

Царев А.В.

ГУ «Днепропетровская медицинская академия» МЗ Украины, г. Днепр, Украина

Предупреждение интраоперационной непреднамеренной гипотермии у пациентов с политравмой

Резюме. Актуальность. Непреднамеренная гипотермия развивается спонтанно как следствие травмы, хирургического вмешательства и наркоза в результате нарушения соответствия теплопродукции теплопотерям и подавления компенсаторного терморегуляционного ответа. **Цель:** изучить эффективность способа коррекции интраоперационной непреднамеренной гипотермии с использованием системы конвекционного обогрева у пациентов с политравмой. **Материалы и методы.** Обследовано 20 пациентов с политравмой, которым проводились urgentные оперативные вмешательства. Пациенты были разделены на 2 группы: I — основная группа ($n = 10$), в которой интраоперационно проводилось активное согревание системой конвекционного обогрева WarmAir 135 (CSZ) с использованием одеял для согревания в условиях операционной; II — контрольная группа ($n = 10$) без использования конвекционного согревания. Изучалась температура ядра тела (T_{co}): исходно, через 30, 60 минут и в конце операции. Рассчитывались следующие показатели: минимальная ($T_{мин}$) и максимальная ($T_{макс}$) температура, средняя температура ($T_{ср}$), температурный диапазон ($T_{диап.} = T_{макс.} - T_{мин.}$). **Результаты.** У всех пациентов с политравмой и проведением urgentных хирургических вмешательств отмечается развитие клинически значимой непреднамеренной гипотермии. На этапе 60 минут интраоперационного периода T_{co} была достоверно выше в I группе ($35,38 \pm 0,28$ °C), чем во II ($34,70 \pm 0,39$ °C) ($p < 0,05$). Выявлен достоверно более высокий уровень средней T_{co} в I группе ($35,53 \pm 0,66$ °C) по сравнению со II группой ($34,67 \pm 1,74$ °C) пациентов ($p < 0,05$). Диапазон температур, который представляет собой разность максимальной и минимальной T_{co} , был достоверно ниже в I группе пациентов ($1,36 \pm 0,74$ °C) по сравнению со II группой ($4,55 \pm 1,11$ °C) ($p < 0,05$). **Выводы.** Использование в комплексе интенсивной терапии конвекционной системы согревания хотя и не позволяет достичь исходных значений T_{co} , но предупреждает прогрессирование гипотермии, эффективно обеспечивая поддержание температурного гомеостаза у критических пациентов с политравмой.

Ключевые слова: периоперационная гипотермия; конвекционная система обогрева; политравма; анестезиология; интенсивная терапия

Введение

Комплекс интенсивной терапии при политравме должен быть нацелен на «триаду смерти»: гипотермию, ацидоз и коагулопатию — основные звенья патогенеза (порочный круг) политравмы. Ухудшение микроциркуляции вследствие гиповолемии, прямого повреждения, травматической коагулопатии, внутрисосудистого сладжирования и эндотелиаль-

ного повреждения нарушает перфузию тканей. Тканевая гипоксия, в свою очередь, переключает метаболизм на гликолиз и ведет к развитию лактацидоза [1].

Развитие гипотермии при политравме вызывает нарушение сердечного ритма, снижение сердечного выброса, коагулопатию и смещение кривой диссоциации оксигемоглобина влево, что усугубляет

выраженность ацидоза и, как результат, увеличивает тяжесть состояния и уровень летальности таких пациентов. Снижение температуры тела $< 34,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ассоциировано с развитием синдрома полиорганной недостаточности (СПОН) и повышением уровня вазопрессорной и инотропной поддержки, а $< 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ — с летальными исходами в большинстве случаев [1, 2].

