

Features of forensic veterinary examination in cases of hypothermia and frostbite in dogs and cats

S. Harkusha¹ | R. Bokotko¹ | O. Kruchynenko^{✉2} | O. Peredera²

Article info

Correspondence Author

O. Kruchynenko

E-mail:

oleg.kruchynenko@pdaa.edu.ua

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony St., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

²Poltava State Agrarian University, Skovorody St., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Harkusha, S., Bokotko, R., Kruchynenko, O., & Peredera, O. (2024). Features of forensic veterinary examination in cases of hypothermia and frostbite in dogs and cats. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 138–142. doi: 10.31210/spi2024.27.02.24

This paper presents theoretical information on the peculiarities of forensic veterinary examination of death and damage to dogs and cats due to hypothermia and frostbite. In the practice of veterinarians, there are cases of hypothermia in dogs and cats, especially in hairless breeds. Cases of frostbite in dogs are rare. Unlike dogs, cats have a lower sensitivity to low temperatures due to the small number of thermal receptors on their skin. Information is provided on the effects of low temperatures on the body of dogs and cats. The main causes of hypothermia and frostbite, as well as the factors that contribute to the development of the above lesions are given. The mechanism of action of cold on the body, clinical signs in dogs and cats with hypothermia and frostbite are considered. The main mechanisms of death of animals due to hypothermia are presented. The main pathological and anatomical signs that are detected in the death of animals due to hypothermia, namely, superficial or deep freezing of the tissues of the corpse, up to complete freezing, the presence of frost or icicles around the nasal openings, frozen “tears”, hemorrhages on the gastric mucosa and in the renal pelvis, retraction of the testes in males into the inguinal canal, venous hyperemia of the brain and its membranes, lungs, folding of the gastric mucosa, hemorrhages in the renal pelvis, proliferative and dystrophic changes in the renal tubular epithelium, etc. The author also indicates a set of postmortem changes that appear in the tissues of a corpse as a result of its freezing and subsequent thawing before pathological and anatomical examination, namely, the acquisition of a diffuse reddish color by the tissues, possible delamination of the joints of the skull bones, the characteristic appearance of cadaveric spots, etc. The degrees of frostbite, types, possible prognosis, as well as the actions of a forensic veterinary expert in the examination of an animal corpse and their features are separately considered. The features and actions of a forensic veterinary expert during a possible inspection of the scene in such cases are given. The key issues that a forensic veterinarian must address when performing forensic examinations in cases of hypothermia and frostbite in dogs and cats are listed.

Keywords: forensic veterinary examination, dogs, cats, hypothermia, frostbite.

Особливості судово-ветеринарної експертизи у випадках переохолодження та обмороження в собак і котів

С. Є. Гаркуша¹ | Р. Р. Бокотько¹ | О. В. Кручиненко² | О. О. Передера²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

²Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

В даній праці наведено теоретичні відомості, що стосуються особливостей судово-ветеринарної експертизи за загибелі й ураження собак та котів внаслідок переохолодження та обмороження. В практиці ветеринарних лікарів трапляються випадки переохолодження собак та котів, особливо це стосується безшерстих порід. Рідкісними є випадки обмороження собак. На відміну від собак, коті мають більш низьку чутливість до впливу на організм низьких температур завдяки невеликій кількості терморецепторів на шкірі. Надано інформацію про дію низьких температур на організм собак та котів. Наводяться основні причини виникнення стану переохолодження та обмороження, а також чинники, які сприяють розвитку вищеперерахованих уражень. Розглянуто механізм дії холоду на організм, клінічні ознаки у собак та котів за охолодження та обмороження. Наведено основні механізми смерті тварин за переохолодження. Зазначено основні патолого-анатомічні ознаки, які виявляють за загибелі тварин внаслідок переохолодження, а саме поверхнєве чи глибоке промерзання тканин трупа, аж до повного замерзання, наявність інію або й бурульок навколо носових отворів, застигли «сльози», крововиливи на слизовій оболонці шлунка та у ниркові миски, втягування сім'яників у самців до пахвинного каналу, венозна гіперемія головного мозку і його оболонок, легень, складчастість слизової оболонки шлунка, крововиливи в ниркові миски, проліферативно-дистрофічні зміни епітелію каналців нирок тощо. Вказаний також комплекс посмертних змін, які з'являються в тканинах трупа внаслідок його замерзання та послідуочого розморожування перед патолого-анатомічним дослідженням, а саме набуття тканинами дифузного червонуватого забарвлення, можливого розшарування з'єднань кісток черепа, характерного вигляду трупних плям тощо. Окремо розглянуто ступені обмороження, види, можливий прогноз, а також дії судово-ветеринарного експерта при дослідженні трупа тварини та їх особливості. Наводяться особливості та дії судово-ветеринарного експерта за можливого огляду місця подій у подібних випадках. Перераховано ключові питання, які повинен вирішити судово-ветеринарний експерт у разі виконання судових експертиз у випадках переохолодження та обмороження собак і котів.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, собаки, коті, переохолодження, обмороження.

