

Єхалов В.В., Кравець О.В., Кріштафор Д.А.
Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна

Фактори, що сприяють гострому випадковому переохолодженню організму (літературний огляд)

Резюме. Фактори ризику гіпотермії включають умови, за яких знижується термогенез, порушується терморегуляція та зростають втрати тепла. До основних груп факторів ризику гіпотермії відносяться: низька температура зовнішнього середовища; дія холоду, що періодично повторюється; зниження теплопродукції; порушення терморегуляції при тяжких травмах і захворюваннях; підвищення тепловіддачі внаслідок антропологічних особливостей (вік, раса, стать, конституція), патологічних станів (шкірних захворювань, вазодилатації, захитування та інших соматичних та неврологічних захворювань) або умов зовнішнього середовища (високої теплопровідності, вологості повітря, швидкості вітру). Даний літературний перегляд можливих причин загального переохолодження та факторів, що сприяють йому, може стати в нагоді при плануванні співробітниками соціальних та спеціалізованих служб заходів із запобігання невідмисній гіпотермії у робітників різних галузей господарства, військовослужбовців та соціально незахищених верств населення, а також при ретроспективному аналізі причин холодової травми співробітниками рятівних служб, лікарями першого контакту, комбустіологами та персоналом відділень інтенсивної терапії.

Ключові слова: загальне переохолодження; гіпотермія; фактори ризику

У нинішній час темпи скорочення населення в Україні є одними з найвищих у Європі і становлять 0,9–1,1 % на рік. Значна частка факторів, що обумовлюють депопуляцію, залежить від низького рівня життя, погіршення стану здоров'я населення та несприятливих екологічних факторів. До таких впливів належить гостра холодова травма [1]. Рівень летальності при загальному переохолодженні становить від 17 до 69 % [2]. У сучасних умовах, коли на Сході України тривають бойові дії, холодова травма у зимовий період зустрічається серед військовослужбовців доволі часто, і сьогодні ця проблема постає особливо гостро [1].

Фактори ризику гіпотермії включають умови, за яких підвищуються втрати тепла, знижується термогенез, порушується терморегуляція [3].

I. Низька температура навколишнього середовища (повітря, води та навколишніх предметів) підсилює втрати тепла тілом шляхом проведення, конвекції та радіації. Відповідно до закону тепловіддачі Ньютона:

$$\frac{H}{S} = \frac{T - T_n}{I},$$

де H — тепловіддача, ккал/год; S — площа поверхні тіла, м²; T — температура тіла, °C; T_n — температура повітря, °C; та I — коефіцієнт теплоізоляції.

Тепловіддача проведенням і конвекцією лінійно зростає при збільшенні градієнта температур тіла й середовища та зменшується при надійній теплоізоляції [4].

II. Дія холоду, що періодично повторюється [5].

III. Зниження теплопродукції/термогенезу:

- крайній ступінь фізичного перенапруження;
- малорухливість;

- гіпофункція щитоподібної залози, наднирникових залоз, гіпопітуїтаризм;
- знижене харчування, гіпоглікемія, квашіоркор;
- відсутність або обмеження м'язового тремтіння [3, 6, 7].

IV. Порушення терморегуляції:

- гостра спинномозкова травма, інсульт, субарахноїдальний крововилив, черепно-мозкова травма (ЧМТ);
- дисфункція гіпоталамуса;
- множинний склероз, нейропатія;
- неопластичний процес;
- мікседематозна кома (є прикладом субхронічної гіпотермії) [3, 8];
- цукровий діабет — підвищена осмоляльність плазми при неконтрольованому або погано контролюваному цукровому діабеті негативно впливає на регуляцію тепла гіпоталамусом, це особливо помітно при гіпоглікемії та кетоацидозі, а також при уремічних станах [9–11].

V. Підвищення тепловіддачі:

- *шкірні захворювання* (опіки, псоріаз, екسفоліативний дерматит, іхтіоз, синдром Лаелла) [3, 5, 12];
- *вазодилатація* з причини периферичної дисфункції (нейропатії та травми спинного мозку) [13];
- *хімічні фактори*: 1) вживання алкоголю; 2) дія фармакологічних засобів.

1. Вживання алкоголю. За статистикою, 60–80 % загиблих у результаті загального переохолодження організму перебували у стані алкогольного сп'яніння [14–16].

Хворі на хронічний алкоголізм більш чутливі до температурних флуктуацій через зміну відчуттів при сп'янінні, невідповідність одягу погоді, неповноцінне укриття тощо [8, 17]. Алкогольна інтоксикація пригнічує функції терморегуляторного центру. Тепло частково втрачається й за рахунок випаровування вологи в процесі посиленого потовиділення та неконтрольованого холодового діурезу, що сприяє розвитку гіперкоагуляції та гіпоглікемії [18–20].

Окиснення алкоголю в організмі супроводжується пригніченням глікогеногенезу та активацією глікогенолізу, зниженням концентрації транспортера глюкози Glut 1 [14]. Між гіпоглікемією і вживанням етанолу існує тісний прямий кореляційний зв'язок. Через пригнічення тремтіння на тлі дефіциту енергетичних ресурсів (підшкірного жиру, глікогену) термогенез порушується [18, 19].

Чим більше вживана доза алкоголю, тим менш стійкий організм до охолодження [14, 20, 21]. Алкоголь, знижуючи споживання кисню тканинами, пригнічує обмін речовин та знижує теплопродукцію [20], спричиняє периферичну вазодилатацію, що сприяє втраті тепла. У найлютіший мороз сп'яніла людина може йти по вулиці розхристана і не відчувати холоду, але ця «зігрівача» дія алкоголю оманлива [22].

Особливу небезпеку становить засинання сп'янілої людини взимку на відкритому повітрі. Сніг під дією тепла тіла тане, вода просочує одяг, а, як відомо, вологий одяг сприяє швидкому охолодженню організму.

Алкогольна інтоксикація спричиняє тривале пригнічення серцевої функції та негативно впливає на систему гемодинаміку під час зігрівання [23].

