

Ненавмисна періопераційна гіпотермія

О. В. Кравець^{id A,C,D,E,F}, В. В. Єхалов^{id A,B,E,F}, Д. А. Кріштафор^{id A,B,C,D,F}, В. І. Снісарь^{id A,E,F}

Дніпровський державний медичний університет, Україна

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:

гіпотермія,
гіпотермія
випадкова,
періопераційний
період,
періопераційна
медицина.

Запорізький
медичний журнал.
2025. Т. 27, № 2(149).
С. 148-156

Ненавмисна періопераційна гіпотермія (НПГ) – загальне переохолодження організму в періопераційному періоді, коли температура ядра тіла становить менше ніж +36,0 °С. Розвиток гіпотермії пов'язаний із фармакологічною блокадою механізмів температурної адаптації, зростанням тепловтрат з операційної рани, інфузією розчинів кімнатної температури, низькою температурою в операційній кімнаті, оголенням пацієнта.

Мета роботи – на основі відомостей фахової літератури проаналізувати питання щодо факторів ризику, патофізіології, ускладнень, профілактики та лікування ненавмисної періопераційної гіпотермії.

Матеріали і методи. Здійснено пошук наукових статей за останні 10 років в електронних базах даних медичних публікацій, зокрема PubMed, Google Scholar, Scopus та Web of Science, за такими ключовими словами: hypothermia accidental, perioperative hypothermia, perioperative hypothermia management, perioperative period, perioperative medicine тощо. Для аналізу обрали статті, у яких наведено дані щодо впливу НПГ на органи і системи, причин її розвитку, ускладнень та методів профілактики і лікування.

Результати. НПГ негативно впливає на органи та системи організму: пригнічує коагуляцію та метаболізм, зменшує надходження кисню до тканин, підвищує концентрацію катехоламінів у плазмі зі збільшенням ризику серцево-судинних ускладнень, спричиняє інфікування операційної рани, знижує мозковий метаболізм, збільшує частоту загострень післяопераційного болю, нудоти та блювання порівняно з нормотермічними хворими. Причинами розвитку гіпотермії в періопераційному періоді можуть бути середовище операційної, холодні розчини, пригнічення терморегуляції препаратами для анестезії, експозиція порожнин тіла та тривалість оперативного втручання. Тепловтрати в умовах анестезії спричиняють трифазну картину гіпотермії. У першій фазі відбувається швидке зниження температури тіла на тлі периферичної вазодилатації, у другій фазі зниження стає більш поступовим, після чого виникає вазоконстрикція і настає третя фаза – плато, коли тепловтрати та теплопродукція врівноважуються. Сучасні принципи профілактики та лікування НПГ включають періопераційне регулювання температури, заходи зі зменшення тепловтрат шляхом термоізоляції шкіри, активне передопераційне зігрівання пацієнта. Дотримання цих принципів сприяє зменшенню кількості гемотрансфузій, зменшенню ризику гнійно-септичних ускладнень, скороченню тривалості штучної вентиляції легень і загальної тривалості лікування у відділенні інтенсивної терапії, стаціонарі.

Висновки. Ненавмисна періопераційна гіпотермія – доволі поширений стан, що становить численні ризики для пацієнта. Моніторинг температури тіла пацієнта та запобігання розвитку гіпотермії є одними з ключових завдань анестезіолога у періопераційному періоді. Для запобігання НПГ необхідно дотримуватися рекомендованого температурного режиму пацієнта на всіх етапах періопераційного періоду. Особливу увагу слід приділяти пацієнтам у невідкладних станах, які потребують ургентних оперативних втручань.

Keywords:

hypothermia,
hypothermia
accidental,
perioperative period,
perioperative
medicine.

Zaporozhye
Medical Journal.
2025;27(2):148-156

Inadvertent perioperative hypothermia

O. V. Kravets, V. V. Yekhalov, D. A. Krishtafor, V. I. Snisar

Inadvertent perioperative hypothermia (IPH) is a reduction in body temperature during the perioperative period defined as a loss in core temperature to below +36.0 °C. The development of hypothermia is associated with pharmacological blockade of thermoregulatory mechanisms, increased heat loss from a surgical wound, infusion of unwarmed solutions, low temperature in the operating room, and exposed surgical areas.

Aim: to analyze the issues of risk factors, pathophysiology, complications, prevention, and treatment of IPH based on literature sources.

Materials and methods. A search was carried out for scientific articles over the past 10 years in electronic databases of medical publications, in particular PubMed, Google Scholar, Scopus and Web of Science, using the keywords "hypothermia accidental", "perioperative hypothermia", "perioperative hypothermia management", "perioperative period", "perioperative medicine", etc. For analysis, articles were selected that provided data on the impact of IPH on organs and systems, the causes of its development, complications and methods of prevention and treatment.

Results. IPH negatively effects numerous organs and systems of the body inhibiting coagulation and metabolism, reducing oxygen supply to tissues, increasing plasma catecholamine concentrations and the risk of cardiovascular complications, elevating the risk of postoperative wound infection, reducing cerebral metabolism, increasing the incidence of postoperative pain exacerbation, nausea and vomiting as compared to normothermic patients. The causes of hypothermia in the perioperative period can be low-temperature operating room environment, cold solutions, inhibition of thermoregulation by anesthetic drugs, prolonged exposure of body cavities and surgery duration. Heat loss during anesthesia causes a three-phase pattern of hypothermia. In the first

phase, there is a rapid decrease in body temperature with peripheral vasodilation, in the second phase, the decrease becomes more gradual, followed by vasoconstriction, and the third phase occurs – “plateau” phase, when heat production and heat loss are balanced. Current principles of prevention and management of IPH include perioperative temperature regulation, measures to reduce heat loss by thermal insulation of the skin, active preoperative patient warming. Respect for these principles helps to reduce the number of blood transfusions, the risk of purulent-septic complications, the duration of mechanical ventilation as well as the intensive care unit and hospital length of stay.

Conclusions. Inadvertent perioperative hypothermia is a common condition linked to numerous risks for patients. Monitoring the patient's body temperature and preventing the development of hypothermia are among the key perioperative concerns for anesthesiologists. To prevent inadvertent perioperative hypothermia, it is essential to follow the recommended temperature regime for patients at all perioperative stages. Particular attention should be paid to patients in medical emergencies requiring urgent surgical interventions.

Ненавмисна періопераційна гіпотермія (НПГ) – загальне переохолодження організму у періопераційному періоді, коли температура ядра тіла (T_{co}) становить менше ніж $+36,0^{\circ}\text{C}$. За даними різних авторів, частота НПГ коливається від 25,7 % до 90,0 % [1,2,3,4,5].

НПГ виникає спонтанно внаслідок дисбалансу між теплопродукцією, тепловтратами та пригніченням компенсаторної відповіді під впливом препаратів для анестезії. Спричиняє НПГ широкий спектр факторів, як-от тип оперативного втручання, вид анестезії, температура в операційній кімнаті (особливо якщо вона нижче за $+23^{\circ}\text{C}$), рідини для іригації порожнин та інфузійні середовища [1,3,5].