У пациентов с гипотермией, ацидозом и кровопотерей происходит нарушение свертывания крови. Температура является одним из важнейших факторов, определяющих коагуляционный каскад, и, поскольку температурно-чувствительные плазматические эстеразные реакции, как и функциональная активность тромбоцитов, ингибируются гипотермией, неудивительно, что финальной частью летальной триады выступает коагулопатия. При этом необходимо подчеркнуть, что это происходит в условиях кровопотери, т.е. исходной потери факторов свертывания и дополнительного развития дилуционной коагулопатии, связанной с проведением инфузионной терапии для коррекции гиповолемии, обуславливающей разведение пула факторов коагуляции, исходно находящегося на низком уровне [1–4].

В связи с этим особое значение у пациентов с политравмой имеет развитие непреднамеренной интраоперационной гипотермии, которая, в отличие от терапевтической (лечебной) гипотермии, развивается спонтанно как следствие хирургического вмешательства и анестезии в результате нарушения соответствия теплопродукции теплопотерям и подавления компенсаторного терморегуляционного ответа [3–6]. В целом под непреднамеренной интраоперационной гипотермией понимают снижение температуры ядра тела (T_{co}) $< 36\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]. В одном из исследований было продемонстрировано, что развитие интраоперационной гипотермии в диапазоне $34\text{--}36\text{ }^{\circ}\text{C}$ при проведении плановых оперативных вмешательств повышает уровень кровопотери на 16 % и потребность в гемотрансфузии — на 22 % [7]. Это становится особенно критичным у пациентов с политравмой.

Необходимо подчеркнуть, что внутривенные и ингаляционные анестетики подавляют терморегулирующую функцию гипоталамуса, смещая порог ответных терморегуляторных реакций на снижение температуры тела. Таким образом, человек теряет свойства гомеотермного организма: нарушение

механизмов терморегуляции приводит к тому, что температура тела начинает определяться температурой внешней среды. Так, под воздействием анестетиков межпороговый промежуток расширяется до диапазона $34,5\text{--}39,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, снижая чувствительность механизмов терморегуляции к изменению температуры. При общей анестезии снижение продукции тепла происходит из-за подавления как факультативной (т.е. подверженной влиянию механизмов терморегуляции), так и базальной теплопродукции (связанной с метаболизмом организма). При проведении общей анестезии, особенно при использовании миорелаксантов, факультативная теплопродукция стремится к нулю из-за выключения целенаправленных движений и тонуса скелетной мускулатуры (сократительного термогенеза) [2, 3].

Целью данного исследования стала оценка эффективности способа коррекции интраоперационной непреднамеренной гипотермии с использованием системы конвекционного обогрева у пациентов с политравмой.

Материалы и методы

Нами были обследованы 20 пациентов в возрасте от 20 до 62 лет с диагнозом «политравма», которым проводились urgentные оперативные вмешательства в условиях приемно-диагностического отделения с последующим проведением интенсивной терапии в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии политравмы КУ «Днепропетровская областная клиническая больница им. И.И. Мечникова» (табл. 1).

Пациенты были разделены на 2 группы: I — основная группа ($n = 10$), в которой пациентам интраоперационно проводилось активное согревание системой конвекционного обогрева WarmAir 135 (CSZ) с использованием одеял для согревания в условиях операционной — модель FilteredFlo 248; II — контрольная группа ($n = 10$) без использования конвекционного согревания.

Указанные группы были репрезентативными по основному клиническому и половозрастным характеристикам (табл. 1).

Пациентам обеих групп исследования проводились абдоминальные, торакальные и нейрохирургические оперативные вмешательства, урологические вмешательства по поводу травматического повреждения органов малого таза,

Таблица 1. Характеристика пациентов в группах исследования и их распределение в зависимости от вида лечения

Показатель	1-я группа ($n = 10$)	2-я группа ($n = 10$)
Вид лечения	Конвекционное согревание	Пассивное согревание
Возраст, лет	$40,8 \pm 6,2$	$42,1 \pm 5,6$
Масса тела, кг	$76,30 \pm 4,29$	$80,50 \pm 6,37$
Соотношение мужчины/женщины, n	8/2	9/1

травматологические вмешательства по поводу повреждений опорно-двигательного аппарата. Длительность интраоперационного периода составила от 92 до 225 минут.