Глибока гіпотермія поряд з брадикардією, гіпотензією, міозитами та пригніченням глибоких сухожилкових рефлексів є клінічним проявом енцефалопатії Гае — Верніке: цей патологічний стан пов'язаний з гіпоталамічною геморагією, що спричиняється виснаженням запасів тіаміну [8, 24].

2. Дія фармакологічних засобів:

— вживання лікарських препаратів (амідопірин, реопірин, анальгін, бутадіон, броміди, барбітурати, наркотичні анальгетики групи опію (етилморфін, кодеїн, кодтерпін, кодтермопс, промедол, морфін), антигістамінні препарати, барбітурати, транквілізатори, антидепресанти (особливо трициклічні), нейролептики, еритроміцин, β -адреноблокатори, саліцилати та інші нестероїдні протизапальні препарати, бігуаніди, баклофен) [9, 16, 25, 26];

— деякі фармакологічні агенти можуть спричинити порушення центральної терморегуляції (бензодіазепіни), а фенотіазини можуть як порушувати центральну терморегуляцію, так і пригнічувати периферичну вазоконстрикцію у відповідь на холод за рахунок своєї α -блокуючої активності, інші α -блокатори (празозин) спричиняють гіпотермію (літні люди особливо чутливі до такого ефекту);

— седативні препарати провокують периферичну вазодилатацію, пригнічують тремтіння, мають безпосередній вплив на гіпоталамус, знижують настановну точку терморегуляції;

— вальпроати в деяких випадках теж сприяють переохолодженню [16, 18, 24, 27–29];

— *гострі отруєння* (метанол, тетраетилсвинець, феноли, карболова кислота, крезол, лізол, резорцин, гідрохінон, конопля індійська, насіння полину цитварного) [16, 25–27, 30, 31];

— *вазодилатація внаслідок місцевої подразнюючої дії хімічних агентів* (спирти, феноли, альдегіди, органічні розчинники, камфора, похідні нікотинової кислоти тощо).

Відома сумна легенда про хлопчика, оголене тіло якого у 1496 році для святкової вистави у замку міланського герцога Моро видатний художник і неперевершений механік Леонардо да Вінчі вкрив золотою фарбою; випадково дитина була залишена у величезній холодній залі, унаслідок чого хлопчик загинув від загального переохолодження [22].

Висока теплопровідність навколишнього середовища

Специфічні особливості водного середовища (теплопровідність води у 25 разів, а теплоємність — у 4 рази вища за відповідні показники для атмосферного повітря) обумовлюють швидке виснаження можливих механізмів терморегуляції: організм людини у воді втрачає тепло приблизно в 11 разів швидше, ніж у повітряному середовищі такої ж температури, а швидке занурення до холодної води збільшує тепловтрату в 32 рази [21].

Коли температура води досить низька, переохолодження відбувається швидше під час рухів тіла, ніж у спокої. Під час купання у воді з температурою 10,5 °C продукція тепла зростає у 2,5 рази, але переохолодження все ж таки має місце. Незважаючи на це, спостереження за особами, які перепливали Ла-Манш у 1950-х роках, пока-

зали, що їх ректальна температура становила 34–38,3 °C через 18 годин у 16-градусній воді. Це пояснювалося відносно значними запасами підшкірного жиру у плавців та високим обміном речовин під час плавання [9].

Реакція на занурення в холодну воду буває короткочасною (холодовий шок), середньостроковою (втрата працездатності) і довготривалою (розвиток гіпотермії) [32]. Час безпечно перебування у воді залежно від її температури становить: при 24 °C — 7–9 годин; при 5–15 °C — 3,5–4,5 години, при 0–10 °C — 20–40 хвилин, а при –2 °C — 3–8 хвилин. Через 20–30 хвилин роботи у холодній воді настає повне виснаження теплових ресурсів організму [33, 34]. Можливе виживання при перебуванні у воді при 24 °C до 8 годин, при 20 °C — до 2,5 години, при 15 °C — до 1 години, при 10 °C — 35 хвилин. При температурі води 4–6 °C вже через 10–20 хвилин виникають порушення рухової здатності, і тільки 50 % постраждалих виживають в умовах такого термічного режиму. Навіть при знаходженні у воді з «комфортною» температурою внаслідок прогресуючого енергодефіциту швидко настає загальне переохолодження організму, яке може стати основною детермінантою загрожуючого стану. У тих, хто вижив при утопленні, здебільшого можливий розвиток тільки адинамічної стадії переохолодження (при базальній температурі тіла 32–35 °C) [21]. Охолодження при зануренні у холодну воду (< 6 °C) у дітей відбувається набагато швидше, ніж у дорослих [35]. Це особливо характерно для немовлят, у яких ще відсутній ефективний рефлекс тремтіння [36, 37]. Менш виражений підшкірний клітковинний шар та значно більший коефіцієнт співвідношення площі поверхні до маси тіла у дітей у будь-якому віці сприяють більш швидкому переохолодженню [7, 35]. Аспірація дуже холодної води у маленькому дитячому тілі безпосередньо охолоджує

серце та кров у сонних артеріях, а отже, і головний мозок [7, 36, 38]. Гостра імерсійна гіпотермія є другою за поширеністю після утоплення причиною загибелі людей на морі. Негайними фізіологічними реакціями організму у холодній воді є: холодовий шок, рефлекс занурення, порушення ритму серця та гіпотермія. Холодовий шок — це первинна симпатична реакція організму на вплив холоду, яка призводить до розвитку генералізованого гальмування рухового апарату, різкого порушення координації рухів і дихання, втрати свідомості, до втоплення або раптової смерті. Розвивається холодовий шок протягом 3–4 хвилин — швидше, ніж відбувається мобілізація енергетичних ресурсів та зміна волемічного статусу. Рефлекс занурення (diving reflex) є відповідною реакцією на охолодження та призводить до порушення ритму серця відразу ж після занурення до холодної води. Цей рефлекс найбільш виражений у маленьких дітей. Розвивається периферична вазоконстрикція у висперальних м'язах, кров шунтується до важливих органів (серця, мозку). Виникає гіпервентиляція й тахікардія. Зниження базальної температури веде до пригнічення дихання, гіпоксії, яка тим більше виражена, чим значнішим буде уповільнення метаболічних процесів в організмі. Можливі рефлекторний ларингоспазм або асистолія внаслідок вагусного рефлексу [8, 9, 32, 39, 40] (рис. 1).