Мета роботи

На основі відомостей фахової літератури проаналізувати питання щодо факторів ризику, патофізіології, ускладнень, профілактики та лікування ненавмисної періопераційної гіпотермії.

Матеріали і методи дослідження

Здійснено пошук наукових статей за останні 10 років в електронних базах даних медичних публікацій, зокрема PubMed, Google Scholar, Scopus та Web of Science, за такими ключовими словами: hypothermia accidental, perioperative hypothermia, perioperative hypothermia management, perioperative period, perioperative medicine тощо. Для аналізу обрали статті, у яких наведено дані щодо впливу НПГ на органи і системи, причин її розвитку, ускладнень та методів профілактики і лікування.

Результати

Патофізіологічні аспекти НПГ. Перший випадок НПГ задокументовано у 1847 році, тому є підстави вважати цей патологічний стан одним із найбільш ранніх ускладнень на тлі загального знеболювання.

У середині ХХ сторіччя випадки періопераційної гіпотермії здебільшого фіксували під час анестезії в дітей молодшого віку. Стан супроводжувався млявістю, депресією дихання, у тяжких випадках – високими показниками летальності. Саме тому перші пристрої для періопераційного зігрівання були призначені для пацієнтів дитячого віку [6,7,8].

НПГ негативно впливає на органи та системи організму. Так, гіпотермія може впливати на коагуляційний каскад і спричиняти коагулопатію. Зменшення T_{co} лише на $1,6^{\circ}\text{C}$ спричиняє збільшення крововтрати на 30 % та

підвищення потреби у гемотрансфузії на 22 % [9,10]. НПГ зумовлює зменшення надходження кисню до тканин, пригнічення метаболізму, посилення гістотоксичної гіпоксії, метаболічного ацидозу й активації перекисного окиснення ліпідів із накопиченням його токсичних продуктів [11]. У результаті венозного застою та збільшення кисневого дефіциту підвищується ризик тромбозу глибоких вен [10,12]. У разі НПГ підвищується концентрація катехоламінів у плазмі, що призводить до артеріальної гіпертензії, підвищення збудливості та ішемічних змін міокарда, розвитку аритмій, зокрема летальних, як-от шлуночкової тахікардії. Зниження T_{co} на $1-2^{\circ}\text{C}$ збільшує небезпеку розвитку серцево-судинних ускладнень втрчі [10,13]. Розлади тканинного метаболізму на тлі терморегуляторного судинного спазму можуть спричинити інфікування операційної рани. Зниження T_{co} на $1-2^{\circ}\text{C}$ втрчі збільшує частоту виникнення інфекційно-септичних ускладнень, внаслідок чого термін стаціонарного лікування збільшується на 20–65 %, а вартість лікування – більш ніж удвічі [11,13,14]. Тремтіння при НПГ може знижувати напруження кисню в мозкових тканинах, що призводить до центрального катаболічного стресу, збільшення внутрішньочерепного і внутрішньоочного тиску [9,15,16,17]. Інші ймовірні ускладнення включають зниження мозкового метаболізму та рівня свідомості, пролонгування напіврозпаду препаратів для анестезії, тремор та олігурію [9,18], що уповільнюють процес виходу з анестезії в середньому на 90 хвилин [4,13]. У пацієнтів з гіпотермією значно частіше визначають епізоди загострення післяопераційного болю, нудоти та блювання порівняно з нормотермічними хворими [17,19].

Відомо, що періопераційна гіпотермія при $T_{co} < +32^{\circ}\text{C}$ у 21 % хворих закінчується летально [20].

У нормі центральний контроль температури здійснюється гіпоталамусом через комбінацію аферентної імпульсації, центральної регуляції та еферентної відповіді. Еферентна відповідь включає поведінкову й автономну регуляцію. Міжпороговий діапазон (коливання температури ядра, що не спричиняють вегетативних терморегуляційних реакцій) становить лише $0,2^{\circ}\text{C}$. Головні вегетативні засоби захисту організму від холоду – шкірне звуження судин, термогенез без тремтіння та тремтіння. Загальна анестезія позбавляє пацієнта здатності регулювати температуру тіла за допомогою поведінки, тому на зміни температури можуть реагувати тільки вегетативні захисні механізми. Міжпорогові межі збільшуються з $0,2^{\circ}\text{C}$ до $4,0^{\circ}\text{C}$ (у 20 разів), тому пацієнти під наркозом є пойкилотермічними – температура їхнього тіла визначається навколишнім середовищем (рис. 1) [21].

1

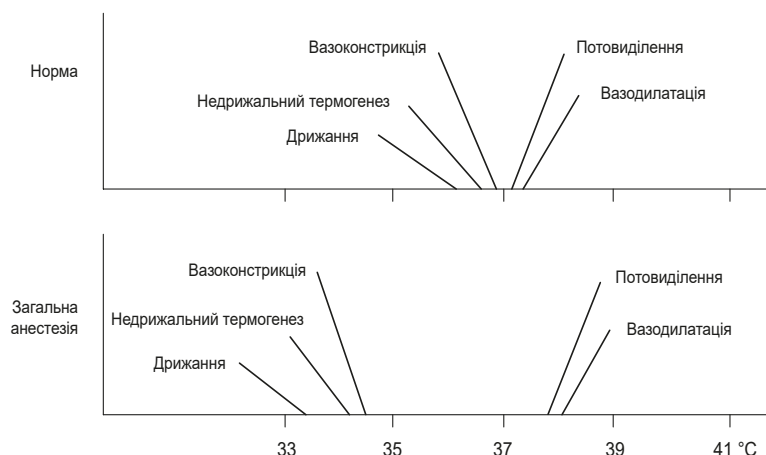


Рис. 1. Міжпорогові проміжки у нормі та під час анестезії [9]. **Похибі лінії:** терморегуляторна відповідь; **горизонтальна шкала:** центральна температура.

