

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО БАЛАНСА ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОБЩЕЙ АНЕСТЕЗИИ

А.В. Бутров, К.А. Салимова, Б.Д. Торосян, Г.Р. Махмутова, П.П. Давыдов

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

Под действием общей анестезии различные функции организма могут подвергаться изменениям, которые зависят от основной и сопутствующей патологии, а также от характера и объема оперативного вмешательства. Общая анестезия традиционно связана с изменениями в системе терморегуляции. В данном исследовании была измерена температура головного мозга 32 пациентам, разделенным на 3 группы в зависимости от вида общей анестезии. Всем пациентам проводилось измерение температуры головного мозга с помощью регистрации мощности собственного электромагнитного излучения глубоких тканей мозга, а также измерение аксиллярной и тимпанической температур. По результатам термометрии головного мозга было установлено, что при использовании пропофола температура головного мозга во время анестезии снижалась на $1,21 \pm 0,19$ °С. Во время поддержания анестезии ингаляционными анестетиками температура головного мозга снижалась на $0,69 \pm 0,15$ °С. Во всех группах отмечалось снижение температур головного мозга, причем, основываясь на том, что градиент уровня мозг/аксиллярная область повышался, можно сделать вывод, что снижение температуры головного мозга происходит не только за счет снижения температуры теплового ядра, но и, вероятно, за счет снижения метаболизма головного мозга и/или мозгового кровотока. Пропофол в большей степени вызывает снижение температуры головного мозга, что может иметь важное значение для профилактики или лечения состояний, которые сопровождаются повышением температуры головного мозга или нарушением перфузионно-метаболического баланса (например, в нейроанестезиологии и при операциях на магистральных сосудах головного мозга).

- **Ключевые слова:** температура головного мозга, температурный баланс, СВЧ-термометрия, пропофол, севофлуран, общая анестезия

Для корреспонденции: Салимова Камила Азатовна — ординатор ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва; e-mail: telluriya@mail.ru

Для цитирования: Бутров А.В., Салимова К.А., Торосян Б.Д., Махмутова Г.Р., Давыдов П.П. Изменение температурного баланса головного мозга при различных видах общей анестезии. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2018;3:72–6.

CHANGE OF THE TEMPERATURE BALANCE OF THE BRAIN IN VARIOUS TYPES OF GENERAL ANESTHESIA

A.V. Butrov, K.A. Salimova, B.J. Torosyan, G.R. Makhmutova, P.P. Davydov

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

Under the influence of general anesthesia various functions of the body can change depending on the main and concomitant diseases, the type and volume of the surgical intervention. General anesthesia is traditionally associated with the loss of normal thermoregulatory mechanisms. The intracranial temperature of 32 patients were measured in this study. These patients were divided into 3 groups depending on the type of general anesthesia. The brain temperature of all patients were measured by recording the strength of the electromagnetic radiation from deep brain tissues and also, the axillary and tympanic temperatures were measured. According to the thermometry results of the brain, it was evident that when using Propofol, the temperature of the brain during anesthesia decreased by 1.21 ± 0.19 °C. During the maintenance of inhalational anesthesia the temperature of the brain decreased by 0.69 ± 0.15 °C. There was a decrease of brain temperature in all patients from all 3 groups and the temperature gradient of the brain/axillary region increased. Therefore, we concluded that the decrease in brain temperature occurs not only because of thermoregulatory center temperature decrease, but also because of reduced brain metabolism and/or cerebral blood flow. Propofol in a greater degree causes brain temperature decrease which may be important for the prevention or treatment of conditions that are accompanied by an increase in brain temperature or perfusion-metabolic balance disturbances (for example in neuroanesthesiology and in operations on the main cerebral vessels).

- **Keywords:** brain temperature, temperature balance, microwave thermometry, propofol, sevoflurane, general anesthesia

For correspondence: Salimova Kamila Azatovna — resident Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Moscow; e-mail: telluriya@mail.ru

For citation: Butrov AV, Salimova KA, Torosyan BJ, Makhmutova GR, Davydov PP. Change of the temperature balance of the brain in various types of general anesthesia. Alexander Saltanov Intensive Care Herald. 2018;3:72–6.