Переохолодження мозочка у водному середовищі здебільшого смертельне. Сучасні рятувальні жилети мають спеціальний підголівник, щоб тримати потилицю над водою та мінімізувати ймовірність розвитку «рятувального колапсу», який проявляється у вигляді запаморочення, гіпотонії, неприємності або раптової смерті. Цей патологічний стан може бути спричинений зниженням продукції катехоламінів, що призводить до небезпечної для життя гіпотензії, раптової серцевої аритмії або фібриляції шлуночків. Вилучення жертви з води знижує гідростатичний тиск, який створювався здебільшого навколо ніг. Зняття гідростатичного тиску дозволяє крові накопичуватися в залежних ділянках, припиняючи венозне повернення крові. Холодне серце не може компенсувати зниження артеріального тиску збільшенням серцевого викиду. Охолоджена кров, яка повертається із залежних ділянок, сприяє подальшому зниженню центральної температури, яке прогресує, якщо потерпілий повинен виконувати роботу з порятунку (наприклад, підніматися сходами на човен). Органістичний колапс описаний і в наземних рятувальних ситуаціях [7, 21, 41].

Вологість повітря

Висока вологість повітря збільшує швидкість охолодження шкіри за рахунок випаровування [42]. У приморських районах додаткове холодове навантаження може спричинити відносна вологість повітря, яка при високих значеннях і не дуже низьких температурах повітря (–14 ... –15 °C) посилює тепловіддачу, наслідком цього є те, що за короткий період часу організм людини може втратити значну кількість тепла [32].

При високій вологості повітря погіршується якість самого повітря як ізолятора [43, 44]. Суб'єктивні відчуття холоду у вологому повітрі (при його температурі менше, ніж температура шкіри) виникають з тієї причини,

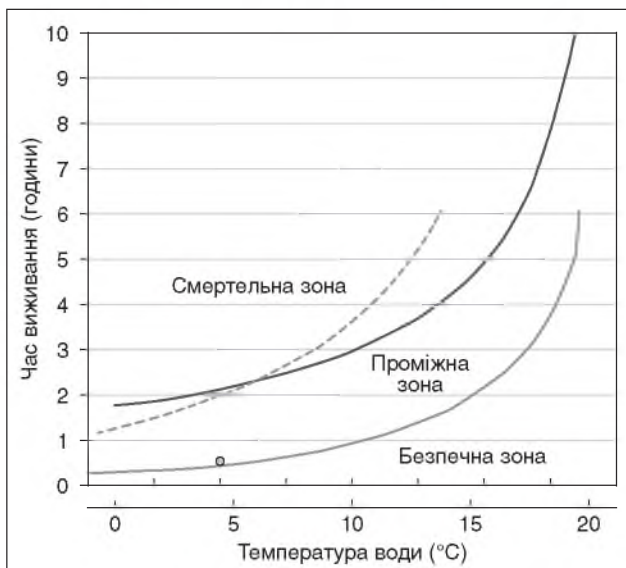


Рисунок 1. Виживання у воді як функція температури та часу (за Kulling P. et al., 2015) [9]

Примітки: проміжна зона — температура води, при якій у 50 % випадків можна втратити свідомість, що зазвичай призводить до утоплення; смертельна зона — температура води, при якій не очікується виживання.

що при збільшенні вологості (збільшується й рівноважна вологість поверхні шкіри) число молекул води, що конденсуються на поверхні шкіри, збільшується [45].

Погані та/або мокрі одяг та взуття

Не буває поганої погоди, буває поганим одяг (англійська приказка).

— Мокрий одяг спричиняє 20-кратне збільшення втрат тепла від тіла [33];

— механічне стиснення тканин тісним одягом та взуттям уповільнює або припиняє адекватний кровообіг [3, 46].

Захищення (морська хвороба)

Захищення може призводити до переохолодження, збільшуючи тепловтрати, та зменшувати теплопродукцію під час перебування у холодній воді [47].

Швидкість вітру

Кожні 1,5 км/год (4,5 м/с) дорівнюють зниженню температури на 1 °C [5]. При збільшенні швидкості вітру з 0,1 до 0,18 м/с тепловтрати зростають на 20 %, при підвищенні до 0,25 м/с — на 70 %, а при швидкості вітру 0,6 м/с вони збільшуються вдвічі [48]. Приєднання вітру швидкістю 10 м/с при температурі повітря –5 °C за холодним індексом відповідає 20-градусному морозу. Швидкість вітру 10 м/с і температура повітря –10 °C відчувається як 30-градусний мороз, при тій же швидкості вітру і температурі повітря –25 °C мороз буде відповідним –50 °C. Вітер швидкістю 18 м/с за відчуттям перетворює 45-градусний мороз на 90-градусний [34, 42, 49].

Як згадується у багатьох роботах з біокліматології, тепловий стан людини в холодну пору року в основному визначається низькою температурою повітря та швидкістю вітру, які впливають на охолодження незахищених частин тіла та на органи дихання. Для визначення ступеня суворості погоди використовується метод Бодмана:

$$S = (1 - 0,04 \times t) \times (1 + 0,27 \times v),$$

де S — індекс суворості, бали; t — температура повітря, °C; v — швидкість вітру, м/с. При $S < 1$ погода м'яка, 1–2 — малосувора, 2–3 — помірно сувора, 3–4 — сувора, 5–6 — жорстко сувора, більше за 6 — край сувора.

Вологий вітер знижує ефективну ізоляцію одягу на цілих 90 % [32, 50].