Всем пациентам мониторировали температуру ядра тела (T_{co}) при помощи термометра для измерения ректальной T_{co} SureTemp Plus (WelchAllyn). Производилось измерение температуры тела на следующих этапах интраоперационного периода: исходно, через 30, 60 минут и в конце операции. Рассчитывались следующие показатели: минимальная ($T_{мин.}$) и максимальная ($T_{макс.}$) температура, средняя температура, измеренная на всех этапах исследования ($T_{ср.}$), температурный диапазон ($T_{диап.}$) — разница между максимальной и минимальной температурой в интраоперационном периоде ($T_{диап.} = T_{макс.} - T_{мин.}$). Также, согласно предложенным С.К. Hofe et al. [8] расчетным показателям, определялось максимальное снижение температуры, под которым понималась разница между исходной и минимальной температурой, и максимальное повышение температуры, которое рассчитывалось как разница между температурой в конце операции и минимальной температурой.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием табличного процессора LibreOffice.org (версия 5.3.5.1.) и статистических онлайн-калькуляторов (<http://www.socscistatistics.com>).

Результаты и обсуждение

При анализе исходного уровня температуры ядра тела в момент поступления в операционную не было выявлено достоверных различий между группами обследованных пациентов ($P = 0,420$) (табл. 2). При этом в I группе исходно было отмечено развитие гипотермии с $T_{co} < 36^\circ\text{C}$ у 20 %, а во II группе — у 10 % пациентов.

В группе с конвекционным согреванием было выявлено достоверное снижение температуры ядра тела по сравнению с исходным уровнем как на этапе измерения 30 минут интраоперационного периода ($P = 0,00157$), так и на этапе 60 минут ($P = 0,00004$) ($p < 0,05$). Аналогичная динамика была зарегистрирована в контрольной группе, где также было отмечено достоверное снижение T_{co} на 30-й ($P = 0,00001$) и 60-й минуте исследования

($P = 0,00001$) ($p < 0,05$) по сравнению с исходным значением температуры ядра тела.

Проведенный анализ интраоперационного изменения температуры ядра тела между группами исследования на этапе 30 минут не выявил достоверных различий ($p > 0,05$). Напротив, на этапе 60 минут интраоперационного периода межгрупповые различия носили достоверный характер: наблюдался более высокий уровень T_{co} в группе конвекционного обогрева по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$). Это свидетельствовало об эффективном контроле над прогрессированием непреднамеренной гипотермии при использовании технологии конвекционного согревания.

Эффективность использованного способа интраоперационного контроля температурного гомеостаза путем применения конвекционного согревания подтверждалась также более высоким уровнем средней температуры ядра тела, измеренной на всех этапах исследования, в основной группе по сравнению с контрольной, данные различия носили достоверный характер.

Аналогичные результаты были получены при анализе значений диапазона температур, представляющего собой разность максимальной и минимальной T_{co} , в виде достоверно более низкого уровня данного показателя в основной группой по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$).

При расчете максимального снижения температуры ядра тела в I группе с конвекционным согреванием данный показатель составил $13,6^\circ\text{C}$ по сравнению с $42,1^\circ\text{C}$ во II группе пациентов, что свидетельствовало о развитии выраженной клинически значимой непреднамеренной гипотермии у пациентов с политравмой без использования конвекционного обогрева.

Необходимо также отметить, что в обеих группах исследования максимальное повышение T_{co} равнялось нулю, поскольку значение минимальной T_{co} соответствовало T_{co} в конце оперативного вмешательства.

Таким образом, у пациентов с тяжелой политравмой, которым необходимо проведение urgentных оперативных вмешательств, в интраоперационном периоде развивалась клинически значимая гипотермия, влияющая на звенья гомеостаза исходя из порочного круга патогенеза

Таблица 2. Интраоперационная динамика температуры тела пациентов в группах исследования

Показатель	1-я группа (n = 10)	2-я группа (n = 10)	P
Исходная температура тела, °C	36,14 ± 0,20	36,22 ± 0,17	0,42
Температура тела через 30 минут, °C	35,83 ± 0,17	35,75 ± 0,21	0,20
Температура тела через 60 минут, °C	35,38 ± 0,28*	34,70 ± 0,39	0,0002
Средняя температура тела, °C	35,53 ± 0,66*	34,67 ± 1,74	0,0025
Диапазон температуры, °C	1,36 ± 0,74*	4,55 ± 1,11	0,00001

Примечание: * — достоверность различий между группами ($p < 0,05$).

