

ЗАГАЛЬНЕ ПЕРЕХОЛОДЖЕННЯ ОРГАНІЗМУ ПРИ ПОЛІТРАВМІ

Станін Дмитро Михайлович,

к.м.н., доцент

Єхалов Василь Віталійович,

к.м.н., доцент

Миронов Денис Володимирович,

PhD, асистент,

Дніпровський державний медичний університет

м. Дніпро, Україна

Травматичні ушкодження залишаються однією з провідних причин смерті людей працездатного віку, складаючи 8% усіх летальних виходів у світі. Особи, які пережили травму, більш схильні до розвитку випадкової гіпотермії. Було доведено, що цей стан пов'язаний з негативними клінічними результатами [1]. Пацієнти із гіпотермією в 1,8 раза частіше госпіталізуються до відділень інтенсивної терапії, ніж постраждали з нормотермією. У пацієнтів з механічною травмою та загальним переохолодженням спостерігається значне підвищення смертності та захворюваності. У тяжкотравмованих пацієнтів гіпотермія є поширеним явищем. Матеріальні витрати на лікування наслідків загального переохолодження є набагато вищими, ніж на профілактичні заходи. Ускладнення, що були спричинені зниженням базальної температури на 1,5 °С, супроводжується збільшенням витрат коштів на лікування на 3000-7500 €.

Наразі визначено шість предикторів загального переохолодження організму після надходження до лікарні, включаючи: вищу середню щільність тіла, догоспітальну інтубацію, іммобілізацію шийного відділу хребта, зимові місяці події, систолічний артеріальний тиск < 90 мм рт. ст. та результат за шкалою ком Глазго ≤ 8 балів [2].

Пацієнти з важкими травмами схильні до розвитку випадкового переохолодження на кожному етапі лікування. Після надходження до лікарні частота гіпотермії у пацієнтів з травмами становить від 5 до 14% у різних географічних регіонах та зростає до 50% при високих показниках шкал тяжкості травми. За останні два десятиліття численні дослідження визначили гіпотермію як незалежний фактор ризику смертності у тяжкотравмованих пацієнтів, а пов'язаний з нею рівень смертності коливається від 25 до 40% [2]. Загальне переохолодження організму при політравмі є вторинним до механічної травми та являє собою ізольований фактор ризику [3]. Гіпотермія супроводжується численними метаболічними порушеннями та погіршенням результатів лікування. Однак цей стан продовжує бути недостатньо діагностованим, що

призводить до неадекватного медичного сортування та лікування травмованих пацієнтів [4].

Ризик розвитку гіпотермії при політравмі обумовлений трьома найважливішими чинниками, тобто тяжкістю травми, температурою інфузійних рідин для внутрішньовенного вливання та температурою зовнішнього середовища (салону автомобіля, яким транспортується пацієнт) [5]. Транспортування гелікоптером швидкої медичної допомоги було визнано незалежним фактором ризику гіпотермії. Це може бути пов'язано з затримкою лікарської медичної допомоги після здійснення першої медичної допомоги в наземних умовах та більшою відстанню плеча евакуації до цільового медичного центру [3].

Сприяючи загальному переохолодженню фактори при політравмі обумовлені тривалим впливом метеорологічних умов, алкогольним та наркотичним сп'янінням, черепно-мозковою травмою (ЧМТ) та шоківим станом. Травматичний шок та спінальна травма дестабілізують процеси терморегуляції, з цієї причини постраждали зі сполученою або черепно-мозковою травмою більш схильні до переохолодження. Гіпотермія, що спричинена дисфункцією гіпоталамуса, була описана в літературі та потенційно сприяє вищій смертності в пацієнтів з гіпотермією та тяжкою ЧМТ [6].

Ключовою змінною, яка сприяє розвитку гіпотермії у пацієнтів з травмами, є час до госпіталізації, що особливо важливо для пацієнтів, які потребують тривалих маневрів зі звільнення після дорожньо-транспортних пригод [3].

Загальне переохолодження частіше виникає у пацієнтів з травмами через кровотечу, введення холодних інфузійних середовищ та як бічний ефект анестезії. Поєднання гіпотермії, ацидозу та коагулопатії добре відоме як травматична тріада смерті, що зменшує шанси на виживання у тяжкопоранених пацієнтів, в якій кожен компонент може посилювати інший та прискорювати смерть. Коли при важкій політравмі виникає переохолодження, це характеризується негативним прогнозом [2]. Ці три фактори тісно взаємопов'язані та створюють замкнене коло, якщо їх не усунути на ранній стадії лікування травми. Ацидоз зазвичай викликається зниженням перфузії органів при шоку, насамперед - геморагічному. Він безпосередньо впливає на утворення тромбіну, що призводить до порушення функції згортання крові. Гіпотермія є наступним фактором, який по-різному впливає на гемостаз. Усі хімічні реакції залежать від температури. Це також стосується згортання крові. Тому здається очевидним, що функція гуморального гемостатичного каскаду погіршується зі зниженням температури [5].