Бібліографічний опис для цитування: Гаркуша С. Є., Бокотько Р. Р., Кручиненко О. В., Передера О. О. Особливості судово-ветеринарної експертизи у випадках переохолодження та обмороження в собак і котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 138–142.

Вплив низької температури навколишнього середовища на організм тварин і людей [1] може бути загальним (переохолодження, замерзання) та місцевим (обмороження). Найчастіше подібні випадки трапляються у регіонах з холодним кліматом – арктичним, субарктичним, помірним (до останніх належить і Україна), у високогірних місцевостях. Тварини значно краще, аніж люди, переносять перебування на відкритій місцевості, оскільки вкриті густим волосяним покривом, маючи шерсть і підпушок. Тому, якщо для людини нижня межа зони температурного комфорту становить + 18 °С, то для різних видів сільськогосподарських та домашніх тварин цей показник коливається у межах + 5–10 °С.

Собаки та коти пристосовані до низької температури навколишнього середовища, часто настільки, що можуть жити на відкритому повітрі незалежно від пори року.

З досвіду практикуючих ветеринарних лікарів та літературних джерел відомі породи собак, що добре переносять холод: маламут, сибірський хаскі, акіта, німецька вівчарка, кавказька вівчарка, східно-європейська вівчарка, бобтейл, чау-чау, сенбернар, ротвейлер, тибетський мастиф, самоїд, бернський зенненхунд, шелті. Серед котів це, як правило, усі довгошерстні породи.

В свою чергу, найбільш сприйнятливі до перепадів температур тварини із захворюваннями нирок, серця, цукровим діабетом, гормональним дисбалансом, гіпотрофією, виснажені [2].

Чинниками, що сприяють виникненню стану переохолодження та обмороження, є, перш за все, низька температура навколишнього середовища, а саме – нижча за 0 °С, хоча відомі випадки переохолодження і за температури вище нуля. Підсилює загальний негативний вплив низької температури висока вологість повітря (в прямо пропорційній залежності), наявність вітру, оскільки рух повітря має охолоджувальну здатність, наявність опадів (дощу, снігу, мокрого снігу), похмура погода. Обмороження, як правило, виникає за комбінації низької температури повітря із різким шквальним вітром [2]. Переохолодження може виникати і в холодному неопалюваному приміщенні, а також випадкове потрапляння та перебування тварин в холодильниках, морозильних камерах тощо. Дуже швидко переохолодження настає за перебування людини чи тварини в воді, оскільки вода має значно більшу теплопровідність, ніж повітря.

Судово-ветеринарна експертиза живих тварин та трупів тварин, зокрема, собак та котів, призначається у випадках, коли намагаються притягнути до відповідальності осіб, що повинні були забезпечувати належний догляд за твариною і попередити настання переохолодження чи обмороження [2, 3]. У разі наявності таких дій (або бездіяльності) це може кваліфікуватися як жорстоке поводження з тваринами або як злочинна недбалість підозрюваної особи (осіб).

Вплив низьких температур на організм тварини може призвести до охолодження, обмороження та замерзання [4].

