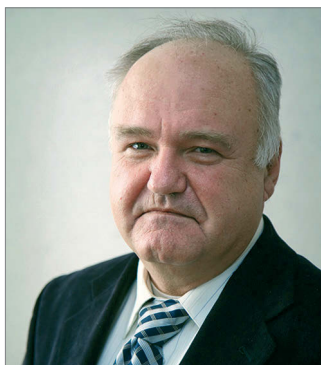


УДК 616-089.5-001.18-053.2:612.592:615.832
DOI: 10.25284/2519-2078.1(110).2025.326000



СНІСАРЬ В.І., КРАВЕЦЬ О.В., ПЛОЩЕНКО Ю.О.

ТЕМПЕРАТУРНИЙ БАЛАНС У ДІТЕЙ В ІНТРАОПЕРАЦІЙНОМУ ПЕРІОДІ

Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна

Актуальність. Інтраопераційна гіпотермія (ІГ) є серйозною проблемою дитячої анестезіології. Незважаючи на наявність численних технічних розробок для зігрівання хворих на операційному столі, рутинне їх застосування не завжди повністю вирішує проблему ІГ. Причиною цього є недостатня ефективність, технічна складність, недостатня безпека для пацієнтів та увага медичного персоналу. На сьогодні, жоден з відомих методів профілактики гіпотермії не має абсолютної ефективності, тому пошуки альтернатив продовжуються у всьому світі.

Мета дослідження: вивчити особливості розвитку інтраопераційної гіпотермії та її вплив на перебіг загальної анестезії у дітей.

Матеріали та методи. Для вивчення впливу гіпотермії на перебіг анестезії, 100 пацієнтів віком в межах 2-12 років, але 90 % обстежених пацієнтів були віком 5-10 років, розділені на 2 групи: Контрольна група складала 50 дітей, яким протягом оперативного втручання проводилось зігрівання. Основна група складала 50 обстежуваних дітей, яким не проводилось зігрівання. Для активного зігрівання використовували ковдру BARRIER EasyWarm з підігрівачем The Bair Hugger Normothermia System. Температура тіла вимірювалася за допомогою інфрачервоного термометра Gamma Thermo Scan. Газообмін у обстежених дітей оцінювався на підставі показників вимірювання сатурації (SpO_2), парціального тиску CO_2 наприкінці видиху ($EtCO_2$). Стан гемодинаміки контролювався на підставі показників ЧСС та систолічного, діастолічного і середнього артеріального тиску. Вираженість післяопераційного холодового тремтіння – з використанням шкали BSAS.

Результати. В цілому в обох групах в інтраопераційному періоді відмічалась динаміка зниження температури, але більша тенденція спостерігалась у дітей, яких не зігрівали. Діти, підігрів у яких був відсутній, в кінці оперативного втручання мали температуру, де медіана цього показника та міжквартильний розмах складала $35,5\text{ }^\circ\text{C}$ [35-35,5]. В контрольній групі, де використовували активні методи обігріву під час анестезії, реєстрували найменш виражене зниження температури тіла. Мінімальне значення температури за медіаною склало $36,3\text{ }^\circ\text{C}$ [36,2-36,4]. Щодо загальної анестезії в цілому, то у всіх дітей вона протікала гладко, ускладнень не визначалося. Але в групі пацієнтів, яким обігрів не використовувався, в кінці оперативного втручання SpO_2 була на рівні 93 %.

Висновки. При недотриманні умов обігріву дитини під час загальної та регіонарної анестезії спостерігається гіпотермія тіла, що викликає післяопераційне тремтіння. В умовах, коли дитина не зігрівається під час оперативного втручання температура тіла знижується до $1\text{ }^\circ\text{C}$ за годину. Навіть при умовах її обігріву температура тіла може помірно знижуватися за рахунок введення не зігрітих інфузійних розчинів. Обігрів пацієнта в післяопераційний період такий само важливий, особливо при зниженні температури та виникненні тремтіння.

Ключові слова: діти, інтраопераційна гіпотермія, анестезія.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

Незважаючи на те, що інтраопераційна гіпотермія у дітей є відомим і поширеним ускладненням загальної анестезії, ця проблема досі є важливою. Це може бути наслідком як особливостей фізіології педіатричної популяції, так і недостатнього інтраопераційного зігрівання. На жаль, більшість дослід-

жень у дітей повідомляють лише про випадки післяопераційної гіпотермії, тоді як інтраопераційна гіпотермія зустрічається частіше. У найбільшому ретроспективному дослідженні з 6737 дітьми [1] гіпотермія спостерігалась у 45 % хворих. Інше дослідження повідомляє про 52 % випадків гіпотермії у 717 дітей [2]. Внутрішню температуру вимірю-

Для кореспонденції:

ПЛОЩЕНКО Юлія Олександрівна, доцент кафедри анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів ФПО, Дніпровський державний медичний університет.
Дніпро, вул. Вернадського 9, 49000, 0679210016, ploshchenkoy@ukr.net

вали лише у 74 % пацієнтів, і лише близько 50 % отримували активне зігрівання. У кількох інших дослідженнях у новонароджених і немовлят повідомлялося про суперечливі результати. У ретроспективному дослідженні за участю недоношених дітей, яким проводили лапаротомію з приводу некротичного ентероколіту періопераційну гіпотермію спостерігали у 85 % [3]. Подібним чином, у іншому ретроспективному дослідженні частота гіпотермії у новонароджених становила 82 % [4]. У невеликому дослідженні серед немовлят, яким проводили лікування краніосиностозу, частота гіпотермії становила 83 % [5]. Однак у великому дослідженні, що оцінювало 933 немовлят, яким проводили відкрити або ендоскопічну краніектомію для лікування краніосиностозу, частота важкої інтраопераційної гіпотермії становила 22 % і 26 % відповідно [6]. З іншого боку, деякі дослідження демонструють, що за умов додержання протоколів інтраопераційного зігрівання частота гіпотермії може бути нижчою за 10 % [7-10], навіть у недоношених немовлят [11]. Таким чином, можливо, що частота періопераційної гіпотермії більше залежить від фактичної стратегії зігрівання, ніж від особливостей пацієнта, незалежно від віку чи хірургічної процедури.

Перерозподіл тепла є основною причиною періопераційної гіпотермії після індукції анестезії, але зменшена теплопродукція сприяє подальшому зниженню внутрішньої температури [12].