Технічні охолоджувальні пристрої

Навіть улітку надмірно прохолодний кондиціонер становить небезпеку загального переохолодження, особливо для немовлят, людей похилого віку та недієздатних осіб, які можуть бути не в змозі висловити свої відчуття [51]. Загальне та локальне холодове ураження (дуже рідко) буває з причин випадкового зачинення (здебільшого дітей, які бавляться) у морозильних камерах та побутових холодильниках застарілих марок типу «Кристал», «Дніпро», «Донбас» тощо, які неможливо відкрити зсередини. Причиною можуть також бути технічні аварії з масивним викидом зріджених газів [21].

Вікові особливості

Новонароджені діти дуже чутливі до холоду, оскільки мають велику площу тіла щодо об'єму, центр регуляції тепла їх мозку не до кінця розвинений і їм не вистачає здатності тремтіти. Це певною мірою компенсується теплопродукцією з бурого жиру. Немовлята і діти раннього віку піддаються підвищеному ризику переохолодження через їх недієздатність, замалу масу тіла, проблеми вербального контакту [52–54]. У дітей менш виражена підшкірна клітковина, що у будь-якому віці призводить до більш швидкого переохолодження. Маленька дитяча голова буде охолоджуватися шляхом кондукції (теплопроведення) набагато швидше, ніж велика голова дорослого [7, 36, 38]. Діти продукують більше метаболічного тепла, ніж дорослі, якого зазвичай вистачає для підтримки температури тіла під час вправ, але не під час тривалого відпочинку [55]. Немовлята мають незрілу гіпоталамічну терморегуляцію та високий потенціал спокою блукаючого нерва, тому вони менш здатні до звуження судин [56].

Літні люди також схильні до загального переохолодження, оскільки вони, як правило, мають численні супутні захворювання. Фізичні та когнітивні обмеження можуть перешкоджати їм в певних ситуаціях дістатись більш теплого середовища [13, 57]. Поріг вазоконстрикції у пацієнтів віком від 60 до 80 років нижчий приблизно на 1 °C, ніж у віці 30–50 років [58–61], а тривалість переносимості інтенсивного повітряного охолодження у них в середньому на 36–43 % менше, ніж у молодих випробуваних осіб в аналогічних умовах [48]. Люди похилого віку схильні до підвищеного ризику порушень терморегуляції через зменшення внутрішньосудинного об'єму та зниження серцевої функції [62, 63]. За даними епідеміологічних досліджень, близько 50 % смертей у США, що пов'язані з гіпотермією, припадає на людей віком старше 65 років [61].

Расова приналежність

Ризик отримання холодових травм вищий у темношкірих людей [52]. Афроамериканські чоловіки та жінки відповідно у 3,7 та 2,2 рази більше страждають від загального та локального переохолодження, ніж європейці [64, 65]. У білого населення більш високий показник індексу стійкості до обморожень (Resistance Index for Frostbite, RIF), ніж у чорношкірих [66].

Стать

Частота обморожень у чоловіків була вищою в усіх вікових групах порівняно з госпіталізованими жінками [64]. Центральна температура у жінок зазвичай знижується швидше, ніж у чоловіків [52, 63]. Граничні значення як для потовиділення, так і для вазоконстрикції у представниць жіночої статі на 0,3–0,5 °C вищі, ніж у чоловіків, навіть протягом фолікулярної фази менструального циклу (перші 10 днів). У жінок фертильного віку під час овуляції температура тіла може збільшуватися на 1 °C під дією лютеїнізуючого гормону [67–70]. Нейрофізіологічні механізми, що забезпечують енергетичні процеси у корі головного мозку, при холодovому стресі в кліматичних умовах арктичної зони мають у

юнаків і дівчат різний характер. Так, у дівчат адаптивні нейрофізіологічні процеси, що пов'язані з енергозабезпеченням головного мозку, перебігають більш напружено та вимагають більших енергетичних витрат, ніж у юнаків [71].

Конституція

Велика маса тіла захищає людину від загального переохолодження. Жир в огрядних людей має низьку теплопровідність, що знижує втрати тепла через шкіру та зводить до мінімуму можливість переохолодження; у пацієнтів з ожирінням поріг звуження судин при низькій температурі навколишнього середовища вищий. Пацієнти з недостатньою масою мали найбільші шанси отримати холодові травми [63, 72].

М'язи ізолюють від холоду, поки вони розслаблені. Як тільки вони активізуються, то заповнюються кров'ю, яка охолоджується і потрапляє до тулуба (синдром afterdrop): тому жир краще виконує функцію теплоізоляції, оскільки він мало заповнений кров'ю незалежно від фізичної активності людини [52, 73].

Низький базальний рівень метаболізму, дефіцит м'язової та жирової маси зменшують інтенсивність тремтіння [25, 26, 55].

Попередні патологічні стани

— Масивна крововтрата, гіпотонія, шок, декомпенсація функцій серцево-судинної системи, фізична стомленість;

— порушення периферичного кровообігу: облітеруючі судинні захворювання кінцівок, діабетична ангіопатія, захворювання вен, супутні травми кінцівок [5, 12];

— у разі поперечного ураження спинного мозку здатність регулювати тепло припиняється дистально від місця травми, коли звуження судин зменшується, потерпілий стає функціонально пойкилотермним у зоні ураження [9];

— переохолодження може спричинити спазм коронарних судин при тяжкому атеросклерозі коронарних артерій [74];

— уремія; діабетичний кетоацидоз; гіперглікемічна, гіперосмолярна кома; лактацидемічна кома; недостатність кори надниркових залоз;

— сепсис, особливо грамнегативний, є одним із захворювань, яке часто призводить до переохолодження; переважно збудниками бувають стафілококи, стрептококи, гемофільні штами та ентеробактерії [9, 33, 41];

— тяжкі травми, поширені хірургічні операції, загальне та регіонарне знеболювання, іммобілізація травми у холодovому сценарії [41, 42, 73, 75–77];

— гіпофізарна недостатність (гіпопітуїтаризм);

— дефіцит тіаміну [8, 26];

— втома від фізичних навантажень і хронічний негативний енергетичний баланс сильно впливають на здатність витримувати значний холодovий стрес [32];

— загальне рівномірне або місцеве іонізуюче опромінення [78];

— недостатність надниркових залоз і гіпоглікемія супроводжуються зниженням метаболічного вироблення тепла [41];

— у людей з цукровим діабетом може бути периферична або вегетативна нейропатія, яка в умовах холоду порушує ноцицепцію [17, 79];

— периферична нейропатія та пошкодження спинного мозку можуть порушити шкірну вазоконстрикцію;

— дегенерація центральної нервової системи, травма або новоутворення можуть вплинути на центр терморегуляції гіпоталамуса;

— травми внаслідок падіння можуть супроводжуватися переохолодженням через нерухомість та кондуктивну тепловтрату: переломи стегна частіше зустрічаються у холодovу погоду через підвищений ризик послизнутися або внаслідок уповільнення реакції [42].

