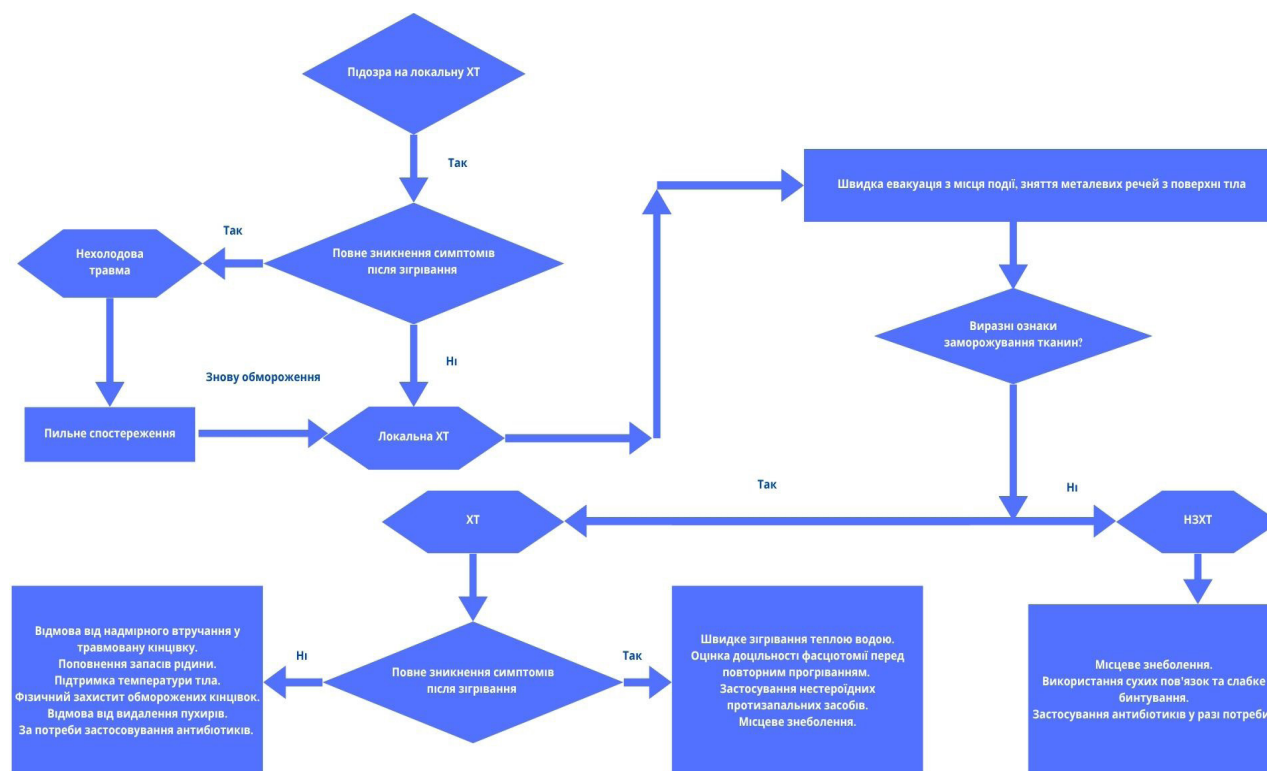


Рис. 6. Невідкладна допомога на місці при місцевій холодовій травмі.

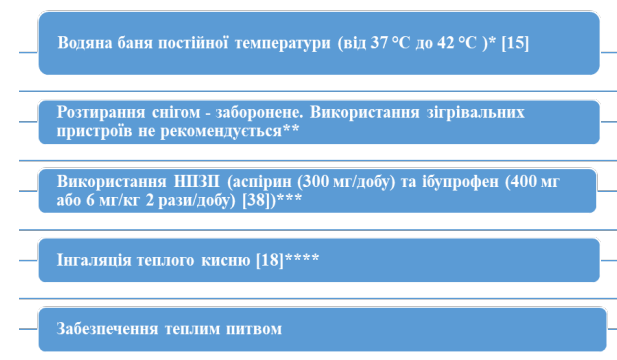


Рис. 7. Методи зігрівання постраждалих під час холодової травми.
Примітки: * - якщо термометра немає, непошкоджену руку рятувальника можна опустити у воду на деякий час (не менше 30 с). Водночас вода може швидко охолонути після початку процесу підігріву, тому за нею потрібно уважно стежити використовуючи термометр або суб'єктивно оцінювати руками рятувальників, а також безперервно й обережно нагрівати воду до цільової температури. Під час розморожування пошкоджені кінцівки можуть самостійно рухатися, але медичний персонал не повинен їх активно масажувати;
 ** - обморожені тканини зазвичай онімілі, тому відповідна температура є важливою, щоб уникнути ятрогенного вторинного ушкодження;
 *** - теоретично НПЗП блокують шлях арахідонової кислоти та зменшують вироблення простагландинів і тромбоксанів. Ці медіатори можуть призвести до вазоконстрикції, ішемії шкіри та подальшого пошкодження тканин;
 **** - відновлення розмороженої тканини у певній мірі залежить від рівня оксигенації розмороженої тканини. Постраждалі з гіпоксією або ті, хто перебуває на висоті понад 4000 м, можуть вдихати кисень через маску або носову кисневу трубку [18].