Таблиця 1. Причини та механізми гіпотермії в періопераційному періоді [22]

Причина гіпотермії	Механізм
Середовище операційної	Стала температура та вологість в операційній Експозиція поверхні тіла Холодні рідини для іригації Підготовка шкіри
Холодні в/в розчини	Одиниця еритроцитів може знизити температуру тіла на 0,25–0,35 °C
Анестезія	Холодні кристалоїди Індукований анестезією перерозподіл тепла від ядра до периферії Індуковане загальною анестезією зниження швидкості метаболізму на 20–30 % Суха газова суміш (наявність зволожувача)
Анестезія	Летючі анестетики порушують терморегуляторну вазоконстрикцію Міорелаксанти запобігають тремтінню В/в седативні / анестетики: пропופол, суфентаніл, дексметомідин / клонідин – підвищують поріг потовиділення та значно знижують поріг тремтіння. Мідазолам незначно порушує терморегуляторні межі Вазодилатори спричиняють втрати тепла Регіонарна анестезія – гіпоталамарна регуляція зберігається. Втрати тепла збільшуються вазодилатацією та порушеним тремтінням нижче від рівня блоку, а також холодними в/в рідинами Дексметомідин та клонідин значно знижують поріг тремтіння, їх часто використовують під час лікування тремтіння
Хірургічна техніка	Експозиція порожнин тіла Тривалість втручання

Міжпороговий діапазон характеризується межею міжпорогової девіації температурних коливань потовиділення та вазоконстрикції [20]. Температурний градієнт зумовлює верхню та нижню межі базальної температури тіла, між якими не можуть реалізуватися автономні ефекти терморегуляції. Якщо T_{co} перевищує пороговий показник, організм залучає ефекти самоохолодження (вазодилатацію, потовиділення); коли центральна температура нижча за цей рівень, починаються вазоконстрикція та дрижання. Анестезія може збільшувати міжпороговий діапазон, і тому для запуску гомеостатичного зігрівання центральна температура тіла має бути значно нижчою, ніж у пацієнта, який знаходиться у свідомому стані [11].

Чимало хворих надходять до операційної вже в стані помірної гіпотермії. Факторами ризику цього є

похилий вік, низький індекс маси тіла та захворювання, як-от діабетична нейропатія, паралепсія або тяжкий гіпотиреоз. Пацієнти у невідкладних станах, наприклад, із політравмою, часто мають гіпотермію вже під час надходження до стаціонару [13].

В інтраопераційному періоді гіпотермія може бути спричинена комплексом факторів (табл. 1).

В інтранаркозному періоді гіпотермія розвивається за характерним патерном, у якому розрізняють три фази: перерозподілу, лінійну та плато (рис. 2).

I фаза (перерозподіл). Тсо починає швидко знижуватися внаслідок перерозподілу тепла, коли розширення судин спричиняє периферичне переміщення теплої крові, а охолоджена кров із зовнішніх тканин повертається до температурного «ядра». Вазодилатація може виникати і в результаті прямої дії анестетиків, і внаслідок непрямого зниження порогу периферичного судинного спазму. Протягом перших 40 хвилин наркозу T_{co} може знизитися майже на 1 °C, середня температура тіла та вміст тепла в тілі при цьому залишаються незмінними.

II фаза (лінійна). Зниження температури тіла уповільнюється і стає більш лінійним. Роль перерозподілу тепла зменшується, тепловтрати перевищують теплоутворення. Швидкість метаболізму знижується майже на 1/3 від вихідної. Різниця між центральною та периферичною температурою може досягати 4 °C. Ступінь охолодження внаслідок перерозподілу прямо пропорційний терміну перебування пацієнта у холодному приміщенні та вираженості вазоконстрикції. Пригнічення теплопродукції відбувається одночасно зі зростанням тепловіддачі під час анестезії та спричиняє формування негативного теплового балансу. Тепловтрати в цей період зумовлені іррадіацією (на 60 %), конвекцією (до 30 %), випаровуванням (до 25 %), втратами через дихальні шляхи (до 10–12 %).

III фаза (плато). Коли температура ядра досягає порогу автономної терморегуляції (приблизно 34,5 °C), виникає вазоконстрикція, за якої криві теплопродукції та тепловтрат перехреснюються. Якщо виключити навмисну гіпотермічну терапію та інфузії холодних розчинів, вазоконстрикція запобігає наступним втратам тепла. Якщо пацієнта активно зігрівають, T_{co} може почати

підвищуватися. Втім, може повторно розвинути фаза перерозподілу, наприклад, після зняття артеріальних затискачів або турнікетів. Слід також враховувати, що межа авторегуляції може змінюватися під впливом препаратів для анестезії залежно від концентрації [1,11,12,13,23,24].

Згідно з класифікацією NIHCE (National Institute for Health and Clinical Excellence, USA), розрізняють легку НПГ – при T_{co} 35,0–35,9 °C, помірну – при T_{co} 34,0–34,9 °C, тяжку – при T_{co} <33,9 °C [23,25].

Вплив препаратів для анестезії на терморегуляцію.

Основною причиною НПГ після індукції анестезії є перерозподіл тепла, але знижена продукція тепла впливає на наступне зниження T_{co} . Незалежно від виду анестезії, препарати для її забезпечення порушують авторегуляцію температури, оскільки пригнічують вазоконстрикцію та знижують холодкові пороги [13].

Інгаляційні анестетики можуть спричиняти вазодилатацію, що призводить до посиленого припливу тепла до шкіри із втратою надалі у довкілля [23,25]. Їхня дія насамперед спрямована на гіпоталамус і спинний мозок, що спричиняє підвищення порогу потовиділення на 1 °C, зниження вазоконстрикторного порогу та межі дрижання на 2,5–4,0 °C. Вираженість цього ефекту має нелінійний, дозозалежний характер [9,13]. Інгаляційні анестетики активніше розчиняються в охолодженій крові, що пролонгує їхню дію після припинення подачі газу [9].

Подібну дію на терморегуляцію мають і внутрішньовенні анестетики. Вони спричиняють більш виражену вазодилатацію, ніж інгаляційні, але однозначних даних щодо більшого ризику періопераційної гіпотермії внаслідок їх застосування досі немає [26]. Зниження T_{co} при застосуванні пропофолу має лінійний, дозозалежний характер. Найменш виражений вплив на терморегуляцію має кетамін, оскільки він зберігає периферичний судинний тонус, і тому обмежує перерозподіл крові [13].

Опіоїди також спричиняють дозозалежне порушення терморегуляції, але зумовлюють різну частоту випадків розвитку післяопераційного тремтіння: меперидин ефективно йому запобігає, а реміфентаніл індукує [13].

На відміну від загальної анестезії, спінальна й епідуральна анестезія не порушують теплопродукцію, але можуть спричиняти розвиток гіпотермії внаслідок пригнічення спінальних центрів терморегуляції та блокади периферичних терморецепторів [15,27,28]. Спінальна й епідуральна анестезії призводять до зниження температури тіла через розширення судин у зоні блокади, що зумовлює перерозподіл тепла від центру до периферії. Порушення температурного сприйняття гіпоталамусом у ділянках із нейроаксіальним блоком посилює втрати тепла. Основний фактор охолодження шкіри верхніх кінцівок під час спінальної анестезії – компенсаторний вазоспазм у периферичних тканинах, що не підпадають під дію симпатичного блоку [28].