Переохолодження, або гіпотермія – це загальний стійкий вплив низької температури на організм в

цілому, що проявляється порушенням процесів терморегуляції внаслідок зниження термоємності організму [5]. Переохолодження супроводжується порушеннями функції життєво важливих систем організму, коли температура тіла опускається нижче 35 °С. Критично низькою температурою тіла, при якій настають незворотні зміни із послідуною загибеллю, вважається +25–26 °С.

До чинників, що сприяють переохолодженню організму, можна віднести:

1) погодні чинники: висока вологість, вітер, різкі перепади температури, охолодження води, неможливість активно рухатися, відсутність звички до холоду.

2) стан здоров'я: загальні соматичні захворювання, перевтома, значна крововтрата, тяжкі порушення обміну речовин, тяжкі хронічні захворювання, різного роду інтоксикації;

3) вік: новонароджені й тварини похилого віку найменш стійкі до холоду, так як у них спостерігається порушення терморегуляції організму;

4) фізичний стан (наркоз, шок, недостатнє харчування, нерозвиненість мускулатури);

5) індивідуальні особливості організму (тілобудова, конституція, стать, стан розвитку підшкірної жирової клітковини) [4].

Вплив холоду посилюється за наявності вологого вітру (тепло інтенсивніше виділяється вологою шкірою) [6]. Найбільш чутливі до холоду старі і молоді тварини, а також схудлі тварини. Розвиток загального переохолодження прискорюється в основному у тварин з хронічними захворюваннями обмінного характеру, з травмами, що супроводжуються шоком, крововтратою, інтоксикацією і т. д.

Собаки й коти здатні тривалий час переносити значне зменшення температури, навіть якщо вона менша за 0 °С. Однак через збіг несприятливих обставин (хронічні захворювання, неправильне харчування, вік) вплив холоду може привести до багатьох негативних наслідків, включаючи летальний результат. Повідомлень про застосування холоду з метою насильницької смерті тварин в доступній науковій літературі не було виявлено. Вплив холоду може бути способом приховати справжню причину смерті, насильницької чи ненасильницької, або сприяючи загибелі, або маскуючи за смертю від переохолодження іншу її причину [7].

Патофізіологічний механізм дії холоду на організм полягає в тому, що під впливом холоду спочатку виникають короточасні спазми кровоносних судин, за якими слідує стійке їх розширення [7]. Якщо процес триває, розширення судин змінюється вторинними спазмами. У ослаблених і худих тварин стадія розширення кровоносних судин може повністю бути відсутня.

В результаті спазмів капілярів, венозних і частково артеріальних судин сповільнюється кровотік, що призводить до їх ішемії. Через порушення кровообігу порушується трофіка тканин, виникає киснева недостатність і некрози, збільшується проникність стінок судин, утворюються набряки [8, 9].

Центральна нервова система відіграє найважливішу роль у розвитку цих судинних реакцій і вегетативних порушень.

При значному зниженні температури тіла реєструються слабкість і стомлюваність. При подальшому зниженні температури з'являються запаморочення, сонливість, тварина занурюється в сон, опірність організму знижується. Всі функції організму пригнічуються аж до настання смерті [4].

Безпосередніми й кінцевими причинами смерті від впливу низьких температур є:

- 1) первинна зупинка дихання;
- 2) зупинка серця внаслідок колапсу судин та фібриляції шлуночків;
- 3) температурний шок.

Смерть настає від охолодження тіла, замерзає завжди труп, отже замерзанню може піддаватися труп тварини, що загинула як від переохолодження, так і від будь-якої іншої причини. Індивідуальні особливості та зовнішні обставини відіграють важливу роль у впливі холоду. Старі, худі, сухорляві, голодні тварини набагато гірше переносять вплив холоду. Вплив холоду у вітряну погоду набагато виразніший, ніж за штилевої погоди. Вплив холоду за відлиги, опадів є дуже небезпечним. Мокра шкіра виділяє в 4 рази більше тепла, ніж суха [8, 9].

Часто трупи знаходять на відкритій місцевості в холодну пору року. Необхідно знати, що відтаювання (розмерзання) трупа дорослої тварини відбувається за кімнатної температури протягом 1–4 діб. Після відтаювання замороженого трупа органи набувають темно-дифузного забарвлення через гемоліз еритроцитів. Зміна кольору крові в разі смерті через переохолодження також не вважається характерною ознакою, оскільки колір крові може змінитися і після смерті [9, 10].