политравмы — «триады смерти» (ацидоз, коагулопатия и гипотермия). Необходимо подчеркнуть, что непреднамеренная гипотермия приводит к развитию многих осложнений, возникающих непосредственно во время гипотермии, и не менее серьезных в период восстановления нормальной терморегуляции.

Несмотря на то что в основной группе с применением конвекционной системы согревания значение температуры ядра тела не достигало уровня исходных значений, использование указанной технологии эффективно обеспечивало предупреждение прогрессирования критической непреднамеренной гипотермии в отличие от группы контроля. Об этом свидетельствовали достоверные межгрупповые различия в уровне Т_{co} на этапе 60 минут интраоперационного периода, значения средней Т_{co}, показателя диапазона температур. Необходимо подчеркнуть, что недопустимо недооценивать фактор развития непреднамеренной гипотермии в интраоперационном периоде у пациентов с политравмой, для которых характерно развитие травматической коагулопатии, обусловленной дефицитом факторов свертывания как за счет кровопотери, так и за счет развития гемодилуции вследствие проведения инфузионной терапии. Имеющая место инактивация коагуляционных факторов гипотермией может существенно повлиять на течение и исход критического состояния.

Выводы

1. У всех пациентов с политравмой и проведением urgentных хирургических вмешательств отмечается развитие клинически значимой непреднамеренной гипотермии.

2. На этапе 60 минут интраоперационного периода температура ядра тела была достоверно выше в группе конвекционного обогрева ($35,38 \pm 0,28$ °C) по сравнению с пациентами контрольной группы ($34,70 \pm 0,39$ °C) ($p < 0,05$).

3. Эффективность метода интраоперационного конвекционного согревания подтверждалась достоверно более высоким уровнем средней температуры ядра тела в основной группе ($35,53 \pm 0,66$ °C) по сравнению с контрольной ($34,67 \pm 1,74$ °C) ($p < 0,05$).

4. Диапазон температур, который представляет собой разность максимальной и минимальной температуры ядра тела, был достоверно ниже

в группе пациентов с конвекционным обогревом ($1,36 \pm 0,74$ °C) по сравнению с группой контроля ($4,55 \pm 1,11$ °C) ($p < 0,05$).

5. Использование в комплексе интенсивной терапии конвекционной системы согревания не позволяет достичь исходных значений температуры ядра тела, предупреждая при этом прогрессирование углубления гипотермии, эффективно обеспечивая поддержание температурного гомеостаза у критических пациентов с политравмой.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии какого-либо конфликта интересов при подготовке данной статьи.