Незалежно від типу анестезії, анестетики впливають на автономний контроль терморегуляції, зменшуючи вазоконстрикцію та пороги тремтіння [13]. Препарати для внутрішньовенної анестезії пригнічують систему терморегуляції. Інгаляційні анестетики впливають на гіпоталамус і спинний мозок головним чином нелінійно, залежно від концентрації [14]. Пропофол знижує температуру ядра лінійно, залежно від концентрації [15]. Опіоїди також послаблюють терморегуляцію залежно від концентрації, але частота післяопераційного тремтіння може відрізнитися [16]. Кетамін має найменший вплив на терморегуляцію, оскільки він підтримує тонус периферичних судин і, отже, обмежує перерозподіл крові [17]. Міорелаксанти не проникають через гематоенцефалічний бар'єр і тому не впливають на терморегуляцію. Препарати, що використовуються для анестезії, знижують терморегуляційний поріг вазоконстрикції приблизно до 34,5 °C залежно від концентрації.

Ступінь зниження температури під час перерозподілу тепла від ядра до периферії після індукції загальної анестезії залежить від кількох факторів. Важливу роль відіграють морфологія тіла та гемодинамічний статус пацієнта. Наприклад, перерозподіл відбувається швидше у пацієнтів з високим серцевим викидом або більшою периферичною вазодилатацією. Найважливішим фактором є

температура периферії перед індукцією анестезії. Чим нижчий температурний градієнт між ядром і периферією, тим менший перерозподіл тепла і менше зниження температури ядра. Худіші, менші пацієнти з більшою крововтратою охолоджуються сильніше та швидше [18, 19].

Приблизно через годину після введення в анестезію зниження температури сповільнюється і стає більш лінійним. Хоча перерозподіл менш важливий на цій фазі, переважають втрати тепла через випромінювання і конвекцію. Швидкість метаболізму знижується приблизно на одну третину від початкової [12].

Седативні препарати мають подібні до загальних анестетиків ефекти. Концентраційна залежність пояснює менший вплив менших доз седативних засобів на терморегуляцію і температуру тіла. Вплив дексметомідину на пороги терморегуляції можна порівняти з ефектом пропофолу [20, 21].

Гіпотермія може змінювати фармакокінетику препаратів, порушуючи активність ферментів, тим самим знижуючи та уповільнюючи метаболізм і подовжуючи дію препаратів, що використовуються для індукції або підтримки анестезії [22, 23].

Пропофол є одним із найбільш використовуваних препаратів для індукції та підтримки анестезії. У фізіологічних умовах пропофол зв'язується з білками на 98 % і в основному метаболізується в печінці [24, 25]. Зниження внутрішньої температури призводить до збільшення концентрації пропофолу в плазмі в основному в результаті зниження кровотоку в печінці [26-28]. Інтраопераційна гіпотермія впливає також на ефективність інгаляційних анестетиків, знижуючи МАК севофлурану та ізофлурану на 5 % на 1 °C зниження внутрішньої температури. Крім того, тканинна розчинність інгаляційних анестетиків підвищується при гіпотермії, що призводить до затримки виходу з анестезії [30]. Концентрація фентанілу, опіоїду, який широко використовується в анестезії, підвищується приблизно на 5 % на кожні 1 °C зниження внутрішньої температури [31]. Гіпотермія також впливає на дію міорелаксантів, змінюючи розподіл та/або швидкість метаболізму та виведення препаратів. Зниження внутрішньої температури тіла на два градуси Цельсія може подвоїти тривалість нервово-м'язової блокади [32].

Загалом, періопераційна гіпотермія пов'язана із затримкою виходу з анестезії [29].

Всі дані про негативну роль пері-, інтра- та післяопераційної гіпотермії вказують на необхідність поглибленого вивчення даного явища, способів його попередження та усунення [33].

На сьогодні, жоден з відомих методів профілактики гіпотермії не має абсолютної ефективності, тому пошуки альтернатив продовжуються у всьому світі.

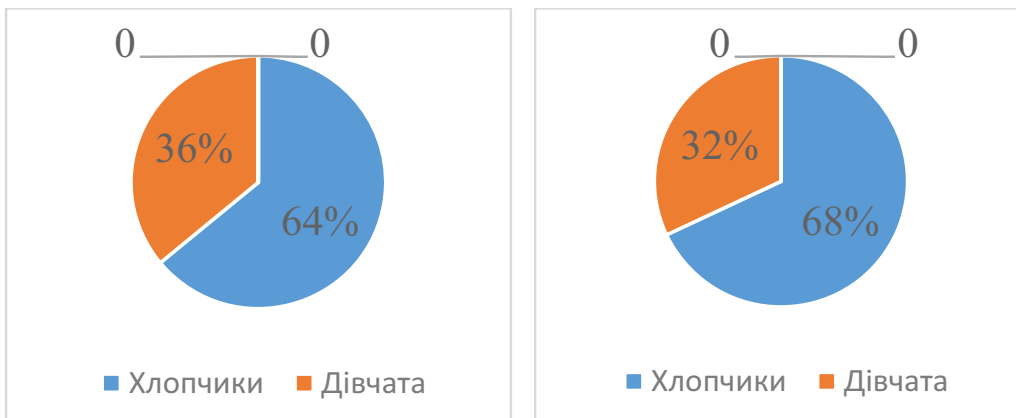


Рис. 1. Розподіл дітей за статтю (А) контрольна група (Б) основна група.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Вивчити особливості розвитку інтраопераційної гіпотермії та її вплив на перебіг загальної анестезії у дітей.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вибір об'єктів та методів дослідження для виконання дослідницької частини цієї роботи здійснювався відповідно до поставленої мета, яка передбачала вивчення перебігу загальної анестезії у дітей в умовах впливу гіпотермії, що розвивається інтраопераційно в порівнянні з пацієнтами, яких зігрівали під час операції.

До дослідження було залучено 100 пацієнтів віком від 1 до 17 років, без хронічної патології та порушень системи терморегуляції.

У цьому клінічному дослідженні пацієнти, які мали прооперуватися під загальним знеболенням, були випадковим чином розподілені на дві групи. Контрольна група складала 50 обстежуваних, яких

протягом оперативного втручання проводилось зігрівання. Основна група складала 50 обстежуваних дітей. Дана група характеризувалася тим, що протягом оперативного втручання не проводилось зігрівання. Структура пацієнтів за статтю в контрольній та основній групі наведена на рисунку 1.