Безсумнівно, до посмертних змін відноситься розшарування швів черепа, викликане підвищенням внутрішньочерепного тиску, оскільки при заморожуванні об'єм мозку збільшується. Це слід пам'ятати, щоб не сприймати це як травму за життя тварини.

Після розмерзання трупне задубіння триває недовго, і процес гниття перебігає швидше. Тканина набуває темно-дифузного забарвлення. На ділянках тіла, що контактували з поверхнею, на якій лежав труп тварини, трупні плями залишаються темними [10].

При зовнішньому огляді трупа часто можна помітити позу "калачиком", особливо вона виражена в собак та котів, що є прижиттєвою, бо тварина намагалась хоч якось втримати тепло. Крім того, важливими зовнішніми ознаками є сліди танення снігу і льоду під трупом тварини, застигли сльози в куточках очей, "мурашки", або ж "гусяча шкіра" – ознаки ознобу на шкірі, втягування сім'яників у самців до пахвинного каналу тощо [10–12].

Під час внутрішнього дослідження основною діагностичною ознакою смерті від охолодження є крововилив у слизову оболонку на малій кривині шлунка (судові медики називають цю ознаку плямами Вишневецького). Непрямою ознакою смерті від охолодження є переповнення кров'ю серця і великих судин, кров в правій половині серця значно темніша, ніж в лівій. Інші ознаки смерті від холоду включають переповнення сечового міхура, червоний колір крові і зідки при температурі нижче 15 °С, значне

повнокрів'я мозку і його оболонок, легень, підвищення складчастості слизової оболонки шлунка, крововиливи в ниркові миски, проліферативно-дистрофічні зміни епітелію каналців нирок тощо [12–14].

Місцевий вплив холоду на організм проявляється у вигляді обмороження. Обмороження виникає в периферичних частинах тіла – ніс, вушні раковини, повіки, автоподій кінцівок, хвіст, соски тощо [11, 13, 14]. Інколи обмороження виникає на досить значних площах поверхні тіла за тривалого контакту даної ділянки з поверхнею, вкритою льодом, інієм, із холодним металом [15, 16]. За клінічними ознаками [17, 18], характерними для обмороження, розрізняють 2 періоди: прихований, або передреактивний, і реактивний.

Період потенційної або передреактивної реакції триває доти, доки холод продовжує діяти. У цей період ділянка обмороження на тілі виявляється холодною на дотик і нечутливою. У прихований період неможливо встановити справжній ступінь ураження. Після прогрівання ураженої частини починається період реакції, протягом якого в уражених тканинах розвиваються запальні і некротичні процеси [19, 20].

Існує 4 клінічних ступеня обмороження:

1-й ступінь характеризується порушенням кровообігу, судини шкіри звужуються, шкіра стає блідою. Але незабаром кровеносні судини шкіри розширюються, і шкіра стає синюшною і дуже болючою. Симптоми з часом повністю зникають;

2-й ступінь через кілька годин або протягом 1–2 доби з'являються почервоніння, припухлість, пухирці із кров'янистим або серозним вмістом. Ця стадія є запальною, і пухирці можуть спонтанно лопатися, залишаючи виразки, що важко загоюються;

3-й ступінь характеризується некрозом всієї товщі шкіри і підшкірної клітковини на ураженій ділянці;

4-й ступінь характеризується некрозом не тільки шкіри, а й глибоких м'яких тканин, інколи навіть із пошкодженням кісток. Виникає волога гангрена, що часто ускладнюється секундарною інфекцією. Рани довго гояться, іноді потрібно часткова ампутація [21–23].

Існують наступні різновиди обмороження:

1) обмороження від впливу сухого морозу;

2) обмороження, що виникає при температурі вище 0 °С;

3) Контактне обмороження;

4) Озноб – хронічне обмороження, що виникає під впливом систематичного, нерізкого, короткочасного охолодження. Клінічними ознаками є набряки, ціаноз, свербіж, втрата чутливості, тріщини шкіри, дерматити, виразки [24–26].