Висновки та перспективи подальших розробок

1. Холодова травма – найпоширеніший вид травматизму серед військовослужбовців, які виконують бойові завдання в умовах суворого холодного клімату або в зимовий період. Основними чинниками виникнення ХТ були метеорологічні умови – 43,8% (низька температура навколишнього середовища, вітер, опади, зокрема сніг); зовнішнє середовище – 37,5%; вплив азоту або холодного металу – 18,7%.

2. Стать, вік, одяг безумовно впливають на тяжкість та перебіг холодової травми: у більшості випадків ХТ спостерігали в чоловіків – 87,5%, у жінок – 12,5% випадків, середній вік чоловіків становив 43,1 роки.

3. Перша домедична допомога при холодовій травмі має бути спрямована на швидку евакуацію потерпілого на ношах та застосування доступних методів зовнішнього та внутрішнього зігрівання з подачею підігрітого зволоженого кисню.

Перспективи подальших досліджень спрямовані на дослідження ХТ в українських військовослужбовців під час повномасштабної війни.

Список посилань – References

- [1] Barnes, M., Linthicum, C., & Hardin, C. (2013). Cold, red, itching, and miserable. *Mil Med.*, 178(9), 1043-1044. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00120>
- [2] Brown, D. J., Brugger, H., Boyd, J., & Paal, P. (2012). Accidental hypothermia. *The New England journal of medicine*, 367(20), 1930-1938. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1114208>
- [3] Carlsson, D., Pettersson, H., Burstrom, L., & Wahlstrom, J. (2016). Neurosensory and vascular function after 14 months of military training comprising cold winter conditions. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 42(1), 61-70. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3530>
- [4] Castellani, J. W., Eglin, C. M., Ikaheimo, T. M., & Tipton, M. J. (2021). ACSM Expert Consensus Statement: Injury Prevention and Exercise Performance during Cold-Weather Exercise. *Current sports medicine reports*, 20(11), 594-607. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000907>
- [5] Cauchy, E., Davis, C. B., Pasquier, M., & Hackett, P. H. (2016). A New Proposal for Management of Severe Frostbite in the Austere Environment. *Wilderness & environmental medicine*, 27(1), 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2015.11.014>
- [6] Chan, S. A., Alfonso, K. P., & Comer, B. T. (2018). Upper Aerodigestive Tract Frostbite from Inhalation of Automotive Nitrous Oxide. *Ear Nose Throat Journal*, 97(9), 13-14. <https://doi.org/10.1177/014556131809700903>
- [7] Danielsson, U. (1996). Windchill and the risk of tissue freezing. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 81(6), 2666-2673. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.6.2666>
- [8] Detanac, D., Marovac, S., Sengul, I., & Muratovic, S. (2022). Severe Frostbite on Both Hands and Feet in a Vignette Case: From Physics to Clinics. *Cureus*, 14(9), e29085. <https://doi.org/10.7759/cureus.29085>
- [9] Einvik, S., Kruger, A. J., & Gisvold, S. E. (2020). Pediatric hypothermic submersion incident – should we do chest compressions on a beating heart? *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 28(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s13049-020-00779-w>
- [10] Ekdahl, M., & Penninga, L. (2017). Successful conservative treatment of severe frostbite lesions in a Greenlandic Inuit. *BMJ Case Reports*, (2017), bcr2017219672. <https://doi.org/10.1136/bcr-2017-219672>
- [11] Giesbrecht, G. G., & Brock, J. R. (2022). Death After Crevasse Rescue in Antarctica. *Wilderness & Environmental Medicine*, 33(2), 239-244. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2022.02.004>
- [12] Glennie, J. S., & Milner, R. (2014). Non-freezing cold injury. *Journal of the Royal Naval Medical Service*, 100(3), 268-271. <https://doi.org/10.1136/jrnms-100-268>
- [13] Gruber, E., Oberhammer, R., Brugger, H., & Kaufmann, M. (2024). Prolonged critical avalanche burial for nearly 23 h with severe hypothermia and severe frostbite with good recovery: a case report. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 32(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s13049-024-01184-3>
- [14] Heil, K. M., Oakley, E. H., & Wood, A. M. (2016). British Military freezing cold injuries: a 13-year review. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 162(6), 413-418. <https://doi.org/10.1136/jramc-2015-000445>
- [15] Heil, K., Thomas, R., Robertson, G., & Wood, A. (2016). Freezing and non-freezing cold weather injuries: a systematic review. *British medical bulletin*, 117(1), 79-93. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldw001>
- [16] Higdon, B., Youngman, L., Regehr, M., & Chiou, A. (2015). Deep Frostbite Treated With Hyperbaric Oxygen and Thrombolytic Therapies. *Wounds: a Compendium of Clinical Research and Practice*, 27(8), 215-223.