За віком і патологією обстежені групи дітей були також репрезентативні (таблиця 1, рис. 1). Вік дітей в обох групах був в межах 2-12 років, але 90 %

Таблиця 1. Розподіл дітей за віком.

Вік (роки)	Група 1, основна	Група 2, контрольна
2-4	4	4
5-6	10	8
7-8	14	17
9-10	20	19
11-12	2	2

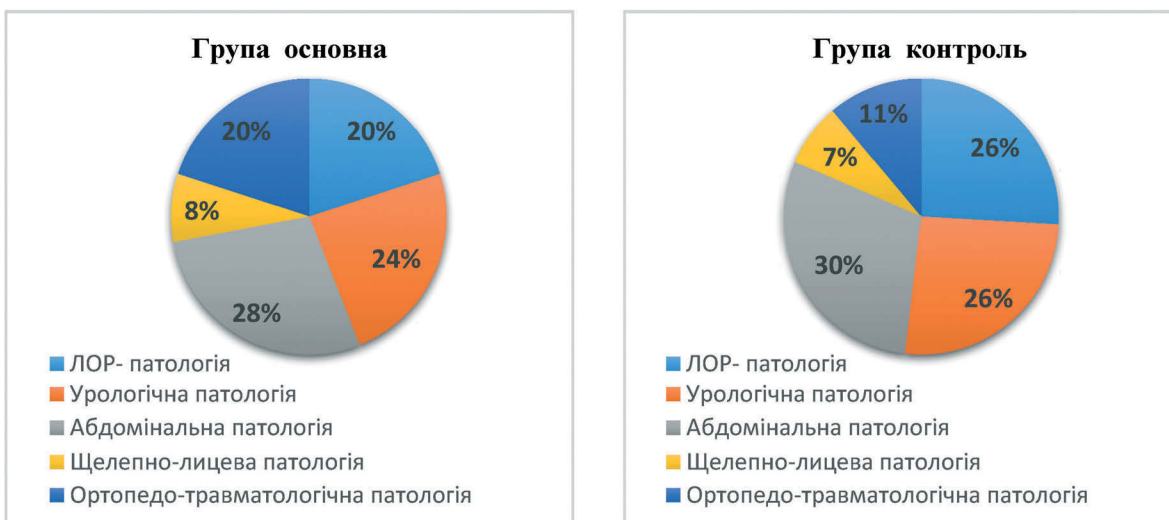


Рис. 2. Розподіл дітей за патологією.

обстежених пацієнтів були віком 5-10 років, що давало можливість в контрольній групі використовували активне зігрівання за допомогою одноразової ковдри BARRIER EasyWarm з підігрівачем The Bair Hugger Normothermia System з температурним режимом 38 °С. Температура в операційній була в межах 20-22 °С (21,0 ± 0,11 °С). Тривалість оперативного втручання була 1,45 ± 0,33 часу.

Усім учасникам дослідження здійснили клінічне обстеження та анестезію за протоколом надання стаціонарної допомоги. Дослідження здійснили, дотримуючись основних етичних принципів щодо виконання наукових медичних досліджень за участю дитини.

Температура тіла вимірювалася за допомогою інфрачервоного термометра Gamma Thermo Scan. Газообмін у обстежених дітей оцінювався на підставі показників вимірювання сатурації (SpO₂), парціального тиску CO₂ наприкінці видиху (EtCO₂). Вимірювання сатурації проводилось за допомогою монітора пацієнта Nihon Kohden VISMO PVM-2700. Вимірювання парціального тиску CO₂ наприкінці видиху (EtCO₂) проводилось за допомогою вбудованого капнографу наркозно-дихального апарату Maquet Flow-I.

Стан гемодинаміки контролювався на підставі показників ЧСС та систолічного, діастолічного і середнього артеріального тиску. Вимірювання ЧСС та АТ – за допомогою монітора пацієнта Nihon Kohden VISMO PVM-2700 та Biolight Meditech cardio S12.

Вимірювання перелічених показників проводилось на 4-х етапах: за 30 хв до операції, на початку операції, через 30-60 хв після початку операції та наприкінці операції. Порівняння результатів проводилось за першим і четвертим етапом між контрольною і основною групами. Виключенням був показник EtCO₂, який порівнювався на другому та четвертому етапах. В післяопераційному періоді протягом 4 годин з моменту надходження із операційної оцінювалось наявність та вираженість післяопераційного холодового тремтіння з використанням шкали BSAS (Bedside Shivering Assessment Scale) – приліжкова шкала оцінки холодового тремтіння.

Анестезіологічне забезпечення включало багатоконпонентну загальну анестезію і регіонарні методи знеболення. Як компонент загальної анестезії зі штучною вентиляцією легень через ендотрахеальну трубку використовувалися фентаніл з пропофолом. З регіонарних методів, як правило, використовували центральний вид блокади бупівакаїном – епідуральна анестезія.

У такому варіанті регіонарна анестезія посилювала аналгетичний компонент та вегетативну блокаду в зоні операції, а надалі забезпечувала аналгезію у післяопераційному періоді.

Обробка даних наукових досліджень проводилась з використанням ліцензійної програми Excel 2013 версії 15.0. 5545.1000. Перед застосуванням статистичних критеріїв проводилася перевірка гіпотези про нормальний закон розподілу випадкових величин (за критерієм Шапіро-Уїлка). Зважаючи на те, що розподіл кількісних змінних у групах часто не відповідав нормальному закону, порівняльний аналіз проводили за допомогою непараметричного U – критерію Мана-Уїтні.

Для наглядного опису змін досліджуваних показників використані також медіана та інтерквартильний розмах (Me, 25 %; 75 %). Порівняння якісних показників здійснювали за критерієм Хі-квадрат (χ²) Пірсона.

Для оцінки асоціації між категоріальними змінними розраховувалися критерії фі-квадрат (φ) при аналізі таблиць 2x2. Міри асоціації оцінювалися у діапазоні від 0 – повна відсутність зв'язку до 1 – максимально сильний зв'язок та інтерпретували відповідно до рекомендацій Rea & Parker, коли при значеннях критерію <0,1 сила асоціативного зв'язку вважається несуттєвою; від 0,1 до 0,2 – слабкою; від 0,2 до 0,4 – середньою; від 0,4 до 0,6 – відносно сильною; від 0,6 до 0,8 – сильною; від 0,8 до 1,0 – дуже сильною. Для оцінки асоціації між категоріальними змінними додатково розраховувалось відношення шансів (ВШ) з 95 % ДІ.