У разі регіонарної анестезії перерозподіл тепла тіла зумовлений не лише центральною вазодилатацією, але й прямим пригніченням вазоконстрикції та м'язового дрижання в ділянці блоку. Блокада тоничної активації периферичних рецепторів холоду в анестезованій ділянці призводить до того, що гіпоталамус не може адекватно сприймати її температуру, і системний тер-

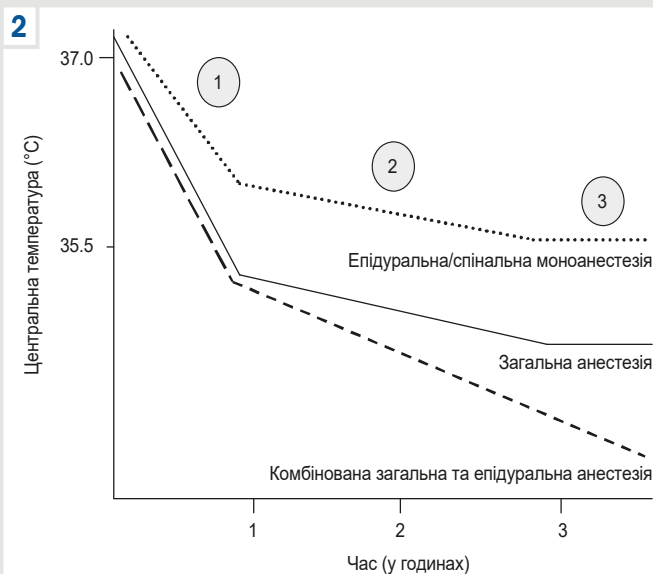


Рис. 2. Трифазні моделі НПГ при використанні регіональної, загальної або комбінованої регіональної та загальної анестезії (за Riley C. & Andrzejewski J., 2018 [11]).

морегуляторний відгук частково пригнічується. Втім, якщо спінальна або епідуральна анестезія призводять до нервового блоку в обох нижніх кінцівках, що становить більшу частину периферичного температурного компартменту, регіонарні блоки охоплюють лише одну кінцівку, і масштаб втрат тепла може бути меншим, ніж з нейроаксіальною анестезією [29,30].

Особливості анестезіологічного забезпечення при апіорній гіпотермії. У разі гіпотермії пригнічується ферментативна активність, що знижує та уповільнює метаболізм і пролонгує дію препаратів для анестезії. Крім того, перерозподіл крові від кишківника, кінцівок, нирок і печінки до життєво важливих органів (централізація кровообігу) знижує внутрішньосудинний об'єм розподілу медикаментів. Зі зниженням T_{co} підвищується парціальний тиск вуглекислого газу у крові, що призводить до зниження рН і додатково пригнічує метаболізм препаратів [13].

Під час гіпотермії змінюється фармакокінетика інгаляційних анестетиків, оскільки зростає їхня розчинність у крові та тканинах. Тобто при одній і тій самій об'ємній концентрації анестетика його концентрація в крові та тканинах вища у пацієнтів із гіпотермією, ніж із нормотермією. При зниженні T_{co} на 1 °C мінімальна альвеолярна концентрація ізофлурану зменшується на 5 %. Це призводить до кумуляції анестетика в організмі та затримки післянаркозного відновлення [9,10,11,15,23,25,31].

При охолодженні організму чимало препаратів для внутрішньовенного використання при анестезії можуть спричиняти пригнічення функцій серцево-судинної системи, що потребує ретельного титрування дози [31]. Пропофол – один із найпоширеніших препаратів для індукції та підтримки анестезії. У фізіологічних умовах він на 98 % зв'язується з білками та переважно метаболізується печінкою. Зниження T_{co} призводить до зростання його плазмової концентрації через зниження печінкового кровотоку. Таку картину визначають і щодо

Таблиця 2. Зовнішні тепловтрати та шляхи запобігання їх виникненню [9]

Види теплообміну	Механізми втрати тепла	Заходи профілактики
Кондукція	Прямий контакт з операційним столом	Зігрівальний матрац
	Холодні розчини для іригації	Зігрівання розчинів
	Холодні розчини для внутрішньовенного вливання	Зігрівання розчинів
Радіація	Іррадіація до холодних стін операційної	Ковдра з термообдуванням або радіатор
Конвекція	Протяги	Ковдра з термообдуванням
	Холодні розчини для внутрішньовенної інфузії	Підігрівання розчинів
Випаровування	Непомітні втрати через шкіру	Тепла операційна, ізоляція шкіри
	Холодні розчини для обробки шкіри	Тепла операційна
	Холодна та суха дихальна суміш	Зволоження / зігрівання дихальної суміші
	Високий газовий потік	Використання низьких потоків (закритий контур)

фармакокінетики кетаміну: гіпотермія збільшує його плазмову концентрацію без підвищення рівня норкетаміну у плазмі, що свідчить про пригнічення печінкового метаболізму кетаміну. Після відігрівання пацієнта рівні норкетаміну в плазмі зростають [13,31].

Уповільнення метаболізму на тлі гіпотермії впливає на фармакокінетику опіоїдів, збільшуючи їхню плазматичну концентрацію та подовжуючи тривалість дії. Концентрація фентанілу підвищується на 5 % при зниженні Т_{сo} на 1 °С. Гіпотермія також впливає на метаболізм міорелаксантів внаслідок зміни розподілу та/або швидкості їх метаболізму й екскреції. Зниження Т_{сo} до 34,5 °С може вдвічі подовжити тривалість нервово-м'язової блокади для векуронію і рокуронію, для атракуріуму – на 60 % [13,31]. Цей ефект посилюється тим, що гіпотермія сама по собі спричиняє м'язову слабкість [31].

Гіпотермія також пригнічує зв'язування місцевих анестетиків із білками, що призводить до значного збільшення їхньої плазмової концентрації і, відповідно, імовірності виникнення кардіотоксичних ефектів [10,31].

Інтубація трахеї при тяжкій гіпотермії може зумовити порушення серцевого ритму, але користь від оптимальної оксигенації та підтримки прохідності дихальних шляхів значно перевищує ризик злоскісних аритмій. Ригідність м'язів і тримзм може утруднювати інтубацію. Концентрація вуглекислого газу у повітрі, яке пацієнт видихає, при тяжкій гіпотермії не є надійним показником, тому штучну вентиляцію легень слід здійснювати за стандартними розрахунками відповідно до маси тіла [32,33,34].

Гіпотермія – відомий фактор уповільненого пробудження після анестезії. Причинами цього явища є уповільнення метаболізму та зниження кліренсу медикаментозних засобів, підвищена спорідненість гемоглобіну та кисню, що призводить до погіршення оксигенації тканин, та пряма пригнічувальна дія гіпотермії на центральну нервову систему [35].

М'язове тремтіння, його профілактика та лікування.

М'язове тремтіння – фізіологічна реакція організму на зниження температури тіла. Втім, у періопераційному періоді це явище є небажаним, оскільки при цьому зростає споживання кисню та рівні катехоламінів, збільшується ризик гіпоксемії, виникають лактацидоз, тахікардія, гіпертензія, підвищується внутрішньоочний

і внутрішньочерепний тиск. Всі ці фактори збільшують частоту післяопераційних ускладнень, особливо у пацієнтів високого ризику. Крім того, тремтіння є одним із провідних симптомів, що зумовлюють дискомфорт у пацієнтів у післяопераційному періоді, іноді навіть більший, ніж саме біль.