У разі обмороження першого ступеня прогноз сприятливий, а у разі обмороження другого, третього та четвертого ступенів він залежить від площі ураження і наявності ускладнень. Обмежені обмороження останніх двох ступенів зазвичай закінчуються одужанням тварини [27, 28]. За великих інфікованих обмороженнях другого, третього та четвертого ступенів прогноз сумнівний або несприятливий [29–31].

Під час огляду трупа тварини, що загинула від дії низьких температур, насамперед, необхідно ретельно оглянути всі ділянки тіла і зафіксувати наявність та колір трупних плям. Визначати ступінь трупного задубіння недоцільно. Всі маніпуляції з замороженими трупами слід проводити дуже обережно, щоб не завдати додаткових пошкоджень через крихкість заморожених частин тіла (вухних раковин, пальців, хвоста) [23, 26].

Під час огляду голови описується стан вій (наявність інію, розмерзання, обмерзання), наявність шматочків льоду у внутрішніх куточках очей (замерзлі сльози), бурульки навколо носа. Якщо наявні ознаки обмороження (мармуровість шкіри, припухлі ділянки темно-синього або багряно-червоного кольору), то вказують їх локалізацію, розмір і вміст пухирів. Якщо на трупах тварин є пошкодження, то вони описуються відповідно до загальних правил [23, 26].

Для додаткових досліджень відбирають зразки стінки шлунка з плямами Вишневського та зразки шкіри в місцях ураження для гістологічного дослідження. Слід враховувати, що заморожені та згодом розморожені тканини погано піддаються обробці для виготовлення гістопрепаратів. Для біохімічного дослідження можна відбирати зразки печінки та скелетних м'язів [16].

У випадках переохолодження певне значення мають результати огляду місця подій. Необхідно оглянути місце виявлення трупа, проаналізувати стан погодних умов в даній місцевості, провести вимірювання температури повітря; в разі виявлення трупа на поверхні, вкритій снігом чи льодом, потрібно зафіксувати наявність промерзлого підталого ложа під трупом [10]. Перераховані обставини можуть непрямо вплинути на результати судово-ветеринарного дослідження.

Ключовими питаннями, що можуть ставитися перед судово-ветеринарним експертом, є такі:

- Чи дійсно спостерігаються клінічні симптоми переохолодження та/або обмороження (якщо об'єктом експертизи є жива тварина)?
- Який ступінь обмороження наявний в різних ділянках тіла (якщо об'єктом експертизи є жива тварина)?
- Чи наявні патолого-анатомічні ознаки переохолодження та/або обмороження (якщо об'єктом експертизи є труп тварини)?
- Чи тварина дійсно загинула внаслідок переохолодження, чи причина смерті наявна якась інша, насильницька або ненасильницька (якщо об'єктом експертизи є труп тварини)?

Висновки

В практиці судової ветеринарної медицини наявні випадки загибелі від переохолодження та обморожень різного ступеня тяжкості серед котів та собак. В основному це безпритульні собаки та коти. В даній праці наведено теоретичні відомості, що стосуються особливостей судово-ветеринарної експертизи за загибелі й ураження собак та котів

внаслідок переохолодження та обмороження. В кліматичних умовах України до 70 % всіх безпритульних цуценят та кошенят не здатні пережити свою першу зиму у житті. В тварин, що виживають, перебування в умовах низької температури навколишнього середовища може призвести до зниження рівня імунітету, появи інфекційних захворювань, що в результаті призводить до смерті тварин.

Об'єктами подібних судово-ветеринарних експертиз можуть стати як трупи тварин, так і живі тварини. В живих тварин судово-ветеринарному експерту необхідно виявити клінічні ознаки переохолодження та/або обмороження, за експертизи трупів при підозрі на переохолодження – характерний комплекс патолого-анатомічних змін. Також необхідний ретельний огляд місця виявлення трупа та аналіз кліматичних умов, зокрема показників температури повітря, наявність опадів тощо.