Результати. Частоту гіпотермії в інтраопераційному періоді ми спостерігали в групі дітей без підігріву у 88 % пацієнтів, тоді як у групі з підігрівом зниження температури тіла також відбувалося, але

Шкала BSAS

Бали	Ступінь вираженості тремтіння	Клінічні прояви
0	Відсутнє	Тремтіння не визначається як візуально, так і при пальпації грудної клітки.
1	Легке тремтіння	Тремтіння локалізується при пальпації тільки на шиї і/або грудній клітці; віддзеркалюється на ЕКГ при кардіомоніторинні.
2	Помірне тремтіння	Тремтіння охоплює верхні кінцівки в доповнення до тремтіння на шиї та грудній клітці.
3	Виражене тремтіння	Тремтіння охоплює все тіло, верхні та нижні кінцівки.

Таблиця 2. Динаміка температури в інтраопераційному періоді у дітей.

Група	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C
Основна(n=25)	36,4	36,0	35,5	35,5
Контрольна(n=25)	36,5	36,5	36,4	36,3
Me ₁ (Q ₁ ; Q ₃)	36,4[36,2;36,7]	36,0[35,8;36,1]	35,5[35,2;35,8]	35,5[35,2;35,8]
Me ₂ (Q ₁ ; Q ₃)	36,5[36,3;36,7]	36,4[36,3;36,4]	36,3[36,3;36,5]	36,3[36,2;36,4]
IQR ₁ – міжквартильний розмах	0,20	0,30	0,30	0,50
IQR ₂ – міжквартильний розмах	0,2	0,1	0,2	0,2
m ₁ – стандартна похибка	0,03	0,039	0,04	0,06358
m ₂ – стандартна похибка	0,022	0,029	0,055	0,0550
p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

це було лише 44 % пацієнтів, що статистично значимо менше: $\chi^2 = 10,78$ ($p < 0,05$). Асоціативний зв'язок між відсутністю підігріву і вірогідністю розвитку гіпотермії відносно сильний: фі-коефіцієнт $\phi = 0,46$. Відношення шансів виникнення гіпотермії у групі з підігрівом в порівнянні з групою без підігріву складає ВШ = 9,33 при 95 % ДІ (2,21 – 39,46), що свідчить про те, що вірогідність розвитку гіпотермії в групі без підігріву в 9,33 рази вища, ніж у групи з підігрівом.

В контрольній та основній групах дітей показник температури за 30 хв. до операції був нормальним та дорівнював 36,5 (36,3-36,7) °C та 36,4 (36,2-36,7) °C відповідно ($p > 0,05$). Наприкінці операції наявність підігріву зменшували втрати тепла і показник температури в співвідношенні з доопераційним періодом 36,3 °C [36,2-36,4]. Діти, підігрів у яких був відсутнім, в кінці оперативного втручання мали температуру 35,5 °C (35,2 – 35,8) ($p < 0,05$) (таблиця 2, рис. 3). Зниження температури у дітей, які мали підігрів, мабуть було тому, що вимір проводився на шкірі обличчя (на лобі), що не зовсім відбивало рівень температури ядра тіла. Однак її менша динаміка говорила про те, що загальна температура тіла якщо і трохи знижувалася, то не набагато. До того ж, ми не використовували підігріті інфузійні розчини, що також впливало на негативну динаміку температури тіла.

Аналіз показників ЧСС, АТс, АТд, АТср під час анестезії демонструє, що в усіх групах на всіх етапах анестезії підтримувалась стабільна гемодинаміка. Коливання всіх показників не перевищували 20 % від початкових значень, а частота серцевих скорочень знаходилась в межах фізіологічного інтервалу значень, що визначало адекватність проведеної анастезії.

На всіх етапах анестезії не спостерігалось статистично достовірних відмінностей. Медіани значень АТ, ЧСС практично на всіх етапах були схожі між основною і контрольною групами.

Середній артеріальний тиск на всіх етапах анестезії підтримувався в межах 70 і 95 мм. рт.

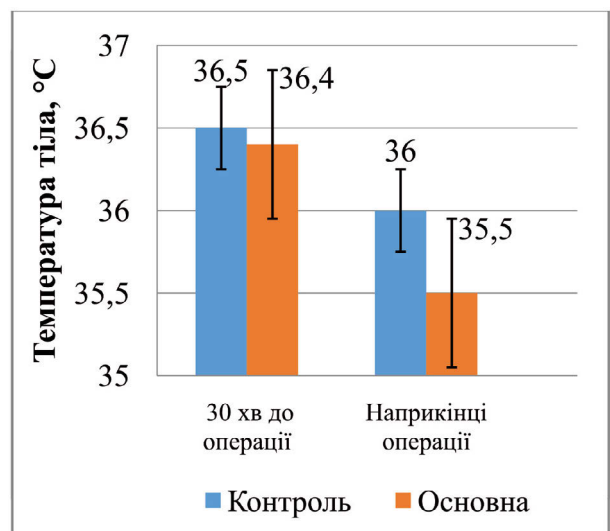


Рис. 3. Динаміка змін температури тіла у групах.

ст, що свідчить про відсутність в ході анестезії як епізодів вираженої гіпотензії, так підвищення АТ вище фізіологічних значень. В динаміці середній артеріальний тиск мав тенденцію до зниження протягом всього оперативного втручання в обох групах. Але показники АТср були в середньому на $6,1 \pm 0,02$ мм.рт.ст. ($p > 0,05$) нижчими в групі з підігрівом (рис. 4). Під час анестезії не було зафіксовано епізодів порушень серцевого ритму у обстежених пацієнтів.

Моніторинг рівня насичення гемоглобіну киснем вказував на те, що у хворих при зниженні температури тіла спостерігалось повільне зменшення SpO₂. Даний показник у дітей цієї групи коливався в межах 92-97 %, але середнє його значення було на рівні $93,2 \pm 5,1$ %. (рис. 5) ($p < 0,05$). Ми вважали, що така динаміка SpO₂ була пов'язана скоріше з периферичним холодним вазоспазмом, а не з інтраопераційними ускладненнями і якістю самого знеболення.