Показано, що частота розвитку післяопераційного тремтіння після загальної анестезії становить 20–70 % [36]. Періопераційне зігрівання пацієнтів знижує частоту м'язового тремтіння, але не усуває його повністю. Це пояснюють, по-перше, іншими факторами тремтіння (як-от хірургічний стрес і біль), а по-друге, тим, що після різкого припинення дії анестетика на терморегуляцію поріг тремтіння знижується, і тремтіння виникає навіть при нормальній температурі тіла [36].

Основний метод профілактики та лікування м'язового тремтіння – зігрівання пацієнта для підтримки нормальної Т_{сo}. Пригнічення тремтіння за допомогою фармакологічних препаратів без зігрівання може поглибити гіпотермію, що вже була в пацієнта [26,36]. Якщо утримується нормальна Т_{сo}, для лікування м'язового тремтіння застосовують широкий спектр препаратів: опіоїди, α2-агоністи, антихолінергічні препарати, стимулятори центральної нервової системи, кортикостероїди [36].

Найпоширенішим опіоїдом для лікування постнаркозного тремтіння є меперидин. Це єдиний опіоїд, що активує одночасно κ та μ-опіоїдні рецептори та знижує поріг тремтіння. Його еквіаналгетична доза (25 мг) ефективніше усуває тремтіння порівняно з іншими опіоїдами (фентаніл, альфентаніл, суфентаніл або морфін). Побічні ефекти меперидину типові для опіоїдів і включають нудоту, блювання та ризик пригнічення дихання [20,36]. В Україні цей препарат не зареєстрований.

Оскільки опіоїди спричиняють численні побічні ефекти, триває пошук альтернативних препаратів для лікування постнаркозного тремтіння. Відомо, що гістаміноблокатори (5-HT₃ антагоністи) ефективно запобігають м'язовому тремтінню після загальної та спінальної анестезії. Для цього використовують ондансетрон у дозі 4 мг або 8 мг. Серед інших препаратів для лікування тремтіння – кетамін, сульфат магнію, клонідин і дексметомідин [27,36,37].

У таблиці 2 описано зовнішні тепловтрати в операційній та шляхи запобігання їх виникненню.

Профілактика та лікування НПГ: періопераційне регулювання температури. НПГ та її можливим ускладненням значно легше запобігти, ніж потім лікувати [1,38]. Rauch S. et al. рекомендують розрізняти 10 ключових моментів профілактики періопераційної гіпотермії для операцій тривалістю понад 30 хв [13]:

– Преопераційно:

1. Інформувати пацієнта про ризик періопераційної гіпотермії і тримати його в теплі;

2. Виміряти температуру тіла за 1 годину до транспортування в операційну та повідомити анестезіолога, якщо <36,0 °С або >37,5 °С;

3. Зігрівати пацієнта активним методом протягом щонайменше 10–30 хв до індукції.

– Інтраопераційно:

4. Продовжувати активне зігрівання під час операції;

5. Мінімізувати перерви в активному зігріванні;

3

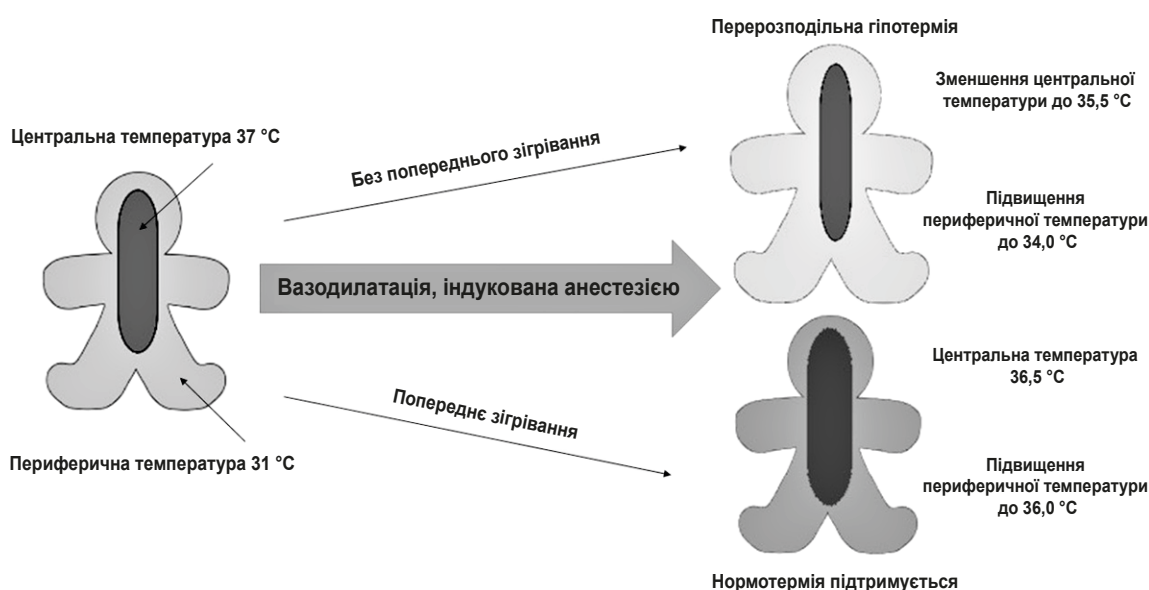


Рис. 3. Вплив вазодилатації, індукованої анестезією, на базальну та периферичну температуру з попереднім зігріванням пацієнта та без такого (за Riley C. & Andrzejowski J., 2018 [11]).

6. Вимірювати температуру тіла безперервно або щонайменше кожні 15 хв під час операції;

7. Якщо передбачають великий об'єм інфузії, зігрівати інфузійні розчини.

– Постоопераційно:

8. Виміряти температуру тіла після переведу до ВІТ / ПІТ;

9. Продовжувати активне зігрівання, якщо температура тіла <36 °C;

10. Перед переведом із ПІТ / ВІТ переконатися, що температура тіла >36 °C.

Розроблено кілька міжнародних рекомендацій щодо періопераційного управління температурою тіла [38,39]. Активне управління температурою тіла рекомендоване всім хворим, яким виконують хірургічні втручання тривалістю понад 30 хвилин під загальною або спінальною анестезією. Основними заходами з управління температурою є вимірювання температури ядра тіла, активне зігрівання пацієнта перед індукцією анестезії, мінімізація тепловтрат під час втручання та зігрівання інфузійних середовищ при великих об'ємах інфузії [13,38,39]. Під час оперативного втручання температуру тіла треба вимірювати постійно або кожні 15 хвилин [18].

Профілактика та лікування НПГ: заходи зі зменшення тепловтрат. Термоізоляція – ефективний зовнішній метод зменшення втрат тепла через шкіру шляхом випромінювання та конвекції, що дає змогу внутрішнім механізмам теплопродукції їх компенсувати. Цей метод є ефективнішим при помірній гіпотермії. Основними методами є підвищення температури в операційній, ізоляція поверхні тіла білизною та використання напівзакритих наркозних контурів із низьким потоком газу [18].