Коагулопатія, що викликана травмою, часто зустрічається у тяжкопоранених пацієнтів та пов'язана із вищою смертністю. Гіпотермія, ацидоз та гемодилуція, що спричинені об'ємною ресусцитацією, мають складну взаємодію та здатні посилювати коагулопатію в пацієнтів із травмами [6].

Зниженню центральної температури (T_{co}) сприяє високооб'ємне інфузійне навантаження розчинами кімнатної температури, втрата тепла з поверхні відкритих анатомічних ділянок та наявність факторів, що пов'язані з анестезією.

Низка центральна температура при надходженні пацієнта до лікувального закладу ($< 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) знаходиться у прямому кореляційному зв'язку зі зростанням смертності. Зменшення надходження кисню до тканин в результаті постгеморагічної анемії здатне перемикає метаболічні процеси на анаеробний шлях, що сприяє зниженню утворення АТФ та обмеженню теплопродукції. Дефіцит глобулярного об'єму крові запускає запальний біохімічний каскад та спричиняє апоптоз, що призводить до летального виходу [7].

Посттравматична коагулопатія часто виникає внаслідок кровотечі, тобто втрати апіорно збіднених факторів зсідання крові та коагулопатії внаслідок інфузійної гемодилуції. Патогенез загального переохолодження при крововтраті досить простий: оскільки сама кров переносить тепло від "ядра" до теплової "оболонки" існує щільний оборотний кореляційний зв'язок між об'ємом крововтрати та падінням T_{co} після хірургічного лікування. У таких випадках хронічна або субхронічна крововтрата переноситься потерпілими значно легше, ніж гостра, оскільки при швидкій масивній кровотечі механізми терморегуляції не функціонують. Крововтрата у 300 - 500 мл організмом переноситься малопомітно, при дефіциті ОЦК від 500 до 700 мл виникає нудота, запаморочення, відчуття спраги та потреба зайняти горизонтальне положення. До цього моменту дефіцит циркулюючої крові компенсується за рахунок депо. Якщо крововтрата у дорослої людини складає понад 1 літр при низькій температурі, постраждалий втрачає свідомість на 1 - 3 години з гальмуванням всіх терморегуляційних механізмів. Це означає, що швидкість зниження T_{co} у непритомної людини при нормальній вологості повітря та за відсутності механічної травми складає $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ на годину, що відповідає такій у трупа. При цьому легка гіпотермія спричиняється у терміні до 3-х годин, середня - за 6 - 7 годин, а важка - вже опісля 9 - 12 годин [8].

T_{co} була визначена як незалежний та значущий предиктор смертності у пацієнтів із множинними травмами. При $< 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ відсоток виживання постраждалих з важкою політравмою значно зменшується. На кожен $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ зниження центральної температури ймовірність смертності зростає на 72%. У пацієнтів з $T_{co} < 36\text{ }^{\circ}\text{C}$ можливість летального виходу була втричі вищою, ніж при нормотермії [1].

Вивчення патогенезу політравми показало, що у достроково померлих пацієнтів при надходженні до лікарні була початково занижена центральна температура тіла, на відміну від цього показника у тих, хто вижив. Зниження T_{co} прямо залежить від тяжкості травми, об'єму, ушкодження спинного мозку та голови. З цієї причини термінові оперативні гемостатичні втручання повинні виконуватися у комбінації із залученням методів активного зовнішнього зігрівання (на кшталт ковдри із нагрітим повітрям) [5].

Випадкова гіпотермія є поширеним явищем у тяжкотравмованих пацієнтів, що суттєво пов'язане зі збільшенням потреби в переливанні крові, смертності та госпіталізації до відділення інтенсивної терапії. Зростаюча кількість доказів несприятливих наслідків переохолодження підкреслює важливість профілактики та лікування гіпотермії. Пацієнти з гіпотермією мали більш ацидотичний та

коагулопатичний статус після надходження до лікарні, а також отримували значно більшу кількість трансфузій еритроцитів, тромбоцитів та плазми протягом перших 24 годин після госпіталізації.

Постраждалих не може вважатися стабілізованим до моменту відновлення центральної нервової системи. У літературі було сформульовано гіпотезу про нейропротекторний ефект гіпотермії на пацієнтів з черепно-мозковою травмою шляхом зупинки біохімічного та запального каскаду після травми. Легка гіпотермія може захистити від вторинного пошкодження мозку завдяки зниженню ексайтотоксичності, оксидантного стресу, апоптозу, аутофагії та запалення [5].