Список литературы

1. American College of Surgeons Committee on Trauma. *Advanced trauma life support: student course manual*. — 9th ed. — Illinois: American College of Surgeons, 2012. — 863 p.
2. Mayer S., Sessler D. (eds.) *Therapeutic hypothermia*. — New York; Marcel; Dekker, 2005. — 629 p.
3. Buggy D.J., Crossley A.W. *Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and postanesthetic shivering // Br. J. Anaesth.* — 2000. — Vol. 84, № 5. — P. 615-628. doi: [10.1093/bja/84.5.615](https://doi.org/10.1093/bja/84.5.615)
4. The Turkish Anaesthesiology and Reanimation Society *Guidelines for the prevention of inadvertent perioperative hypothermia // Turk. J. Anaesth. Reanim.* — 2013. — Vol. 41. — P. 188-190. doi: [10.5152/TJAR.2013.64](https://doi.org/10.5152/TJAR.2013.64)
5. Zhao J., Luo A-L., Xu L., Huang Y.G. *Forced-air warming and fluid warming minimize core hypothermia during abdominal surgery // Chin. Med. Sci. J.* — 2005. — Vol. 20, № 4. — P. 261-264.
6. Kurz A., Kurz M., Poeschl G. [et al.] *Forced-air warming maintains intraoperative normothermia better than circulating-water mattresses // Anesth. Analg.* — 1993. — Vol. 77, № 1. — P. 89-95.
7. Rajagopalan S., Mascha E., Na J., Sessler D.I. *The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement // Anaesthesiology.* — 2008. — Vol. 108, № 1. — P. 71-77. doi: [10.1097/01.anes.0000296719.73450.52](https://doi.org/10.1097/01.anes.0000296719.73450.52)
8. Hofer C.K., Worn M., Tavakoli R., Sander L., Maloigne M., Klaghofer R., Zollinger A. *Influence of body core temperature on blood loss and transfusion requirements during off-pump coronary artery bypass grafting: A comparison of 3 warming systems // J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2005. — Vol. 129, № 4. — P. 838-843. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2004.07.002>

Получено 05.10.2017 ■

Царьов О.В.

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», м. Дніпро, Україна

Попередження інтраопераційної неавмисної гіпотермії у пацієнтів із політравмою

Резюме. Актуальність. Ненавмисна гіпотермія розвивається спонтанно як наслідок травми, хірургічного втручання та наркозу в результаті порушення відповідності теплопродукції тепловтрат і пригнічення

компенсаторної терморегуляційної відповіді. **Мета:** вивчити ефективність способу корекції інтраопераційної неавмисної гіпотермії з використанням системи конвекційного обігріву в пацієнтів із політравмою.

Матеріали та методи. Обстежено 20 пацієнтів із політравмою, яким проводились ургентні оперативні втручання. Пацієнти були розділені на 2 групи: I — основна група (n = 10), в якій інтраопераційно проводилося активне зігрівання системою конвекційного обігріву WarmAir 135 (CSZ) з використанням ковдр для зігрівання в умовах операційної; II — контрольна група (n = 10) без використання конвекційного зігрівання. Вивчалася температура ядра тіла (T_{co}): початково, через 30, 60 хвилин і наприкінці операції. Розраховувалися наступні показники: мінімальна (T_{мін.}) і максимальна (T_{макс.}) температура, середня температура (T_{ср.}), температурний діапазон (T_{діап.} = T_{макс.} – T_{мін.}). **Результати.** У всіх пацієнтів із політравмою та проведенням ургентних хірургічних втручань відзначається розвиток клінічно значущої ненавмисної гіпотермії. На етапі 60 хвилин інтраопераційного періоду T_{co} була

вірогідно вище в I групі (35,38 ± 0,28 °C) порівняно з пацієнтами II групи (34,70 ± 0,39 °C) (p < 0,05). Виявлено вірогідно вищий рівень середньої T_{co} в I групі (35,53 ± 0,66 °C) порівняно з II групою (34,67 ± 1,74 °C) пацієнтів (p < 0,05). Діапазон температур, який являє собою різницю максимальної та мінімальної T_{co}, був вірогідно нижче в I групі пацієнтів (1,36 ± 0,74 °C) порівняно з II групою (4,55 ± 1,11 °C) (p < 0,05). **Висновки.** Використання в комплексі інтенсивної терапії конвекційної системи зігрівання хоча й не дозволяє досягти вихідних значень T_{co}, але попереджає прогресування поглиблення гіпотермії, ефективно забезпечуючи підтримку температурного гомеостазу у критичних пацієнтів із політравмою.