Втрати тепла через шкіру пропорційні площі оголеної поверхні тіла. Як наслідок, оптимальна температура в операційній кімнаті є критичним фактором, що визначає шкірні втрати тепла через випромінювання, конвекцію та випаровування. Мінімальна температура

в операційній становить 21 °C, оптимальна – 23 °C для дорослих і 26 °C для немовлят [9,18].

Розрізняють дві групи матеріалів для термоізоляції. Матеріали першої групи утримують повітря між волокнами. Таке повітря не рухається, і тому є ефективним шаром для ізоляції. Ефективність такої термоізоляції залежить від товщини прошарку повітря і не залежить від виду волокон. Друга група матеріалів належить до відбивальної ізоляції, що відбиває тепло назад до поверхні, яка його випромінює, і майже не пропускає назовні. Для кращого ефекту відбивальну ізоляцію треба розташовувати на відстані приблизно 1 см від поверхні тіла з прошарком повітря. Більшість комерційно доступних матеріалів для ізоляції знижують втрату тепла майже на 30 %. Для максимальної ефективності ізоляція має охоплювати якомога більшу частину поверхні тіла [13,31].

Профілактика та лікування НПГ: активне зігрівання пацієнта. Після перебування у холодній кімнаті перед операцією майже всі пацієнти надходять до операційної з периферичною вазоконстрикцією та холодними кінцівками. У більшості з них інтактна терморегуляція підтримує температуру ядра тіла. Активне зігрівання периферичних тканин пацієнта перед операцією дає змогу максимально знизити температурний градієнт між центром і периферією, завдяки чому наступний перерозподіл тепла не відбувається (рис. 3) [13]. В оновленому керівництві NINCE [23,25] рекомендовано зігрівати пацієнта протягом 30 хв до операції. Втім, на практиці цей термін витримати не завжди можливо. Це спонукало дослідників до пошуку альтернативних стратегій, як-от скорочення тривалості передопераційного зігрівання (10–15 хв) або інтраопераційне зігрівання. Згідно з результатами досліджень, всі варіанти періопераційного зігрівання пацієнта зменшують градієнт температур «ядра» й «оболонки», знижуючи в такий спосіб тепловтрати при перерозподілі після індукції

[11], є досить ефективними для профілактики транс- і післяопераційного охолодження. Це сприяє зниженню частоти НПГ на майже 30 % [40,41].

Для активного зігрівання пацієнта використовують такі засоби, як інфрачервоне випромінювання, електричні ковдри, ковдри або матраци з циркуляцією теплої води, примусове нагрівання сухим підігрітим повітрям або повітряне конвективне обігрівання, підігрівання рідин для інфузії та іригації, зігрівання та зволоження газової суміші для анестезії та вуглекислого газу для карбоперитонеуму [1,26,38].

Інфрачервоні радіатори використовують спеціальні лампи або нагріті поверхні для продукції інфрачервоного випромінювання. Це випромінювання шкіра поглинає майже повністю, і немає необхідності у прямому контакті радіатора та шкіри. Втім, у періопераційному періоді їх застосування є доволі проблематичним через великі розміри та ризик розвитку теплового стресу у бригади, що працює безпосередньо поруч із радіатором [18,31].

Найефективнішими нині вважають конвекційні системи обігріву пацієнта. Вони складаються з контролера та ковдри, що наповнюється теплим повітрям і зігріває вкрити нею поверхню тіла пацієнта. Контролер зазвичай складається з повітряного фільтра, електричного нагрівача, мотора та вентилятора для генерації потоку повітря, який наповнює надувну ковдру через шланг. Ці системи мають кілька заздалегідь встановлених температурних режимів. Ковдра може закривати все тіло, верхню чи нижню його половину, тулуб або груди, а також може мати отвір для хірургічного доступу. Якщо контролер справний, такі системи не нагрівають шкіру більше ніж до +43 °C і, відповідно, не несуть ризику опіків. Наведені у фаховій літературі випадки виникнення опіків пов'язані з несправністю контролера [18,31].

Єдиною релевантною, хоча і менш ефективною альтернативою конвекційним системам обігріву пацієнта є кондуктивні. Розроблено кілька технологій таких систем, що включають матраци із рідиною, що циркулюють, матраци з повітрям, що циркулює, електричні матраци або ковдри, самонагрівні ковдри, водяні жилети та шоломи. Ці системи потребують контакту зі шкірою пацієнта, а їхня ефективність залежить від площі контакту. Матраци зазвичай підкладають під пацієнта, але можливе вкривання пацієнта або комбінація підкладання та вкривання. Тісний контакт зі шкірою спричиняє ризик опіків, особливо в разі несправності пристрою [9,18,31].

Втрати тепла з дихальних шляхів невеликі, не перевищують 10 %. Активне зігрівання дихальної суміші при цьому має обмеження через ризик опіку дихальних шляхів. Відповідно, не виявлено істотного впливу ні активного зігрівання та зволоження дихальної суміші, ні використання тепло- та вологообмінних фільтрів на T_{so} [9,18,31]. Дослідження останніх років також не показали переваг від використання езофагеальних обігрівачів, що являють собою стравохідний катетер із теплою рідиною, що циркулює, або обігрівачів негативного тиску, які комбінують передачу тепла з механічним розширенням судин шкіри [31]. Ендоваскулярні катетери для зігрівання використовували під час кількох досліджень та встановили, що вони доволі ефективні в хірургії опіків, політравми та в кардіохірургії. Втім, вартість таких

катетерів все ще дуже велика, а одним з ускладнень є тромбоз глибоких вен [31,32,42].

Необхідне попереднє зігрівання інфузійних і трансфузійних середовищ у спеціальних нагрівачах, якщо швидкість внутрішньосудинного вливання становить більш ніж 500–2000 мл на 1 годину [20].

Під час окремих ендоскопічних втручань, як-от трансуретральної резекції простати, використовують великі об'єми іригаційних рідин, щоб створити простір для візуалізації та очистити операційне поле від крові та тканин. Використання рідин кімнатної температури підвищує ризик НПГ, особливо якщо відбувається абсорбція рідини у вени. Відповідно, рідкі середовища для трансопераційної іригації порожнин треба нагріти до 37–40 °C [9,15,20,31].

Протягом індукції анестезії активне зігрівання має продовжуватися. Немає необхідності переривати його для інтубації або встановлення судинних катетерів і шлункових зондів. Лише встановлення уретрального катетера потребує підняття зігрівальної ковдри на кілька хвилин, після чого ковдра має бути повернута на місце. Також немає необхідності переривати зігрівання на час обробки шкіри та обкладання операційного поля, оскільки немає доказів, що це збільшує ризик інфекції. Втім, тривалі перерви під час зігрівання збільшують ризик гіпотермії. Також доцільно вкривати ті частини тіла, які не можна зігріти активно, оскільки це дасть змогу знизити тепловтрати на 30 % [13].