Порушення поведінкової реакції

— Недієздатність (ранній дитячий або старечий вік, ЧМТ, гостре порушення мозкового кровообігу, інвалідність) [47, 73];

— нервова анорексія, при якій спостерігається недостатня регуляція тепла, що в поєднанні з поганим харчовим статусом і малими запасами підшкірного жиру робить організм більш уразливим до дії холоду [9];

— деменція, маразм, хвороба Паркінсона та інші психічні захворювання (постраждали не можуть шукати притулку або одягатися у теплий одяг в холодovу погоду) [33, 80];

— маловивчені психічні розлади: арктична істерія — піблокто (у ескімосів), менерик (у якутів), емерик (у саамі), мерячення (у російських поморів), сезонний афективний розлад [81–84];

— психопатологічні прояви уражень головного мозку цистицеркозом, який може бути спричинений вживанням термічно необроблених м'ясних продуктів (строганини, копальхему, пемікану тощо) [85];

— алкогольне або наркотичне сп'яніння, яке не дозволяє постраждалому адекватно оцінити ситуацію [8, 14, 15];

— наслідки введення інсуліну [33];

— paradoxical undressing (парадоксальне роздягання): при значному загальному переохолодженні відбувається денервація судинних м'язів, унаслідок чого вазоконстрикція змінюється різкою вазодилатацією, у результаті тепла кров, що омиває внутрішні органи, масивно надходить до периферичних тканин, людина відчуває «гарячий спалах» (bask, тобто «грітися на сонці»), швидко зриває з себе одяг, чим ще збільшує тепловіддачу; одним із пояснень цього може бути розлад рецепторів у центрі контролю температури гіпоталамуса або передтермінальна вазодилатація; хоча досліджень цього феномена недостатньо, неофіційні дані свідчать про те, що до 20–50 % смертей від переохолодження відбуваються внаслідок парадоксального роздягання, що судово-медичні експерти подекуди розцінюють як результат сексуального насильства [3, 9, 47, 51, 55, 86–88].

Соціальні фактори

— У безхатченків можуть виникати ситуативні обставини через відсутність житла або одягу [3, 13, 33, 41, 89];

— голодування [25, 26, 55, 89];

— у сільській місцевості частота гіпотермії вища серед неходячих хворих та осіб з тяжкими супутніми захворюваннями [9, 90].