Більшість хворих були інтубовані та їм проводилася штучна вентиляція легень дихальними апаратами наркозних станцій Leon (Löwenstein

Group) та Maquet. Апаратні режими вентиляції встановлювалися залежно від віку та показань рівня респіраторної підтримки. Якість легеневої вентиляції та газообміну контролювалася за допо-

могою показників SpO₂ і EtCO₂, які контролювалися моніторами наркозних апаратів та монітором пацієнта Nihon Kohden протягом усього періоду анестезії (рис. 6).

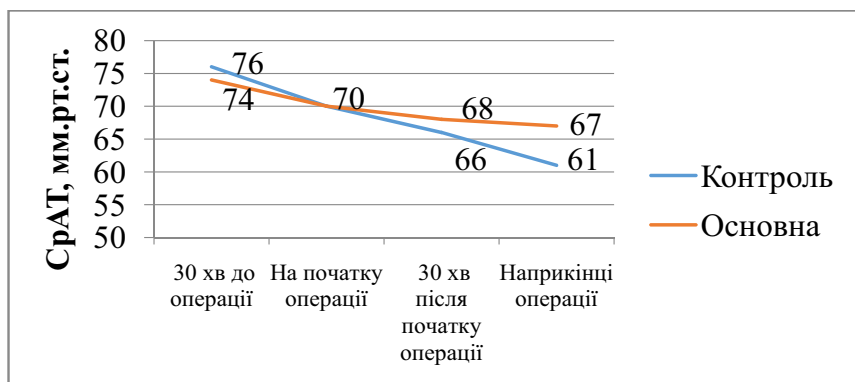


Рис. 4. Динаміка середніх показників АТср в групах.

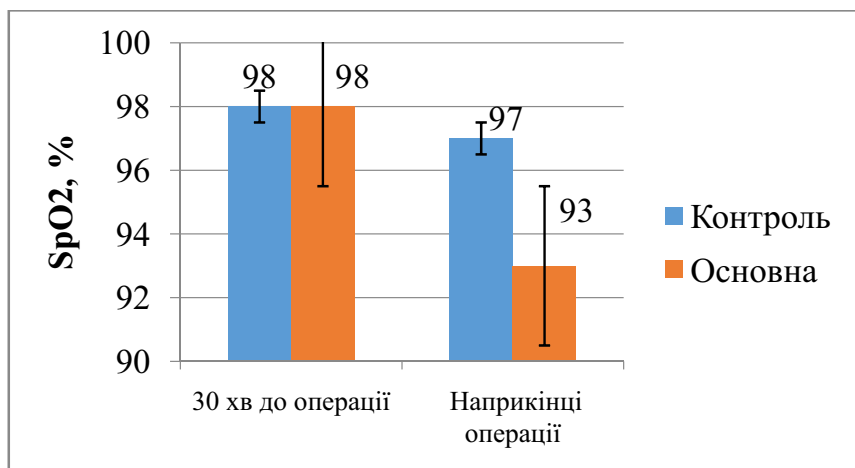


Рис. 5. Динаміка змін сатурації оксигемоглобіну у обстежених групах.

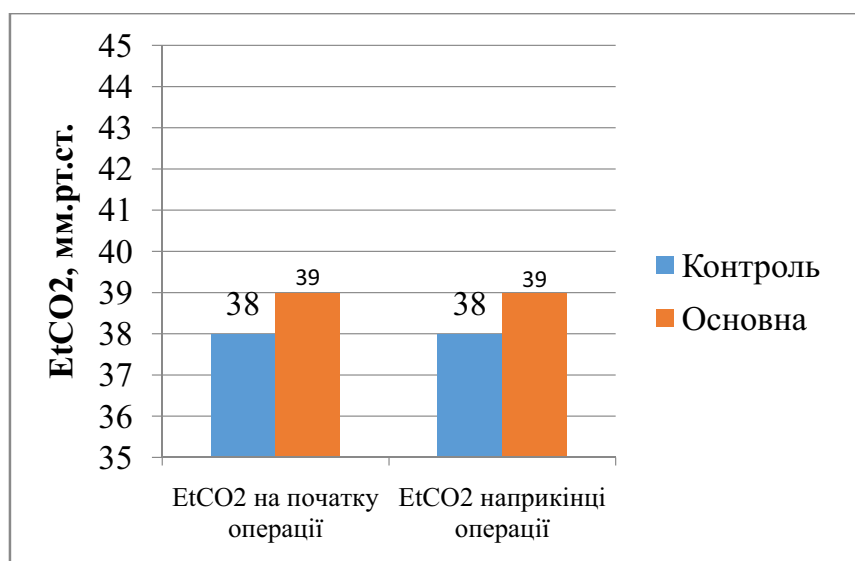


Рис. 6. Середні показники EtCO₂ у групах.

Таблиця 3. Вираз післяопераційного холодового тремтіння за шкалою BSAS(бали).

Показники	Основна (n=25)	Контрольна (n=25)
M	2	0,4
Me(Q ₁ -Q ₃)	2[2;2]	0[0;1]
IQR	0,00	1
m	0,1154	0,1154
p		<0,05

При аналізі виразності післяопераційного тремтіння по шкалі BSAS було виявлено достовірне зниження балів в контрольній групі в порівнянні з основною групою ($p < 0,05$). Медіана показника в групі, де діти інтраопераційно зігрівалися складає 0 балів [0-1; IQR = 1] в порівнянні з групою без обігріву- 2 бал [IQR – 0, m=0,11], де ступінь вираженості тремтіння складав більше 50 %. Тривалість часу для досягнення нормотермії був на 8 – 10 хвилин меншим у дітей, у яких післяопераційна температура складала 36,3 °C ($p < 0,05$).

Вираженість післяопераційного тремтіння в основній групі відзначено нижчі значення по шкалі BSAS, що обумовлено більш вираженою гіпотермією в наслідок пригнічення механізмів терморегуляції за рахунок анестезії (таблиця 3).

Слід зазначити, що загальне самопочуття у дітей контрольної групи під час та після оперативного втручання було значно кращим, ніж у дітей основної групи. У них не виникало вираженого синдрому м'язового тремтіння та нудоти, на відміну від дітей основної групи, де у 100 % виникало м'язове тремтіння.