Імовірність післяопераційної гіпотермії без застосування періопераційного зігрівання зростає майже втричі [43]. Зважаючи на це, заходи з підтримки нормотермії пацієнта мають бути доступними протягом усього періопераційного періоду, в тому числі під час транспортування, в палатах післяопераційного нагляду та інтенсивної терапії [1,15]. Активне зігрівання доцільно продовжувати в післяопераційному періоді до досягнення T_{so} +36 °C [1].

Ефективна профілактика НПГ сприяє зниженню потреби в трансфузії еритроцитів (на 40 %), плазми (на 86 %), тромбоцитів (на 78 %), ризику гнійно-септичних ускладнень (на 64 %), зменшує показання до продовженої штучної вентиляції легень у післянаркозному періоді (на 34 %), тривалість лікування у відділенні інтенсивної терапії (на 43 %), загальну тривалість лікування (на 40 %) [10].

Висновки

1. Ненавмисна періопераційна гіпотермія – поширений стан, що спричиняє численні ризики для пацієнта.
2. Моніторинг температури тіла пацієнта та запобігання розвитку гіпотермії є одними з ключових завдань анестезіолога у періопераційному періоді.
3. Для запобігання ненавмисній періопераційній гіпотермії треба дотримуватися рекомендованого температурного режиму пацієнта на всіх етапах періопераційного періоду. Особливу увагу слід приділяти пацієнтам у невідкладних станах, які потребують ургентних оперативних втручань.

Фінансування

Дослідження здійснено без фінансової підтримки.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 16.12.2024

Після доопрацювання / Revised: 20.01.2025

Схвалено до друку / Accepted: 29.01.2025

Відомості про авторів:

Кравець О. В., д-р мед. наук, професор, зав. каф. анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів факультету післядипломної освіти, Дніпровський державний медичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0003-1340-3290

Єхалов В. В., канд. мед. наук, доцент каф. анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів факультету післядипломної освіти, Дніпровський державний медичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0001-5373-3820

Кріштафор Д. А., канд. мед. наук, асистент каф. анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів факультету післядипломної освіти, Дніпровський державний медичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0003-0942-4099

Снісарь В. І., д-р мед. наук, професор каф. анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів факультету післядипломної освіти, Дніпровський державний медичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0002-1304-4665

Information about the authors:

Kravets O. V., MD, PhD, DSc, Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Ukraine.

Yekhalov V. V., MD, PhD, Associate Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Ukraine.

Krishtafor D. A., MD, PhD, Assistant of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Ukraine.

Snisar V. I., MD, PhD, DSc, Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Ukraine.



Дар'я Кріштафор (Daria Krishtafor)
shredderine@gmail.com

References

1. Tsarev AV. [Therapeutic hypothermia and methods of controlling thermoregulation in critical and terminal states] [dissertation on the Internet]. Dnepropetrovsk, Ukraine: State Medical Academy, 2019. Ukrainain. Available from: <https://nrat.ukrntei.ua/en/searchdoc/0519U001150/>
2. Kattih Z, Le J, Altschul EL, Mina BA. Hypothermia, rewarming, and potassium shifting: a case of accidental hypothermia and hyperkalemia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;201:A5175. doi: 10.1164/ajrccm-conference.2020.201.1_MeetingAbstracts.A5175
3. Kim S, Song IA, Oh TK. Exposure to postoperative hypothermia and its association with complications after major abdominal surgery: a retrospective cohort study. *Ann Surg Treat Res*. 2024;107(2):120-6. doi: 10.4174/ast.2024.107.2.120
4. Diamond A, Lye CT, Prasad D, Abbott D. One size does not fit all: assuming the same normal body temperature for everyone is not justified. *PLoS One*. 2021;16(2):e0245257. doi: 10.1371/journal.pone.0245257
5. Lee Y, Kim K. Optimal application of forced air warming to prevent peri-operative hypothermia during abdominal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):2517. doi: 10.3390/ijerph18052517
6. Nemeth M, Miller C, Bräuer A. Perioperative hypothermia in children. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:7541. doi: 10.3390/ijerph18147541
7. France GG. Hypothermia in the newborn: body temperatures following anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1957;29:390-6. doi: 10.1093/bja/29.9.390
8. Farman JV. Heat losses in infants undergoing surgery in air-conditioned theatres. *Br J Anaesth*. 1962;34:543-57. doi: 10.1093/bja/34.8.543
9. Rodger D, editor. *Fundamentals of operating department practice*. Cambridge: Cambridge University Press; 2022. 478 p. doi: 10.1017/9781108876902
10. Sessler DI. How three linked clinical observations led to an understanding of perioperative heat balance: a personal reflection on the scientific process. *J Clin Anesth*. 2024;96:111496. doi: 10.1016/j.jclinane.2024.111496
11. Riley C, Andrzejowski J. Inadvertent perioperative hypothermia. *BJA Educ*. 2018;18(8):e227-33. doi: 10.1016/j.bjae.2018.05.003
12. Zhou H, Li L, Li Q, Guo X, Xu N, Zheng Q, et al. The warming management measures may need to be further enhanced during scoliosis correction and internal fixation surgery: a retrospective cohort study. *Ther Hypothermia Temp Manag*. 2024. doi: 10.1089/ther.2024.0041
13. Rauch S, Miller C, Bräuer A, Wallner B, Bock M, Paal P. Perioperative hypothermia: a narrative review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(16):8749. doi: 10.3390/ijerph18168749
14. Li C, Zhao B, Li L, Na G, Lin C. Analysis of the risk factors for the onset of postoperative hypothermia in the postanesthesia care unit. *J Perianesth Nurs*. 2021;36(3):238-42. doi: 10.1016/j.japan.2020.09.003
15. Worley ML, Reed EL, J Kueck P, Dirr J, Klaes N, Schlader ZJ, et al. Hot head-out water immersion does not acutely alter dynamic cerebral autoregulation or cerebrovascular reactivity to hypercapnia. *Temperature*. 2021;8(4):381-401. doi: 10.1080/23328940.2021.1894067
16. Thakur K, Kaur H, Dhandapani M, Xavier T, Srinivasan G, Gopichandran L, et al. Systematic review exploring the effect of therapeutic hypothermia on patients with intracranial hypertension. *Surg Neurol Int*. 2022;13:237. doi: 10.25259/SNI_194_2022
17. Pereira NHC, De Mattia AL. Postoperative complications related to intraoperative hypothermia. *Enfermeria Global*. 2019;56:300-13. doi: 10.6018/eglobal.18.3.328791
18. Simegn GD, Bayable SD, Fetene MB. Prevention and management of perioperative hypothermia in adult elective surgical patients: a systematic review. *Ann Med Surg (Lond)*. 2021;72:103059. doi: 10.1016/j.amsu.2021.103059
19. Mendonça FT, Ferreira JD, Guiliardi VH, Guimarães GM. Prevalence of Inadvertent Perioperative Hypothermia and Associated Factors: A Cross-Sectional Study. *Ther Hypothermia Temp Manag*. 2021;11(4):208-15. doi: 10.1089/ther.2020.0038
20. AST Guidelines for Best Practice in Maintaining Normothermia in the Perioperative Patient [Internet]. 2019 Nov 14 [cited 2025 Jan 3]. Available from: https://www.ast.org/uploadedFiles/Main_Site/Content/About_Us/ASTGuidelinesNormothermia.pdf
21. Osilla EV, Marsidi JL, Shumway KR, Sharma S. Physiology, temperature regulation. *StatPearls*. Updated 2023 Jul 30. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507838/>
22. Curtis TT. Thermoregulation in the perioperative period. University of Kwazulu-Natal; 2023. 19 p.
23. Habib Z, Arifuzaman M, Gupta A, Muscat N, Fawzy SI, Rasool MU, et al. Perioperative hypothermia in surgical patients: a retrospective cohort analysis at a busy district general hospital. *Cureus*. 2024;16(9):e70139. doi: 10.7759/cureus.70139
24. Rauch S, Miller C, Bräuer A, Wallner B, Bock M, Paal P. Perioperative hypothermia: a narrative review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(16):8749. doi: 10.3390/ijerph18168749
25. Link T. Guidelines in practice: hypothermia prevention. *AORN J*. 2020;111(6):653-666. doi: 10.1002/aorn.13038
26. Keneally RJ, Heinz ER, Jaffe EM, Niak BI, Canonico AB, Roland LM, et al. Factors associated with unintended perianesthesia hypothermia. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 2024;37(3):424-30. doi: 10.1080/08998280.2024.2314443
27. Kaur H, Kaur S, Gupta KK, Singh A. Comparative evaluation of the intravenous dexmedetomidine and nalbuphine for treatment of post spinal shivering-a randomized prospective trial. *Asian J Anesthesiol*. 2022;60(4):146-54. doi: 10.6859/aja.202212_60(4).0004
28. Li Y, Liang H, Feng Y. Prevalence and multivariate factors associated with inadvertent intraoperative hypothermia in video-assisted thoracoscopic surgery: a single-center retrospective study. *BMC Anesthesiol*. 2020;20(25):2-6. doi: 10.1186/s12871-020-0953-x
29. Wolla C, Patel J, Hebbar L. Altered thermoregulatory responses following spinal morphine for caesarean delivery: a case report. *Rom J Anaesth Intensive Care*. 2020;27(1):15-8. doi: 10.2478/rjaic-2020-0008
30. Heo H, Kim YY, Lee JH, Kim G, Kwon D. Comparison of the incidence of inadvertent perioperative hypothermia between general anesthesia and interscalene brachial plexus block in shoulder arthroscopy: a randomized prospective study. *Medicine (Baltimore)*. 2024;103(2):e36855. doi: 10.1097/MD.00000000000036855