Автори сподіваються, що проведений літературний перегляд можливих причин загального переохолодження та факторів, що сприяють йому, може стати в нагоді при плануванні співробітниками соціальних та спеціалізованих служб заходів із запобігання випадковій ненавмисній гіпотермії у робітників різних галузей господарства, військовослужбовців та соціально незахищених верств населення, а також при ретроспективному аналізі причин холодової травми співробітниками рятувних служб, лікарями першого контакту, комбустіологами та персоналом відділень інтенсивної терапії.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Бондарев Є.В. Експериментальне обґрунтування оптимізації профілактики та лікування холодової травми засобами метаболітотропної та протизапальної дії. Автореф. дис. ... д-ра фарм. наук. Харків, 2020. 45 с.
2. Царев А.В. Способ интенсивной терапии общего переохлаждения. Медицина неотложных состояний. 2017. № 2. С. 145-149. DOI: 10.22141/2224-0586.2.81.2017.99707.
3. Мищук Н.Е. Холодовая болезнь (гипотермия). Медицина неотложных состояний. 2006. № 4 (5). С. 42-47.
4. Владыка А.С., Суслев В.В., Тарабрин О.А. Инфузионная терапия при критических состояниях. Под ред. В.В. Суслева. Киев: Логос, 2010. С. 179-185.
5. Авхименко М.М. Холодовая травма: неотложная медицинская помощь, профилактика. Медицинская сестра. 2014. № 1. С. 33-39.
6. Шаповал О.В. Застосування термоізолювальної медичної пов'язки в комплексному лікуванні постраждалих із холодовою травмою. Ортопедія, травматологія та протезування. 2015. № 2. С. 48-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872015248-52>.
7. Paal P., Gordon L., Strapazzon G. et al. Accidental hypothermia — an update. Review. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. 2016. Vol. 24. P. 1-20. DOI: 10.1186/s13049-016-0303-7.
8. Шлапак И.П., Мищенко Д.Л. Гипотермия: клинико-физиологические аспекты, лечение и мониторинг. Острые и неотложные состояния в практике врача. 2009. № 2. С. 21-25.
9. Kulling P. et al. Hypotermi Kylskador Drunkningstillbud i kallt vatten. Stockholm: Socialstyrelsen, 2015. 138 p.
10. Олійник Г.А., Григор'єва Т.Г., Ніконов В.В. Клініко-експериментальні паралелі загальної та локальної холодової травми. Медицина невідкладних станів. 2011. № 4(35). С. 94-97.
11. Олейник Г.А. Лейкоцитарные индексы в прогнозировании течения и исходов холодовой травмы. Международный медицинский журнал. 2010. № 16(2). С. 63-69.
12. Петров Н.В., Бобров Д.С., Слияков Л.Ю. Термические поражения. Определение тяжести и оказание помощи в ЧС: лекция. Протокол № 8. М., 2016. С. 10-16.
13. Duong H., Patel G. Hypothermia: StatPearls [Internet]. January 27, 2021. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545239/>
14. Терехина Н.А., Акимов П.А. Влияние острой алкогольной интоксикации на содержание гликогена в печени при общем охлаждении организма. Медицинский алфавит. 2017. № 2(20). С. 36-38.
15. Коротун В.Н. Холодовая травма и алкогольное опьянение. Проблемы экспертизы в медицине. 2007. № 28(4). С. 31-33.
16. Лекарственная токсикология: учебник. Под ред. Дроговоз С.М., Лукьянчука В.Д., Шеймана Б.С. Харьков, 2014. 590 с.
17. Lorentzen A.K., Christopher Davis C., Penninga L. Interventions for Frostbite injuries. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2018 Mar. 2018(3): CD012980. DOI: 10.1002/14651858.CD012980.
18. Михайличенко А.В. Интенсивная терапия термических поражений. Чита: РИЦ ЧГМА, 2013. 91 с.
19. Степанян Ю.С. Диагностический комплекс гистоморфологических изменений щитовидной железы при смерти от общего переохлаждения организма. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ижевск, 2002. 22 с.
20. Стефаненко Е.В. Судебно-медицинская оценка признаков смерти от общего переохлаждения организма. Вестник ВМГУ. 2007. № 6(2). С. 120-126.
21. Волков О.О., Дзяк Л.А., Схалов В.В., Зозуля О.О., Клигуненко О.М., Лященко О.В., Седінкін В.А., Станін Д.М. Механічна асфіксія. Дніпро: ЛІРА, 2019. С. 79-80.
22. Кабанов А.Н. Кожа. Детская энциклопедия. Т. 7. Москва: Просвещение, 1966. С. 99-100.
23. Lopnow G., Wilson L.D. Effects of ethanol on systemic hemodynamics in a porcine model of accidental hypothermia. American Journal of Emergency Medicine. 2015. Vol. 33(10). P. 1414-1419. DOI: 10.1016/j.ajem.2015.07.012.
24. Югов К.М. Судебно-медицинская оценка степени алкогольной интоксикации при смерти от переохлаждения. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Барнаул, 2003. С. 3-6.
25. Лиманкина И.Н. Волна Осборна в психиатрической практике. Вестник аритмологии. 2006. № 43. С. 53-57.
26. Прилуцкая Е.Ю., Шмидт Е.Ю., Маркова Т.В., Яблучанский М.И. Значение волны Осборна в выборе современной тактики лечения пациентов с гипотермией на примере клинического случая. Медицина невідкладних станів. 2016. № 3(74). С. 152-157.
27. Козычева О.П., Лебедев М.Л., Филяков А.И. и др. Отравления метанолом: диагностика, терапия и исходы. Вестник клинической больницы № 51. 2012. № 1. С. 27-32.
28. Burk B.G., Ward A.H., Clark B. A case report of acute hypothermia during initial inpatient clozapine titration with review of current literature on clozapine induced temperature dysregulations. BMC Psychiatry. 2020. Vol. 20. P. 290. <https://doi.org/10.1186/s12888-020-02695-w>.
29. Mallet M.L. Pathophysiology of accidental hypothermia. QJM: An International Journal of Medicine. 2002. Vol. 95(12). P. 775-785. <https://doi.org/10.1093/qjmed/95.12.775>.
30. Сарманов С.Х., Иванов В.Б., Ахметов И.Р. Токсическое действие метилового спирта: экстренная медицинская помощь. Вестник клинической больницы № 51. 2017. № 1. С. 24-29.
31. Зобнин Ю.В., Выговский Е.Л., Дегтярева М.А. и др. Массовое отравление метиловым спиртом в Иркутске в декабре 2016 года. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2017. № 3. С. 29-36.
32. Giesbrecht G.G. Prehospital treatment of hypothermia. Clinical Updates in Wilderness Medicine. 2001. Vol. 12(1). P. 24-31. DOI: [https://doi.org/10.1580/1080-6032\(2001\)012\[0024:PTOH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1580/1080-6032(2001)012[0024:PTOH]2.0.CO;2)