Раннє розпізнавання клінічних ознак гіпотермії та точне вимірювання температури тіла працівниками догоспітальної допомоги є важливими для запобігання погіршенню стану [9]. Такі фактори, як травма голови, інтоксикація та глибокий шок при травмі, можуть впливати на клінічні дані, і тому остаточна оцінка тяжкості гіпотермії у пацієнтів з травмами вимагає точного вимірювання температури. Нещодавня оцінка швейцарської моделі стадіювання показала, що температура пацієнтів була завищена у 18% випадків, що потенційно призводило до недостатнього лікування через недооцінку ризику зупинки серця. Отже, контроль температури є корисним доповненням, але може бути складним в польових умовах. Введення стравохідного зонда забезпечує найточніше вимірювання температури тіла на догоспітальному етапі медичної евакуації. Його використовують лише для інтубованих пацієнтів. Контроль температури тіла за допомогою спеціальних катетерів у сечовому міхурі або центральних внутрішньовенних лініях призначений для клінічного ведення пацієнтів, а ректальні зонди забезпечують відстрочене вимірювання, тому в догоспітальних умовах їх застосовувати непрактично [5].

Контроль температури тіла слід проводити протягом усього ланцюга надання допомоги при травмах. На основі цих результатів пропонується застосування пасивних та активних стратегій зігрівання для всіх тяжкопоранених, іммобілізованих та інтубованих пацієнтів, оскільки ці постраждалі схильні до розвитку гіпотермії. Цього можна досягти за допомогою невеликих втручань, таких як зняття мокрого одягу, уникнення холодних поверхонь, зігрівання навколишнього середовища, використання обігрівальних ковдр (бажано гіпотермічного обгортання за типом «*burrito*», що складається з термо- та пароізоляції) та уникнення введення холодних рідин. Після надходження до лікарні зігрівання може бути продовжено залежно від глибини гіпотермії. Також можна розглянути більш інвазивні стратегії зігрівання, такі як теплі (38 - 40 °C) промивання очеревини, сечового міхура та грудної клітки або екстракорпоральне зігрівання [2].

Ретельне підтримання теплового режиму у періопераційному періоді обумовлює як патогенез найближчого періоду після оперативного втручання, так і наступного реабілітаційного періоду. Додержання нормотермічного режиму супроводжується зниженням кількості ускладнень з боку серцево-судинної системи, гемотранфузійних потреб і ранової інфекції та характеризується значно

швидшим відновленням після застосованої загальної анестезії. Періопераційне зігрівання хворих дозволяє поліпшувати температурний комфорт пацієнта, що підтверджує аналіз показників температурного дискомфорту (за ВАШ), які у досліджуваній групі були на 30% нижчими, ніж у групі порівняння.

Рання догоспітальна стадія гіпотермії є важливою для визначення відповідного рівня медичної допомоги [5]. З огляду на сильний вплив випадкової гіпотермії на смертність, слід докласти зусиль для запобігання переохолодження в пацієнтів з травмами, коли це можливо. Стійка гіпотермія у пацієнтів з тяжкими травмами знижує ймовірність успішної реанімації. Отже її необхідно запобігати на догоспітальному етапі, а також під час госпіталізації. Заходи щодо запобігання та лікування гіпотермії включають уникнення непотрібної анестезії, тривалих операцій з відкритою черевною порожниною, тепле промивання грудної клітки або черевної порожнини, а у випадках тяжкої гіпотермії з нестабільністю роботи серця або зупинкою кровообігу – зігрівання за допомогою екстракорпоральної мембранної оксигенації або апарату штучного кровообігу. Ці методи запобігання гіпотермії у пацієнтів з травмами та постраждалих при бойових діях є частиною чинних рекомендацій щодо розширеної підтримки життя при травмах та тактичної допомоги пораненим [6,10].

Запобігання подальшому охолодженню є важливим і має бути розпочате на догоспітальному етапі для всіх пацієнтів з травмами. Пасивні методи запобігання подальшій втраті тепла включають зняття мокрого одягу або безпосереднє нанесення пароізоляції, накладання ізоляційних плівок та ковдр, а також підвищення температури навколишнього середовища, щоб пацієнт міг самостійно зігрітися. Активне зовнішнє зігрівання можна досягти за допомогою теплових пакетів та примусового теплого повітря. Теплопередача найефективніша коли теплові пакети прикладаються до пахвових западин, грудної клітки та спини [5]. Примусове обігрівання повітрям, хімічні зігріваючі ковдри, системи зігрівання для інфузії є відповідними методами, які можна використовувати на догоспітальному етапі [3].