Таким чином, проблема інтраопераційної гіпотермії залишається досі важливою. Причин цьому чимало. Зокрема, зниження температури тіла хворої дитини під час операції часто залишається непоміченим або не сприймається медичним персоналом як серйозне ускладнення.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Таким чином, певна інтраопераційна гіпотермія спостерігається у всіх дітей. Однак ступінь її вираженості залежить від умов, в яких знаходиться дитина під час операції. Ненавмисна гіпотермія буде залежати від багатьох факторів, тому зовнішній підігрів не завжди може повністю компенсувати втрати тепла. В цілому в обох групах в інтраопераційному періоді відмічалась динаміка зниження температури, але більша тенденція спостерігалась в основній групі, що дозволяє класифікувати розвинуту інтраопераційну гіпотермію як м'яку, де медіана показника та міжквартильний розмах склали 35,5 °C [35-35,5]. В контрольній групі, де використовували активні методи обігріву під час ане-

стезії, реєстрували найменш виражене зниження температури тіла. Мінімальне значення температури за медіаною склало 36,3 °C [36,2-36,4]. Проте, навіть м'яка гіпотермія асоціюється зі збільшенням ризику розвитку періопераційних ускладнень [34]. Враховуючи достовірну відмінність між групами 1 і 2 за складом груп і методикам анестезії, де в основній групі переважала комбінована анестезія (40 %), в порівнянні з контрольною групою в котрій переважала ТВА (36 %), що обумовили розвиток ненавмисної гіпотермії, менша вираженість ненавмисної інтраопераційної гіпотермії в контрольній групі свідчить про ефективність активних методів зігрівання і менший вплив анестезії на розвиток гіпотермії у дітей. Динаміка зниження температури тіла і відсутність чітко вираженої фази плато відповідає типовій картині прогресування гіпотермії, що характерно при поєднанні загальної анестезії і нейроаксіального блоку.

Не використання підігрітих внутрішньовенних розчинів буде впливати на інтраопераційну температуру тіла пацієнтів, не зважаючи на його підігрів під час хірургічного втручання. Це також буде викликати у них післяопераційний озноб та скорочувати період відновлення. Враховуючи потенційні ризики, пов'язані з гіпотермією, використання таких методів профілактики гіпотермії може бути дуже ефективним для запобігання ознобу, продовження періоду відновлення та інших потенційних ускладнень. Тому анестезіологам слід використовувати цей метод як профілактичний захід інтраопераційної гіпотермії у дітей [35].

Аналіз показників гемодинаміки під час анестезії демонструє, що у всіх групах на всіх етапах анестезії підтримувалась стабільна гемодинаміка, тобто коливання не перевищували 20 %. На всіх етапах анестезії не спостерігалось статистично достовірних відмінностей ($p > 0,05$). Таким чином розвиток помірної гіпотермії не впливав на якість проведених знеболення у обстежених дітей.

Зниження показника SpO₂ на 6,6 % ($P < 0,05$) у дітей, у яких виявлялася інтраопераційна гіпотермія, особливо на IV етапі дослідження, ми пояснювали як розвиток периферичного шкірного вазоспазму, тому що всім пацієнтам під час знеболювання проводилася механічна вентиляція легень з фракцією 0,3-0,4. Показання пульсоксиметра можуть бути менш точними за більш низьких температур [36].

Післяопераційне тремтіння у дітей з температурою менше 36 °C було на протязі 10-15 хвили і залежала від максимального зниження температури тіла. Виразність післяопераційного тремтіння в основній групі було обумовлено більш вираженою гіпотермією в наслідок пригнічення механізмів терморегуляції за рахунок анестезії.

Слід зазначити, що загальне самопочуття у дітей контрольної групи під час та після оперативного втручання було значно кращим, ніж у дітей основної групи. У них не виникало вираженого синдрому м'язового тремтіння та нудоти, на відміну від дітей основної групи, де у 100 % виникало м'язове тремтіння в порівнянні з контрольною групою в якій м'язове тремтіння реєструвалось у 36 % дітей.

ВИСНОВКИ

Таким чином, проблема інтраопераційної гіпотермії залишається досі важливою. Зниження температури тіла хворої дитини під час операції часто залишається непоміченим або не сприймається медичним персоналом як серйозне ускладнення. При недотриманні умов обігріву дитини при загальній та регіонарній анестезії спостерігається у неї гіпотермія тіла, що викликає післяопераційне тремтіння. В умовах, коли дитина не зігрівається під час оперативного втручання температура тіла знижується до 1 °C за годину. Навіть при умовах її обігріву температура тіла може помірно знижуватися за рахунок введення не зігрітих інфузійних розчинів. Обігрів пацієнта в післяопераційний період так само важливо, особливо при зниженні їх температури та виникненні тремтіння.

Фінансування / Funding

Немає джерела фінансування / There is no funding source.

Конфлікт інтересів / Conflicts of interest

Усі автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів /

All authors report no conflict of interest

Етичне схвалення / Ethical approval

Це дослідження було проведено відповідно до Гельсінкської декларації та затверджено місцевим комітетом з етики досліджень / This study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the local research ethics committee.