Перспективним є накопичення необхідного матеріалу за подібних випадків, що трапляються у практиці судово-ветеринарної експертизи, дослідження морфологічних особливостей змін в трупах котів та собак різного віку та порід, дослідження подібних випадків, де загиблими або постраждалими є представники інших видів тварин.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Norheim, A. J., & Borud, E. K. (2018). Frostskader i Forsvaret. *Tidsskrift for Den Norske Legerforening*. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.17.1070>
2. Miller, D. M. (2018). Environmental Injuries. *Veterinary Forensic Pathology*, 2, 67–73. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67175-8_4
3. Wohlsein, P., Peters, M., Schulze, C., & Baumgärtner, W. (2016). Thermal injuries in veterinary forensic pathology. *Veterinary Pathology*, 53 (5), 1001–1017. <https://doi.org/10.1177/0300985816643368>
4. Cox, B., Gasparini, A., Catry, B., Delcloo, A., Bijnens, E., Vangronsveld, J., & Nawrot, T. S. (2016). Mortality related to cold and heat. What do we learn from dairy cattle? *Environmental Research*, 149, 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.018>
5. Baumgartner, E. A., Belson, M., Rubin, C., & Patel, M. (2008). Hypothermia and other cold-related morbidity emergency department visits: United States, 1995–2004. *Wilderness and Environmental Medicine*, 19 (4), 233. <https://doi.org/10.1580/07-weme-or-104.1>
6. Eklund, L. M., Sköndal, Å., Tufvesson, E., Sjöström, R., Söderström, L., Hanstock, H. G., Sandström, T., & Stenfors, N. (2022). Cold air exposure at – 15 °C induces more airway symptoms and epithelial stress during heavy exercise than rest without aggravated airway constriction. *European Journal of Applied Physiology*, 122 (12), 2533–2544. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05004-3>
7. Rathjen, N. A., Shahbodaghi, S. D., & Brown, J. A. (2019). Hypothermia and Cold Weather Injuries. *American Family Physician*, 100 (11), 680–686.
8. Karpov, V. Y., Zavalishina, S. Y., Bakulina, E. D., Dorontsev, A. V., Gusev, A. V., Fedorova, T. Y., & Okolelova, V. A. (2021). The physiological response of the body to low temperatures. *Journal Of Biochemical Technology*, 12 (1), 27–31. <https://doi.org/10.51847/mlaah69ap>