Активне внутрішнє зігрівання можна розпочати у відділенні невідкладної допомоги за допомогою підігрітих внутрішньовенних інфузійних середовищ, промивання очеревини, сечового міхура або грудної клітки теплими рідинами та екстракорпорального зігрівання крові за допомогою екстракорпоральний методів підтримки життя (*ECLS*). Раннє агресивне цілеспрямоване регулювання температури пацієнтів з травмами має першорядне значення для їхнього виживання, особливо у пацієнтів з гіпотермією та геморагічним шоком. Запобігання подальшому охолодженню та спроби усунути випадкову гіпотермію в пацієнтів з травмами має вирішальне значення на догоспітальному та госпітальному етапах ведення пацієнтів. Необхідно діагностувати та лікувати порушення згортання крові: зігрівання має вирішальне значення для обмеження наслідків летальної тріади при травмі та може навіть включати *ECLS* у окремих випадках [5].

Догляд за пацієнтами з політравмою та множинними травмами зазнав еволюції протягом останніх кількох десятиліть. Застосування структурованого

підходу з використанням алгоритмів передової підтримки життєдіяльності при травмах (*ATLS*), основних протоколів лікування травм, догоспітальної та внутрішньолікарняної реанімації покращило результати лікування пацієнтів. Однак, як показує огляд, існують ідентифіковані ризики, пов'язані з кожним етапом лікування пацієнтів з політравмою. Високий індекс підозри та проактивне зниження ризиків матимуть вирішальне значення для подальшого покращення показників захворюваності та смертності. Поява штучного інтелекту та геноміки, специфічної для кожного пацієнта, відкриває захопливі можливості для розробки протоколів лікування, заснованих на індивідуальних відмінностях у реакції на травму [11].

Список літератури

1. Blasco Mariño R, González Posada MÁ, Soteras Martínez I, et al. Body temperature as a predictor of mortality in multiple trauma patients: a prospective single-centre cohort study. *Sci Rep.* 2026 Jan 24. doi: 10.1038/s41598-026-35372-1.
2. Azarkane M, Rijnhout TWH, van Merwijk IAL, Tromp TN, Tan ECTH. Impact of accidental hypothermia in trauma patients: A retrospective cohort study. *Injury.* 2024 Jan;55(1):110973. doi: 10.1016/j.injury.2023.110973.
3. Struck MF, Nündel A, Kirsten H. Admission Hypothermia in Trauma Patients Undergoing Prehospital Tracheal Intubation: 15-Year Review of a Level-1 Trauma Center. *Prehospital Emergency Care, September 2025*:1-10. doi:10.1080/10903127.2025.2558865.
4. Balmer JC, Hieb N, Daley BJ, et al. Continued Relevance of Initial Temperature Measurement in Trauma Patients. *Am Surg.* 2022 Mar;88(3):424-428. doi: 10.1177/00031348211048833.
5. van Veelen MJ, Brodmann Maeder M. Hypothermia in Trauma. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Aug 18;18(16):8719. doi: 10.3390/ijerph18168719.
6. Rösli D, Schnüriger B, Candinas D, Haltmeier T. The Impact of Accidental Hypothermia on Mortality in Trauma Patients Overall and Patients with Traumatic Brain Injury Specifically: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World J Surg.* 2020 Dec;44(12):4106-4117. doi: 10.1007/s00268-020-05750-5.
7. Кравець ОВ, Єхалов ВВ, Седінкін ВА. Оптимізоване життєзабезпечення при ненавмисному загальному переохолодженні організму (науково-літературний огляд). *Медицина невідкладних станів.* 2022;18(1): 12-20. doi: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.18.1.2022.1453>.
8. Єхалов ВВ, Кравець ОВ, Криштафор ДА. Фактори, що сприяють гострому випадковому переохолодженню організму (літературний огляд). *Медицина невідкладних станів.* 2022;18(6): 7-14. doi: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.18.6.2022.1514>.
9. Azarkane M, Rijnhout TWH, McLellan H, Tan ECTH. Prehospital body temperature measurement in trauma patients: A literature review. *Injury.* 2022 Jun;53(6):1737-1745. doi: 10.1016/j.injury.2022.04.004.

10. Панасенко СІ, Гур'єв СО, Лисун ДМ, Кушнір ВА, Салютін РВ. Закрита травма живота при політравмі. Частина друга: хірургічна тактика контролю ушкоджень *Klinichna khirurgiia*. 2022 March/April; 89(3-4):81-86. doi:10.26779/2522-1396.2022.3-4.81.

11. Iyengar KP, Venkatesan AS, Jain VK, et al. Risks in the Management of Polytrauma Patients: Clinical Insights. *Orthop Res Rev*. 2023;15:27-38. doi: <https://doi.org/10.2147/ORR.S340532>.