33. O'Connell J.J., Petrella D.A., Regan R.F. Accidental hypothermia & frostbite: Cold-related conditions. In: J.J. O'Connell (Ed.). *The Health Care of Homeless Persons: A Manual of Communicable Diseases & Common Problems in Shelters & on the Streets*. Boston, Mass: BHCP, 2004. P. 189-197.
34. Seltner N. *Between Extremes: Health Effects of Heat and Cold*. *Environ Health Perspect*. 2015. Vol. 123(11). P. A275-80. doi: 10.1289/ehp.123-A275.
35. Meyer M., Pelurson N., Khabiri E. et al. Sequela-freelong-term survival of a 65-year-old woman after 8 h and 40 min of cardiac arrest from deep accidental hypothermia. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014. Vol. 147(1). P. e1-e2. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.08.085.
36. Paal P., Gordon L., Strapazzon G. et al. Accidental hypothermia — an update. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med*. 2016. Vol. 24(1). P. 111. doi: 10.1186/s13049-016-0303-7.
37. Klein J.R. *Child in the wilderness*. In: Auerbach P.S., editor. *Wilderness Medicine*. Philadelphia: Elsevier Mosby, 2012. P. 1952-1977.
38. Filset M., Fredriksen K., Gamst T.M. et al. Guidelines for Management of Accidental hypothermia in a University Hospital in Northern Norway. *Anesthesiology. Reanimatology*. 2016. Vol. 61(6). P. 479-482. DOI: 10.18821/0201-7563-2016-6-479-482.
39. Lukavetskyj O.V., Varyvoda E.S., Stoyanovsky I.V., Chermerys O.M. *Frostbite. Guidelines for Dentistry Students*. Lviv, 2019. С. 10-13.
40. Закревский Ю.Н., Матвеев П.П. Особенности холодовой и комбинированной механо-холодовой травмы при морских катастрофах (обзор литературы). *Медицина катастроф*. 2014. № 4(88). С. 46-49.
41. Dow J., Giesbrecht G.G., Danzl D.F. *Evaluation and Treatment of Accidental Hypothermia: 2019 Update*. Medical Society Clinical Practice Guidelines. 2019. Vol. 30(4S). P. S47-S69. DOI: 10.1016/j.wem.2019.10.002.
42. Biem J., Koehncke N., Classen D., Dosman J. Out of the cold: management of hypothermia and Frostbite. *Canadian Medical Association Journal*. 2003. Vol. 168(3). P. 305-311.
43. Вишневский Е.П., Чепурин Г.В. Необходимость осушения воздуха и оценка профицита влаги. *Сантехника. Отопление. Кондиционирование*. 2010. № 4(100). С. 72-77.
44. Чащин В.П., Гудков А.Б., Чащин М.В., Попова О.Н. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к острому воздействию холода. *Экология человека*. 2017. № 5. С. 3-13.
45. Юдаев Н.В., Потоцкая Л. Основной фактор обеспечения жизнедеятельности человека. *Охрана и экономика труда*. 2017. № 3(28). С. 81-91.
46. Фисталь Э.Я., Козинец Г.П., Самойленко Г.Е. и др. *Комбустиология: учебник*. Донецк, 2005. С. 242-251.
47. Jeican I.I. The pathophysiological mechanisms of the onset of death through accidental hypothermia and the presentation of "The little match girl" case. *Clujul Medical Journal*. 2014. Vol. 87(1). P. 54-60. DOI: 10.15386/cjm.2014.8872.871.ijj1.
48. Шигеев В.Б., Шигеев С.В. *Очерки о холодовой травме*. Москва: Агисторг, 2016. 450 с.
49. Рыбдылов Д.Д., Гомбожапов Э.З., Николаева К.В. Инфузионная терапия при лечении местной холодовой травмы. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2008. № 3(61). С. 130-131.
50. Ситицын И.С., Георгица И.М., Иванова Т.Г. Биоклиматическая характеристика территории в медико-географических целях. *Ярославский педагогический вестник*. 2013. Т. III(4). С. 279-283.
51. Biggers A., Kraft S. *Everything you need to know about hypothermia*. *Medical News Today*, 2018. URL: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/182197#treatment>.
52. Torossian A. *Thermal management during anaesthesia and thermoregulation standards for the prevention of inadvertent perioperative hypothermia*. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 2008. Vol. 22. P. 659-668.
53. Арьев Т.Я. *Холодовая травма. Патологическая физиология экстремальных состояний*. Москва, 1973. С. 224-237.
54. Davis C.P., Balentine J.R. *Hypothermia*. *Medicine Net*. 2020. URL: https://www.medicinenet.com/hypothermia_extended_exposure_to_cold/article.htm.
55. William P., Cheshire Jr. *Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress*. Review. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. 2016. Vol. 196. P. 91-104.
56. Riley C., Andrzejowski J. *Inadvertent perioperative hypothermia*. *BJA Education*. 2018. Vol. 18(8). P. e227-e233. DOI: 10.1016/j.bjae.2018.05.003.
57. Ranhoff A.H. *Accidental hypothermia in the elderly*. Review. *International Journal of Circumpolar Health*. 2000. Vol. 59(3-4). P. 255-259.
58. Sessler D. *Perioperative thermoregulation and heat balance*. *The Lancet*. 2016. Vol. 387. P. 2655-2664. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00981-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00981-2).
59. Flouris A.D., Piantoni C. *Links between thermoregulation and aging in endotherms and ectotherms*. *Temperature*. 2015. Vol. 2(1). P. 73-85.
60. Blatteis C.M. *Age-Dependent Changes in Temperature Regulation: A Mini Review*. *Gerontology*. 2012. Vol. 58. P. 289-295. DOI: 10.1159/000333148.
61. Alba B.K., Castellani J.W., Charkoudian N. *Cold-induced cutaneous vasoconstriction in humans: Function, dysfunction and the distinctly counterproductive*. *Experimental Physiology*. 2019. Vol. 104. P. 1202-1214. DOI: 10.1113/EP087718.
62. Osilla E.V., Marsidi J.L., Sharma S. *Physiology, Temperature Regulation*. StatPearls Publishing LLC, 2021. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507838/>
63. Min J.-Y., Choi Y.-S., Lee H.-S. et al. *Increased cold injuries and the effect of body mass index in patients with peripheral vascular disease*. *BMC Public Health*. 2021. Vol. 21. P. 294.
64. Heil K., Thomas R., Robertson G. et al. *Freezing and non-freezing cold weather injuries: a systematic review*. *British Medical Bulletin*. 2016. Vol. 117(1). P. 79-93. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldw001>.
65. Vale T.A., Symmonds M., Polydefkis M. et al. *Chronic non-freezing cold injury results in neuropathic pain due to a sensory neuropathy*. *Brain*. 2017. Vol. 140(1). P. 2557-2569. <https://doi.org/10.1093/brain/awx215>.
66. Daanen H.A.M., van der Struijs N.R. *Resistance index of Frostbite as a predictor of cold injury in Arctic operations*. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 2005. Vol. 76. P. 1119-22.
67. Nagashima K. *Thermoregulation and menstrual cycle*. *Temperature*. 2015. Vol. 2(3). P. 320-321. DOI: 10.1080/23328940.2015.1066926.
68. Царьов О.В. Порівняльний аналіз методів термометрії при застосуванні цільового температурного менеджменту в інтенсивній терапії. *Медицинський форум*. 2018. № 14(14). С. 90-94.
69. Hatan F., Blondin D.P. *Shivering thermogenesis in humans: Origin, contribution and metabolic requirement*. *Temperature*. 2017. Vol. 4(3). P. 217-226. DOI: 10.1080/23328940.2017.1328999.
70. *Базовый курс анестезиолога: учебное пособие, электронный вариант*. Под ред. Э.В. Недашковского, В.В. Кузькова.

Архангельск: Северный государственный медицинский университет, 2010. С. 212-217.