9. Eklund, L., Schagatay, F., Tufvesson, E., Sjöström, R., Söderström, L., Hanstock, H. G., Sandström, T., & Stenfors, N. (2021). An experimental exposure study revealing composite airway effects of physical exercise in a subzero environment. *International Journal of Circumpolar Health*, 80 (1), 1897213. <https://doi.org/10.1080/22423982.2021.1897213>
10. 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. *International Journal of Circumpolar Health*, 82 (1). <https://doi.org/10.1080/22423982.2023.2203923>
11. McDaniel, L. (2022). Hypothermia and cold injury in children. *Pediatrics In Review*, 43 (1), 58–60. <https://doi.org/10.1542/pir.2021-004975>
12. Karkori, F. (2024). Diagnosis and treatment of cold stress injuries. *Ship Sanitation, Health and Hygiene*, 315–339. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51667-2_24
13. Gethöffer, F., Gregor, K. M., Zdora, I., Wohlsein, P., Schöttes, F., & Siebert, U. (2022). Suspected frostbite injuries in coypu (*Myocastor coypus*). *Animals*, 12 (20), 2777. <https://doi.org/10.3390/ani12202777>
14. Lees, A. M., Sejian, V., Wallace, A. L., Steel, C. C., Mader, T. L., Lees, J. C., & Gaughan, J. B. (2019). The impact of heat load on cattle. *Animals*, 9 (6), 322. <https://doi.org/10.3390/ani9060322>
15. Cochran, A., & Morris, S. E. (2018). Cold-induced injury. *Total Burn Care*, 403-407.e2. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-47661-4.00038-1>
16. Imray, C., Grieve, A., & Dhillon, S. (2009). Cold damage to the extremities: frostbite and non-freezing cold injuries. *Postgraduate Medical Journal*, 85 (1007), 481–488. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2008.068635>
17. Diaz, V. L., Gribbons, K. B., Yazdi-Nejad, K., Kuemmerle-Deschner, J., Wanderer, A. A., Broderick, L., & Hoffman, H. M. (2023). Cold urticaria syndromes: diagnosis and management. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 11 (8), 2275–2285. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.05.040>
18. Kulthanan, K., Hunnangkul, S., Tuchiinda, P., Chularojanamontri, L., Weerasubpong, P., Subchookul, C., & Maurer, M. (2019). Treatments of cold urticaria: A systematic review. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 143 (4), 1311–1331. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2019.02.005>
19. Gupta, A., Soni, R., & Ganguli, M. (2021). Frostbite – manifestation and mitigation. *Burns Open*, 5 (3), 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.burnso.2021.04.002>
20. Lacey, A. M., Fey, R. M., Gayken, J. R., Endorf, F. W., Schmitz, K. R., Punjabi, G. V., Masters, T. C., & Nygaard, R. M. (2019). Microangiography: an alternative tool for assessing severe frostbite injury. *Journal of Burn Care & Research*, 40 (5), 566–569. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz112>
21. Hu, J., Li, H., Geng, X., Jiao, L., Song, H., Lou, L., & Jiao, M. (2016). Pathophysiologic Determination of frostbite under high altitude environment simulation in sprague-dawley rats. *Wilderness & Environmental Medicine*, 27 (3), 355–363. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2016.03.004>
22. Jin, H.-X., Teng, Y., Dai, J., & Zhao, X.-D. (2021). Expert consensus on the prevention, diagnosis and treatment of cold injury in China, 2020. *Military Medical Research*, 8 (1). <https://doi.org/10.1186/s40779-020-00295-z>
23. Murphy, J. V., Banwell, P. E., Roberts, A. H. N., & McGrouther, D. A. (2000). Frostbite: pathogenesis and treatment. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, 48 (1), 171. <https://doi.org/10.1097/00005373-200001000-00036>
24. Mohr, W. J., Jenabzadeh, K., & Ahrenholz, D. H. (2009). Cold Injury. *Hand Clinics*, 25 (4), 481–496. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2009.06.004>
25. Murphy, J., Endorf, F. W., Winters, M. K., Rogers, C., Walter, E., Neumann, N., Weber, L., Lacey, A. M., Punjabi, G., & Nygaard, R. M. (2022). Bleeding complications in patients with severe frostbite injury. *Journal of Burn Care & Research*, 44 (4), 745–750. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irac180>
26. Rothenberger, J., Held, M., Jaminet, P., Schiefer, J., Petersen, W., & Schaller, H. E. (2014). Development of an animal frostbite injury model using the Goettingen-Minipig. *Burns*, 40, 268–273. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2013.06.004>
27. Shenaq, D. S., & Gottlieb, L. J. (2017). Cold injuries. *Hand Clinics*, 33, 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2016.12.003>
28. Vogel, K., & Hulsopple, C. (2022). Cold Weather Injuries: Initial Evaluation and Management. *Current Sports Medicine Reports*, 21 (4), 117–122. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000947>
29. Regli, I. B., Strapazzon, G., Falla, M., Oberhammer, R., & Brugger, H. (2021). Long-term sequelae of frostbite - a scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 9655. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189655>
30. Ummadisetty, O. A., Gadepalli, A., Chouhan, D., & Tiwari, V. (2024). Development and validation of clinically Mimitable model of frostbite injury-induced chronic pain. *Cellular Signaling*, 115, 111028. <https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2023.111028>
31. Wibbenmeyer, L., Lacey, A. M., Endorf, F. W., Logsetty, S., Wagner, A. L. L., Gibson, A. L. F., & Nygaard, R. M. (2024). American burn association clinical practice guidelines on the treatment of severe frostbite. *Journal of Burn Care & Research*, 45 (3), 541–556. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irad022>

ORCID

- S. Harkusha  <https://orcid.org/0000-0002-7677-696X>
R. Bokotko  <https://orcid.org/0000-0002-6217-5266>
O. Kruchynenko  <https://orcid.org/0000-0003-3508-0437>
O. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-8613-6827>



2024 Harkusha S. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.