Надійшла до редакції / Received: 31.01.2025

Після доопрацювання / Revised: 04.03.2025

Прийнято до друку / Accepted: 27.03.2025

Опубліковано онлайн / Published online: 30.03.2025

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Zhang MQ, Ying PD, Wang YJ, Zhao JL, Huang JJ, Gong FQ. J Intraoperative hypothermia in the neonate population: risk factors, outcomes, and typical patterns. *Clin Monit Comput.* 2023 Feb;37(1):93-102. doi: 10.1007/s10877-022-00863-9. Epub 2022 Apr 22.
- AST Guidelines for Best Practice in Maintaining Normothermia in the Perioperative Patient. November 14, 2019; 14:1-32. https://www.ast.org/uploadedFiles/Main_Site/Content/About_Us/ASTGuidelinesNormothermia.pdf
- Yoo JH, Ok SY, Kim SH, Chung JW, Park SY, Kim MG, Cho HB, Song SH, Cho CY, Oh HC. Efficacy of active forced air warming during induction of anesthesia to prevent inadvertent perioperative hypothermia in intraoperative warming patients: Comparison with passive warming, a randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2021 Mar 26;100(12):e25235. doi: 10.1097/MD.00000000000025235.
- Dankiewicz J, Cronberg T, Lilja G, et al. Hypothermia versus normothermia after out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med.* 2021;384:2283-94. doi: 10.1056/NEJMoa2100591.
- Lee C, Lee C, Lee J, Jang G, Kim B, Park S. Comparison of Core Body Temperatures in Patients Administered Remimazolam or Propofol during Robotic-Assisted and Laparoscopic Radical Prostatectomy. *Medicina (Kaunas).* 2022 May 23;58(5):690. doi: 10.3390/medicina58050690.
- Mozdalefa Azarkane, Tim W.H. Rijnhout, Isa A.L. van Merwijk, Tjarda N. Tromp, Edward C.T.H. Tan. Impact of accidental hypothermia in trauma patients: A retrospective cohort study. *Injury. Volume 55, Issue 1, January 2024, 110973.* <https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.110973>
- Wang KS, Cummings J, Stark A, Houck C, Oldham K, Grant C, Fallat M; Optimizing Resources in Children's Surgical Care: An Update on the American College of Surgeons' Verification Program. Section on surgery, committee on fetus and newborn, section on anesthesiology and pain medicine. *Pediatrics.* 2020 May;145(5):e20200708. doi: 10.1542/peds.2020-0708. Epub 2020 Apr 20.
- Marcus Nemeth, Clemens Miller, Anselm Bräuer. Perioperative Hypothermia in Children *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Jul 15;18(14):7541. doi: 10.3390/ijerph18147541
- Carvalho H, Najafi N., Poelaert J. Intra-operative temperature monitoring with cutaneous zero-heat-thermometry in comparison with oesophageal temperature: A prospective study in the paediatric population. *Paediatr. Anaesth.* 2019;29:865-871. doi: 10.1111/pan.13653.
- Garceau C, Cosgrove MS, Gonzalez K. Inadvertent Perioperative Hypothermia. *AANA J.* 2023 Aug;91(4):303-309.PMID: 37527171
- Link T. Guidelines in Practice: Hypothermia Prevention. *AORN Journal.* 2020;111(6):653-666. doi: 10.1002/aorn.13038
- Sessler DJ. How three linked clinical observations led to an understanding of perioperative heat balance: A personal reflection on the scientific process. *Clin Anesth.* 2024 Sep;96:111496. doi: 10.1016/j.jclinane.2024.111496. Epub 2024 May 10. PMID: 38733707 Review
- Brozanski BS, Piazza AJ, Chuo J, Natarajan G, Grover TR, Smith JR, Mingrone T, McClead RE, Rakesh R, Rintoul N, Guidash J, Bellflower B, Holston M, Richardson T, Pallotto EK STEPP IN: Working Together to Keep Infants Warm in the Perioperative Period. *Pediatrics.* 2020 Apr;145(4):e20191121. doi: 10.1542/peds.2019-1121. Epub 2020 Mar 19.
- Hiroki Shimaoka, Takahiko Shiina, Hayato Suzuki, Yuuki Horii, Kazuhiro Horii, Yasutake Shimizu. Successful induction of deep hypothermia by isoflurane anesthesia and cooling in a non-hibernator; the rat *J Physiol Sci/.* 2021 Mar 30;71:10. doi: 10.1186/s12576-021-00794-1
- Jonathan V. Roth, Leonard E. Braitman, Lacy H. Hunt. Induction techniques that reduce redistribution hypothermia: a prospective, randomized, controlled, single blind effectiveness study *BMC Anesthesiology (2019) 19:203* <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0866-8>
- Sung-Ae Cho1, Seok-Jin Lee, Woojin Kwon, Ji-Yoon Jung, Hwang-Ju Yoo, Si-eun Yoon, Tae-Yun Sung1. Effect of Remimazolam on the Incidence of Intraoperative Hypothermia Compared with Inhalation Anesthetics in Patients Undergoing Endoscopic Nasal Surgery: A Prospective Randomized Controlled Trial *International Journal of Medical Sciences 2024; 21(13): 2510-2517.* doi: 10.7150/ijms.100262
- Jiayi Wu, Daiqiang Liu, Jiayan Li, Jia Sun, Yujie Huang, Shuang Zhang, Shaojie Gao and Wei Mei. Central Neural Circuits Orchestrating Thermogenesis, Sleep-Wakefulness States and General Anesthesia States. *Curr Neuropharmacol.* 2022;20(1):223-253. doi: 10.2174/1570159X19666210225152728.
- Smith B. Thermoregulation of the Extremely Low Birth Weight Neonate. *Neonatal Netw.* 2024 Jan 1;43(1):12-18. doi: 10.1891/NN-2023-0020.
- Lai L.-L., See M.H., Rampal S., Ng K.-S., Chan L. Significant factors influencing inadvertent hypothermia in pediatric anesthesia. *J. Clin. Monit.* 2019;33:1105-1112. doi: 10.1007/s10877-019-00259-2
- Daniel Sessler, Lijian Pei, Kai Li, Shusen Cui, Matthew et al. Aggressive intraoperative warming versus routine thermal management during non-cardiac surgery (PROTECT): a multicentre, parallel group, superiority trial. *The Lancet.* Volume 399, Issue 10337, 7-13 May 2022, Pages 1799-1808. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00560-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00560-8)
- Felipe Aparecido Ferreira da Cruz, Luiz Fernando dos Reis Falcão, José Luiz Gomes do Amaral, Helga Cristina Almeida da Silva, Evaluation of dexmedetomidine anesthesia-related temperature changes: preliminary retrospective observational study *Braz J Anesthesiol.* 2021 Jun 29;72(2):232-240. doi: 10.1016/j.bjane.2021.02.062
- Simon Rauch, Clemens Miller, Anselm Bräuer, Bernd Wallner, Matthias Bock and Peter Paal. Perioperative Hypothermia—A Narrative Review *Journal: Int. J. Environ. Res. Public Health,* 2021 Volume: 18 Number: 8749. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168749>
- 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 Nov 14;72:103059. doi: 10.1016/j.amsu.2021.103059. eCollection 2021 Dec.
- Fatma Kavak Akelma, Jülide Ergil, Derya Özkan, Emine Ark, İlkey Baran Akkuş, Gözde Bumin Aydı. The effect of preoperative warming on perioperative hypothermia in transurethral prostatectomies *J. Gulhane Med J* 2020;62:114-20. DOI: 10.4274/gulhane.galenos.2020.956
- Simon Rauch, Clemens Miller, Anselm Bräuer, Bernd Wallner, Matthias Bock, Peter Paal. Perioperative Hypothermia—A Narrative Review *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Aug 19;18(16):8749. doi: 10.3390/ijerph18168749