31. Brauer A, editor. Perioperative temperature management. Cambridge: Cambridge University Press; 2017. 216 p. doi: [10.1017/9781108876902](https://doi.org/10.1017/9781108876902)
32. Paal P, Pasquier M, Darocha T, Lechner R, Kosinski S, Wallner B, et al. Accidental hypothermia: 2021 update. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(1):501. doi: [10.3390/ijerph19010501](https://doi.org/10.3390/ijerph19010501)
33. Dow J, Giesbrecht GGF, Danzi DF. Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Out-of-Hospital Evaluation and Treatment of Accidental Hypothermia: 2019 update. *Med Soc Clin Pract Guidel*. 2019;30(4S):S47-S69. doi: [10.1016/j.wem.2019.10.002](https://doi.org/10.1016/j.wem.2019.10.002)
34. Babiker Mohamed MA, Abdelwahab Abdelkarim WA, Salih Aabdeen MA, Elobid Ahmed TH, Sarsour HH, El-Malky AM, et al. Evidence-based clinical practice guidelines for the management of perioperative hypothermia: systematic review, critical appraisal, and quality assessment with the AGREE II instrument. *Ann Med Surg (Lond)*. 2022;79:103887. doi: [10.1016/j.amsu.2022.103887](https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.103887)
35. Cascella M, Bimonte S, Di Napoli R. Delayed emergence from anesthesia: what we know and how we act. *Local Reg Anesth*. 2020;13:195-206. doi: [10.2147/LRA.S230728](https://doi.org/10.2147/LRA.S230728)
36. Shirozu K, Asada M, Shiraki R, Hashimoto T, Yamaura K. Factors associated with postoperative shivering in patients with maintained core temperature after surgery. *JA Clin Rep*. 2024;10(1):70. doi: [10.1186/s40981-024-00755-8](https://doi.org/10.1186/s40981-024-00755-8)
37. Ferrea G, Monks DT, Singh PM, Fedoruk K, Singh NP, Blake L, et al. Comparative efficacy of intravenous treatments for perioperative shivering in patients undergoing caesarean delivery under neuraxial anaesthesia: a systematic review and Bayesian network meta-analysis of randomised-controlled trials. *J Clin Anesth*. 2025;100:111680. doi: [10.1016/j.jclinane.2024.111680](https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2024.111680)
38. National Institute for Health and Care Excellence. Hypothermia: prevention and management in adults having surgery, CG65. National Institute for Health and Care Excellence (NICE): London; 2016. Available from: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg65>
39. Aktualisierung - S3 Leitlinie „Vermeidung von perioperativer Hypothermie“ [Internet]. Awmf.org. [cited 2025 Feb 20]. Available from: https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-018l_S3_Vermeidung_perioperativer_Hypothermie_2019-08.pdf
40. Mohan C, Madhusudhana R. Effects of pre-warming and co-warming in preventing intraoperative hypothermia. *Cureus*. 2023;15(2):e35132. doi: [10.7759/cureus.35132](https://doi.org/10.7759/cureus.35132)
41. Kay AB, Klavas DM, Hirase T, Cotton MO, Lambert BS, Incavo SJ. Preoperative warming reduces intraoperative hypothermia in total joint arthroplasty patients. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020;28(6):e255-62. doi: [10.5435/JAAOS-D-19-00041](https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-19-00041)
42. Moriarty HK, O'Donovan S, Yip H, Clements W, Koukounaras J, Goh S. A warning for warming catheters: interventional radiology's role. *Diagn Interv Radiol*. 2020;26(3):245-8. doi: [10.5152/dir.2019.19298](https://doi.org/10.5152/dir.2019.19298)
43. Uwimana JC, Uwineza JB, Nizeyimana F, Nekyon D. Incidence, risk factors and outcome of perioperative hypothermia in pediatric patients at the University Teaching Hospital of Kigali. *Rwanda Med J*. 2021;77(4):20-4. Available from: <https://www.bioline.org.br/pdf?rw20036>