- [17] Ikaheimo, T. M., & Hassi, J. (2011). Frostbites in circumpolar areas. *Global health action*, 4(1), 8456. <https://doi.org/10.3402/gha.v4i0.8456>
- [18] Imray, C. H., & Oakley, E. H. (2005). Cold still kills: cold-related illnesses in military practice freezing and non-freezing cold injury. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 151(4), 218-222. <https://doi.org/10.1136/jramc-151-04-02>
- [19] Jellestad, P. L., & Holm, M. O. (2023). Forfrysninger behandlet med hyperbar ilt. *Ugeskrift for Læger*, 185(17), 1614-1615. URL: <https://ugeskriftet.dk/videnskab/forfrysninger-behandlet-med-hyperbar-ilt>
- [20] Kowtoniuk, R. A., Liu, Y. E., & Jeter, J. P. (2021). Cutaneous Cold Weather Injuries in the US Military. *Cutis*, 108(4), 181-184. <https://doi.org/10.12788/cutis.0363>
- [21] Kuht, J. A., Woods, D., & Hollis, S. (2019). Case series of non-freezing cold injury: epidemiology and risk factors. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 165(6), 400-404. <https://doi.org/10.1136/jramc-2018-000992>
- [22] Long, W. B., Edlich, R. F., Winters, K. L., & Britt, L. D. (2005). Cold injuries. *Journal of long-term effects of medical implants*, 15(1), 67-78. <https://doi.org/10.1615/jlongtermeffmedimplants.v15.i1.80>
- [23] MacLennan, M., Poole, A., & Gauthier, J. (2021). Use of fluorescence to visualize response to iloprost treatment for frostbite. *CMAJ: Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*, 193(31), 1219. <https://doi.org/10.1503/cmaj.202258>
- [24] Maule, A. L., Kotas, K. S., Scatliffe-Carrion, K. D., & Ambrose, J. F. (2024). Cold weather injuries among the active and reserve components of the U.S. Armed Forces, July 2019-June 2024. *MSMR*, 31(11), 2-13.
- [25] McIntosh, S. E., Freer, L., Grissom, C. K., & Hackett, P. H. (2019). Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Frostbite: 2019 Update. *Wilderness & environmental medicine*, 30(4S), 19-32. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2019.05.002>
- [26] McIntosh, S. E., Hamonko, M., Freer, L., & Hackett, P. H. (2011). Wilderness Medical Society practice guidelines for the prevention and treatment of frostbite. *Wilderness & environmental medicine*, 22(2), 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2011.03.003>
- [27] Mills, J. R. (2001). Clinical aspects of freezing cold. *Medical aspects of harsh environments*, (1), 429-466.
- [28] Mistry, K., Ondhia, C., & Levell, N. J. (2020). A review of trench foot: a disease of the past in the present. *Clin Exp Dermatol.*, 45(1), 10-14. <https://doi.org/10.1111/ced.14031>
- [29] Mitchell, T. A., Schroder, T. A., McGovern, K. P., & Cancio, L. C. (2021). Freeze branding: a novel injurious mechanism for humans. *Int J Burns Trauma*, 11(2), 112-114.
- [30] Mekjavic, I. B., Norheim, A. J., & Friedl, K. E. (2023). Human performance and medical treatment during cold weather operations – synthesis of a symposium. *Int J Circumpolar Health*, 82(1), 2246666. <https://doi.org/10.1080/22423982.2023.2246666>
- [31] Norheim, A. J., Sullivan-Kwantes, W., Steinberg, T., Castellani, J., & Friedl, K. E. (2023). The classification of freezing cold injuries - a NATO research task group position paper. *Int J Circumpolar Health*, 82(1), 2203923. <https://doi.org/10.1080/22423982.2023.2203923>
- [32] Norheim, A. J., Mercer, J., Musial, F., & de Weerd, L. (2017). A new treatment for frostbite sequelae; Botulinum toxin. *International journal of circumpolar health*, 76(1), 1273677. <https://doi.org/10.1080/22423982.2016.1273677>
- [33] Nygaard, R. M., Whitley, A. B., Fey, R. M., & Wagner, A. L. (2016). The Hennepin Score: Quantification of Frostbite Management Efficacy. *Journal of burn care & research: official publication of the American Burn Association*, 37(4), e317-e322. <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000277>
- [34] O'Connor, M., Wang, J. V., & Gaspari, A. A. (2018). Cold burn injury after treatment at whole-body cryotherapy facility. *JAAD case reports*, 5(1), 29-30. <https://doi.org/10.1016/j.jocr.2018.10.006>
- [35] Poole, A., & Gauthier, J. (2016). Treatment of severe frostbite with iloprost in northern Canada. *CMAJ: Canadian Medical Association journal – journal de l'Association medicale canadienne*, 188(17-18), 1255-1258. <https://doi.org/10.1503/cmaj.151252>
- [36] Poole, A., Gauthier, J., & MacLennan, M. (2021). Management of severe frostbite with iloprost, alteplase and heparin: a Yukon case series. *CMAJ open*, 9(2), 585-591. <https://doi.org/10.9778/cmajo.20200214>
- [37] Qian, X., & Fan, J. (2006). Prediction of clothing thermal insulation and moisture vapour resistance of the clothed body walking in wind. *The Annals of occupational hygiene*, 50(8), 833-842. <https://doi.org/10.1093/ANNHYG/MEL050>
- [38] Rainsford, K. D. (2009). Ibuprofen: pharmacology, efficacy and safety. *Inflammopharmacology*, 17(6), 275-342. <https://doi.org/10.1007/s10787-009-0016-x>
- [39] Regli, I. B., Strapazzon, G., Falla, M., & Brugger, H. (2021). Long-term sequelae of frostbite – a scoping review. *International journal of environmental research and public health*, 18(18), 9655. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189655>
- [40] Snoap, T., Gallagher, E., Snoap, A., & Ruiters, T. (2015). Bilateral Frostbite of the Hands. *Eplasty*, 15, ic37. eCollection 2015.
- [41] Stjerbrant, A., Pettersson, H., Liljelind, I., Nilsson, T., & Wahlstrom, J. (2019). Raynaud's phenomenon in Northern Sweden: a population-based nested case-control study. *Rheumatol Int.*, 39(2), 265-275. <https://doi.org/10.1007/s00296-018-4133-y>
- [42] Schweizer, A. (2024). Proximal phalanx flexor tendon tenodesis after severe frostbite in a rock climber. *Hand Surgery and Rehabilitation*, 43(3), 101685, 2468-1229. <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2024.101685>
- [43] Update: cold weather injuries, active and reserve components, U.S. Armed Forces, July 2015-June 2020. Military Health System website. Published November 1, 2020. Accessed September 15, 2021. <https://www.health.mil/News/Articles/2020/11/01/Update-Cold-Weather-Injuries-MSMR-2020>
- [44] Xiao, Y., Hao, D., Xin, Y., & Jiang, X. (2022). A Tibetan adolescent girl suffered frostbite on the journey of pilgrimage: A case report. *Chinese journal of traumatology*, 25(3), 184-186. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2021.10.006>
- [45] Yun-en, L. I. U., Xin-wei, L. I. U., & Xu-hui, Y. I. N. (2015). Cold damage among soldiers in cold area of Northeast China: a cross-sectional survey. *Chinese Journal of Public Health*, 31(12), 1666-1668. <https://doi.org/10.11847/zgggws2015-31-12-42>