26. Sari S, Aksoy SM, But A. *Int J The incidence of inadvertent perioperative hypothermia in patients undergoing general anesthesia and an examination of risk factors. Clin Pract.* 2021 Jun;75(6):e14103. doi: 10.1111/ijcp.14103. Epub 2021 Feb 28.
27. Rauch S, Miller C, Bräuer A, Wallner B, Bock, M, & Paal P. *Perioperative Hypothermia-A Narrative Review. International journal of environmental research and public health.* 2021;18(16):8749. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168749>
28. Karen Leys, Marina-Stefania Stroe, Pieter Annaert, Steven Van Cruchten, Sebastien Carpentier, Karel Allegaert & Anne Smits (2023): *Pharmacokinetics during therapeutic hypothermia in neonates: from pathophysiology to translational knowledge and physiologically-based pharmacokinetic (PBPK) modeling, Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology, DOI: 10.1080/17425255.2023.2237412*
29. Mendonça FT, Ferreira JDS, Guilardi VHF, Guimarães GMN. *Prevalence of Inadvertent Perioperative Hypothermia and Associated Factors: A Cross-Sectional Study. Ther Hypothermia Temp Manag.* 2021 Dec;11(4):208-215. doi: 10.1089/ther.2020.0038
30. AnnaMary Jose, Aryan Rafieezadeh, Muhammad Zeeshan, Jordan Kirsch, Gabriel Froula, Kartik Prabhakaran, Bardiya Zangbar. *Hypothermia on admission predicts poor outcomes in adult trauma patients. Injury Available online 3 December 2024, 112076. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2024.112076>*
31. Güven B, İbrahimoğlu Ö, Kuş İ.J *Inadvertent Perioperative Hypothermia in Ambulatory Surgery Patients: Incidence, Risk Factors, and Prevention Initiatives. Perianesth Nurs.* 2023 Oct;38(5):792-798. doi: 10.1016/j.jopan.2023.02.002.
32. Joshi M, Muneer J, Mbuagbaw L, Goswami I. *Analgesia and sedation strategies in neonates undergoing whole-body therapeutic hypothermia: A scoping review. P LoS One.* 2023 Dec 7;18(12):e0291170. doi: 10.1371/journal.pone.0291170.
33. J. Ross Renewl, Robert Ratzlaff, Vivian Hernandez-Torres, Sorin J. Brulll, and Richard C. Prielipp. *Neuromuscular blockade management in the critically ill patient. Renewl. Journal of Intensive Care* (2020) 8:37. <https://doi.org/10.1186/s40560-020-00455-2>.
34. Zhongpeng S, Dong Y. *Perioperative hypothermia in pediatric patients. Can J Anaesth.* 2023 Aug;70(8):1405-1406. doi: 10.1007/s12630-023-02492-5. Epub 2023 May 25.
35. Yousef Mortazavi, Shahram Seyfi, Hasanali Jafarpoor, Behnam Esbakian, Hemmat Gholinia, Mohammad Esmaeili, Fatemeh Samadi, Hamideh Raei Abbasabadi. *The Effect of Warmed Serum on Shivering and Recovery Period of Patients Under General and Spinal Anesthesia: A Randomized Clinical Trial. Journal of PeriAnesthesia Nursing. Volume 39, Issue 1, February 2024, Pages 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2023.05.002>*
36. Klaus D. Torp, Pranav Modi, Elizabeth J. Pollard, Leslie V. Simon. *Pulse Oximetry. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 29262014 Bookshelf ID: NBK470348*

SNISAR V.I., KRAVETS O.V., PLOSHCHENKO Yu.O.

TEMPERATURE BALANCE IN CHILDREN IN THE INTRAOPERATIVE PERIOD

Actuality. Intraoperative hypothermia (IH) is a serious problem in pediatric anesthesiology. Despite the availability of numerous technical developments for warming patients on the operating table, their routine use does not always completely solve the problem of IH. The reason for this is insufficient efficiency, technical complexity, insufficient safety for patients and attention of medical personnel. To date, none of the known methods of hypothermia prevention has absolute effectiveness, so the search for alternatives continues all over the world.

The purpose to study the features of the development of intraoperative hypothermia and its impact on the course of general anesthesia in children.

Materials and methods. To study the effect of hypothermia on the course of anesthesia, 100 patients aged 5-10 years were divided into 2 groups: the control group consisted of 50 subjects who were warmed during surgery, the main group consisted of 50 examined children who were not warmed up. For active warming, a BARRIER EasyWarm blanket with The Bair Hugger Normothermia System heater was used. Body temperature was measured using a Gamma Thermo Scan infrared thermometer. Gas exchange in the examined children was evaluated based on indicators of saturation measurement (SpO₂), partial pressure of CO₂ at the end of exhalation (EtCO₂). The state of hemodynamics was monitored based on heart rate and systolic, diastolic and mean arterial pressure. Expression of postoperative cold shivering using the BSAS scale.

The results. In general, in both groups in the intraoperative period, the dynamics of temperature decrease was noted, but a greater trend was observed in children who were not warmed. In the control group where heating was carried out during anesthesia, the least pronounced decrease in body temperature was recorded. The minimum temperature value according to the median was 35,5°C (35,2-35,8) (p < 0,05). In general, anesthesia in all children went smoothly, no complications were identified. In children without heating at the end of surgery, SpO₂ was at the level of 93 %.

Conclusions. The problem of intraoperative hypothermia is still relevant. A decrease in the body temperature of a sick child during surgery often goes unnoticed or is not perceived by the medical staff as a serious complication. To prevent the development of hypothermia, preventive sets of preoperative and intraoperative measures using active methods of warming are necessary.

Key words. children, intraoperative hypothermia, anesthesia.

УЧАСТЬ АВТОРІВ В ПІДГОТОВЦІ СТАТТІ:

Снісарь В.І. – концепція та дизайн, збір даних, написання статті,

Кравець О.В. – затвердження статті,

Площенко Ю.О. – аналіз та інтерпретація даних, редагування статті