Ключові слова: періопераційна гіпотермія; конвекційна система обігріву; політравма; анестезіологія; інтенсивна терапія

A. V. Tsarev

State Institution "Dnipropetrovsk Medical Academy of Ministry of Health of Ukraine", Dnipro, Ukraine

Prevention of unintentional intraoperative hypothermia in patients with polytrauma

Abstract. Background. Intraoperative hypothermia develops spontaneously due to trauma, surgical intervention and anesthesia as a result of a violation of the conformity of heat production to heat loss and suppression of the compensatory thermoregulatory response. Intensive care for polytrauma should be aimed at the triad of death: hypothermia, acidosis and coagulopathy, the main links in the pathogenesis of polytrauma. Deterioration of microcirculation due to hypovolemia, direct injury, traumatic coagulopathy, intravascular sludge and endothelial damage disrupts tissue perfusion. Tissue hypoxia, in turn, switches the metabolism to glycolysis and leads to the development of lactic acidosis. Development of hypothermia with polytrauma causes cardiac rhythm disturbance, cardiac output decrease, coagulopathy and displacement of the oxyhemoglobin dissociation curve to the left, which aggravates the severity of acidosis, and, as a result, increases the severity of the state and the level of mortality of such patients. Temperature is one of the most important factors determining the coagulation cascade, and since temperature-sensitive plasma esterase reactions, like the functional activity of platelets, are inhibited by hypothermia, it is not surprising that coagulopathy is the final part of triad of death. It should be emphasized that this occurs in conditions of blood loss, i.e. the initial loss of coagulation factors and the additional development of dilutional coagulopathy associated with infusion therapy to correct hypovolemia causing a pooling of coagulation factors initially at a low level. The purpose of the work was to study the effectiveness of the method for correcting intraoperative hypothermia by means of forced-air warming device in patients with polytrauma. **Materials and methods.** Twenty patients with polytrauma who underwent urgent surgical interventions were examined. They were divided into 2 groups: group I (n = 10) persons who were actively heated by the WarmAir 135 (CSZ) system with the use of blankets for warming in the operating room — the FilteredFlo 248; group II — control group (n = 10), convection warming wasn't used. The temperature of the core of the body (T_{co}) was studied: initially, after 30, 60 minutes and at the end of the operation. The following indices were calculated: minimum (T_{min}) and maximum (T_{max}) temperature, average temperature (T_a),

temperature range (Tr = T_{max} – T_{min}). **Results.** When analyzing the initial level of core body temperature at the time of admission to the operating room, there were no significant differences between the groups of patients (P = 0.420). In group I, hypothermia with T_{co} < 36 °C was detected in 20 % of patients, and in group II — in 10 %. In all patients with polytrauma and urgent surgical interventions, there was a clinically significant intraoperative hypothermia. At the stage of 60 minutes of the intraoperative period, T_{co} was significantly higher in group I (35.38 ± 0.28 °C) compared with group II (34.70 ± 0.39 °C) (p < 0.05). A significantly higher level of mean T_{co} in group I (35.53 ± 0.66 °C) was revealed in comparison with group II (34.67 ± 1.74 °C) (p < 0.05). The temperature range, which is the difference between the maximum and minimum T_{co}, was significantly lower in group I of patients (1.36 ± 0.74 °C) versus group II (4.55 ± 1.11 °C) (p < 0.05). When calculating the maximum decrease in body core temperature in group I with convection heating, this indicator was 13.6 °C, compared with 42.1 °C in group II of patients, which indicated the development of clinically significant intraoperative hypothermia in patients with polytrauma without convection heating. It should also be noted that in both study groups, the maximum increase in T_{co} was equal to zero, since the value of minimal T_{co} corresponded to T_{co} at the end of the surgical intervention. Thus, in patients with severe polytrauma who need urgent surgical interventions, clinically significant hypothermia developed in the intraoperative period influencing the links of homeostasis on the basis of the vicious circle of the polytrauma pathogenesis — the triad of death (acidosis, coagulopathy and hypothermia). It should be emphasized that unintentional hypothermia leads to the development of many complications that arise directly during hypothermia, and no less serious during the recovery of normal thermoregulation. **Conclusions.** Using forced-air warming device in the intensive care does not allow to reach the initial values of T_{co}, effectively preventing the progression of hypothermia aggravation and ensuring the maintenance of temperature homeostasis in critically ill patients with polytrauma.

Keywords: perioperative hypothermia; forced-air warming device; polytrauma; anesthesiology; intensive care