META-ANALYSIS OF SIGNS, SYMPTOMS, PATHOPHYSIOLOGY, CLINICAL OUTCOMES OF COLD INJURIES DUE TO EXPOSURE TO LOW TEMPERATURES IN MILITARY PERSONNEL WORLDWIDE

Chorna V. V., Shkondin S. V., Nesterova S. Yu., Fedosenko I. M., Savichan K. V., Podolian V. M., Bozhytska O. M., Iftoda O. M.

Annotation. The winter period is associated with cold and the likelihood of cold injury. To establish the peculiarities of the course of cold injury in military personnel of different countries of the world depending on the influence of various factors: temperature, time, age, gender and to draw a relationship between them. To analyse the proposed classifications of cold injury and clinical cases. To study the peculiarities of providing first aid; to determine the algorithm for providing first aid that can be used among the military during a mission/combat task, training. After conducting a meta-analysis and systematic review of the scientific literature, we identi-

fied the following factors of cold injury: gender, age, environmental conditions, meteorological features, clothing, uniforms, duration of exposure to low temperatures, etc. The morphological, clinical and pathogenetic aspects of cold injury have been identified. The main factors of cold trauma in 43.8% of cases were meteorological factors (low ambient temperature, wind and precipitation (snow); 37.5% were environmental factors and the remaining 18.7% was cold metal. In the majority of cases, cold trauma was diagnosed in 87.5% of men and 12.5% of women, with an average age of 43.1. The peculiarities of providing first aid depending on the type of cold injury and the characteristics of traumatic factors have been established, which is extremely important in the current events.

Keywords: cold injury, frostbite, thermal conductivity, freezing, cold stress, Raynaud's disease, trench foot, military personnel.