71. Грибанов А.В., Аникина Н.Ю., Кожевникова И.С. и др. Реакция центрального энергеметаболизма на холодовой стресс у молодых людей, проживающих в арктическом регионе. *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 3-е изд. Arkhangelsk, 2019. С. 17-23. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-3-17-23.

72. Monzón C.G.C., Arana A.C.A., Valz H.A.M. et al. Manejo de la temperatura en el peroperatorio y frecuencia de hipotermia in advertida en un hospital general. *Colombian Journal of Anesthesiology*. 2013. Vol. 41. P. 2. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcae.2013.03.002>.

73. Avellanasa M.L., Ricart A., Botellac J. et al. Management of severe accidental hypothermia. [Manejo de la hipotermia accidental severa]. *Medicina Intensiva*. 2011. Vol. 36(3). P. 200-212. DOI: 10.1016/j.medine.2011.12.002.

74. Polderman K.E. Mechanisms of action, physiological effects, and complications of hypothermia. *Critical Care Medicine*. 2009. Vol. 37(7 Suppl.). P. S186-S202.

75. Царев А.В. Гипотермия как фактор риска развития травматической коагулопатии при кровопотере у пациентов с политравмой. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2018. № 4(13). С. 128-132.

76. Царев А.В. Выраженность холодовой дрожи при развитии послеоперационной непреднамеренной гипотермии. *Вісник Української медичної стоматологічної академії: Актуальні проблеми сучасної медицини*. 2018. № 1(61). С. 136-139.

77. Bhatti F., Naiman M., Tsarev A. et al. Esophageal Temperature Management in Patients Suffering from Traumatic Brain Injury. *Therapeutic Hypothermia and Temperature Management*. 2019. Vol. 9(4). P. 238-242. <https://doi.org/10.1089/ther.2018.0034>.

78. Ting D.K., Brown D.J.A. Use of extracorporeal life support for active warming in a hypothermic, non arrested patient with multiple trauma. *CMAJ*. 2018. Vol. 190. P. e718-e721. DOI: 10.1503/cmaj.180117.

79. Yamada S., Shimomura Y., Ohsaki M. et al. Hypothermia-Induced Acute Kidney Injury in a Diabetic Patient with Nephropathy and Neuropathy. *Internal Medicine*. 2010. Vol. 49. P. 171-174. DOI: 10.2169/internalmedicine.49.2661.

80. Epstein E. Accidental hypothermia. *British Medical Journal*. 2006. Vol. 332(7543). P. 706-709. DOI: 10.1136/bmj.332.7543.706.

81. Rhoades Jr., George F. Cross-Cultural Aspects of Trauma and Dissociation. *Journal of Trauma Practice*. 2005. Vol. 4. P. 21-33.

82. Higgs R.D. Pioktoq — a study of a culture-bound syndrome in the circumpolar region. *The Macalester Review*. 2011. Vol. 1(1). P. 1-9.

83. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические проблемы в Арктике. *Известия Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар*. 2017. № 4(32). С. 33-40.

84. Хаккарайнен М.В. Локальные представления о болезнях и лечении (поселок Марково, Чукотка). Автореф. дис. ... канд. истор. наук. Санкт-Петербург, 2005. 206 с.

85. Інфекційні хвороби (підручник). 2-ге вид., доповн і переробл. За ред. О.А. Голубовської. Київ: ВСВ «Медицина», 2018. 688 с.

86. Pisani F., Nittis M. An unusual case of hypothermia and paradoxical undressing. *Forensic Sci. Med. Pathol*. 2021. Vol. 17(2). P. 338-342. doi: 10.1007/s12024-020-00315-3.

87. Brown D. & BC Accidental Hypothermia Working Group. Accidental Hypothermia Clinical Practice Guideline for British Columbia. *Accidental Hypothermia — Evaluation, Triage & Management*, 2016. Version 1.03. URL: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/health/practitioner-pro/bc-guidelines/bc_hypothermia_cpg.pdf.

88. Leikin S.M., Korley F.K., Wang E.E. et al. The spectrum of hypothermia: from environmental exposure to the reapeutics and medical simulation. *Dis. Mon.* 2012. Vol. 58(1). P. 6-32. DOI: 10.1016/j.disamonth.2011.10.001.

89. Basit H., Wallen T.J., Dudley C. Frostbite. *Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*, 2021. January 24. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536914/>

90. McCullough L., Arora S. Diagnosis and Treatment of Hypothermia. *American Family Physician*. 2004. Vol. 70(12). P. 2325-2332.

Отримано/Received 16.08.2022

Рецензовано/Revised 25.08.2022

Прийнято до друку/Accepted 04.09.2022 ■

Information about authors

Yekhalov Vasyi Vitaliiovych, PhD, associate professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Dnipro, V. Vernadsky st., 9, 49044, Ukraine; +38-063-276-64-35; e-mail: sesualiy@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5373-3820>

Kravets Olha Viktorivna, PhD, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Dnipro, V. Vernadsky st., 9, 49044, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0003-1340-3290>

Krishtafor Daria Arturivna, PhD, assistant professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Dnipro, V. Vernadsky st., 9, 49044, Ukraine

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

V.V. Yekhalov, O.V. Kravets, D.A. Krishtafor
Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine

Factors contributing to acute accidental hypothermia (literature review)

Abstract. Risk factors for hypothermia include conditions that reduce thermogenesis, disrupt thermoregulation, and increase heat loss. The main groups of risk factors for hypothermia are: low ambient temperature; periodically repeated exposition to cold; reduction of heat production; violation of thermoregulation in severe injuries and diseases; increased heat loss due to anthropological features (age, race, sex, constitution), pathological conditions (skin diseases, vasodilation, motion sickness and other somatic and neurological diseases) or environmental conditions (high thermal

conductivity, humidity, wind speed). This literature review of possible causes and factors contributing to general hypothermia may be useful when social and specialized service employees plan measures to prevent accidental hypothermia in workers in various sectors of the economy, military and vulnerable groups, as well as during retrospective analysis of the causes of cold injuries by emergency services, first contact practitioners, combustiologists, and intensive care unit staff.

Keywords: general hypothermia; hypothermia; risk factors