DOI: 10.21320/1818-474X-2018-3-72-76



Введение. Общая анестезия так или иначе приводит к нарушению нормальных терморегуляторных механизмов. Когда больные находятся в операционных с обычной температурой воздуха, без использования кондиционеров, у большинства из них отмечается та или иная степень гипотермии, что коррелирует с большим количеством послеоперационных осложнений [1–3]. Однако в других ситуациях гипотермия может быть намеренно вызвана с терапевтической или профилактической целью. Так, большинство кардиохирургических операций проводятся с использованием методик терапевтической гипотермии, описан высокий нейропротективный потенциал гипотермии во время нейрохирургических операций и операций на магистральных сосудах головы [4]. Необходимость температурного мониторинга в течение анестезии не подлежит сомнению и является одним из базовых компонентов анестезиологического пособия [5]. Однако практически нет данных о влиянии тех или иных препаратов на температурный баланс головного мозга, так как проведение церебрального термомониторинга крайне затруднительно. Препараты для общей анестезии изменяют нормальную терморегуляцию, а именно: снижают уровень основного метаболизма, угнетают вазоконстрикцию, способствуют «выключению» мышечной дрожи и снижению уровня гипоталамических регулирующих механизмов. В клинических дозировках все препараты для общей анестезии расширяют пороговый промежуток терморегуляции. При использовании регионарной анестезии гипоталамическая регуляция остается интактной. Однако в то же время периферическая вазоконстрикция угнетается за счет симпатической блокады, а мышечная дрожь нивелируется моторной блокадой. Также возможно угнетение спинальных терморегуляторных центров при использовании спинальной или эпидуральной блокад и возможна блокировка периферических. Исходя из этого, можно заключить, что гипотермия вероятна и при регионарной, и при общей анестезии [5].

Регистрируемая температура различных участков головного мозга является отражением интенсивности общего или местного мозгового кровотока, а также метаболической и электрической активности клеток головного мозга [6–8]. Имеются публикации о нарушении температурного баланса головного мозга при сосудистых заболеваниях у животных [9].

Существует несколько разных способов контроля температуры головного мозга, но все они связаны с определенными ограничениями. Наиболее точно данный показатель можно определить путем постановки прямых термодатчиков. Очевидно, что инвазивное измерение температуры головного мозга с помощью имплантируемых датчиков — это технически сложная процедура, и по понятным причинам нет возможности рутинного использования у пациентов без показаний. На практике часто применяется метод регистрации тимпанической температуры, так как барабанная перепонка наиболее близко находится к головному мозгу, и косвенно по тимпанической температуре можно судить о церебральной температуре. Однако тимпаническая температура не всегда

точно коррелирует с церебральной, и к тому же в связи с извитостью слухового прохода высока частота ошибочного измерения и повреждения барабанной перепонки [5]. Косвенно о температуре головного мозга можно судить при помощи позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и ЯМР-спектроскопии, но эти методики весьма дорогостоящи и нет возможности рутинного динамического наблюдения у пациентов.

СВЧ-термометры регистрируют интенсивность собственного электромагнитного излучения тканей в микроволновом диапазоне, благодаря чему можно определить среднюю температуру ткани на глубине 2–8 см в зависимости от длины волны СВЧ-датчика. Множество работ показали возможность измерения температуры головного мозга с точностью до 0,2–0,8 °С. Методика неинвазивна и достаточно проста в исполнении, в связи с чем обладает высокой перспективностью для рутинного динамического мониторинга церебральной температуры пациентов [10, 11].

Материалы и методы. Было исследовано 33 пациента, разделенных на 3 группы.

1-я группа — пациенты ($n = 12$; 7 мужчин, 5 женщин; средний возраст $60,5 \pm 11,3$ года), у которых проводилась комбинированная эндотрахеальная анестезия севофлураном (МАК 1,7) с индукцией пропофолом в дозе 1,5–2,5 мг/кг массы тела.

2-я группа — пациенты ($n = 10$; 7 мужчин, 3 женщины; средний возраст $53,3 \pm 6,67$ года), у которых проводилась тотальная внутривенная анестезия пропофолом (индукция в дозе 1,5–2,5 мг/кг массы тела, поддержание анестезии 4–12 мг/кг/ч) с искусственной вентиляцией легких.

3-я группа — пациенты ($n = 11$; женщины; средний возраст $37,72 \pm 8,49$ года), у которых проводилась внутривенная анестезия пропофолом (однократное введение в дозе 1,5–2,5 мг/кг) с сохраненным спонтанным дыханием (короткие оперативные вмешательства).

У пациентов 1-й и 2-й групп проводились плановые лапароскопические герниопластики/холецистэктомии, у пациентов 3-й группы — раздельное диагностическое выскабливание с гистероскопией. Все пациенты были представлены относительно здоровыми людьми, без серьезной сопутствующей патологии (в том числе заболеваниями нервной системы), которая могла бы повлиять на исход исследования. Исследование было одобрено этическим комитетом ГКБ им. В.В. Виноградова ДЗМ, в которой проводилось исследование.

Всем пациентам после получения письменного информированного согласия проводилось неинвазивное измерение температуры головного мозга путем регистрации мощности собственного электромагнитного излучения глубоких тканей мозга. Для этих целей использовался СВЧ-термометр РТМ-01-РЭС («РТМ Диагностика», Россия).

Проводилось измерение 9 областей в каждом полушарии, распределенных по трем линиям по ранее апробированной схеме: 1 — 2 см латеральнее срединной линии; 2 — уровень надбровных дуг; 3 — уровень глаз (рис. 1).

В первых двух группах исследование проводилось непосредственно до начала анестезии, через 15 минут

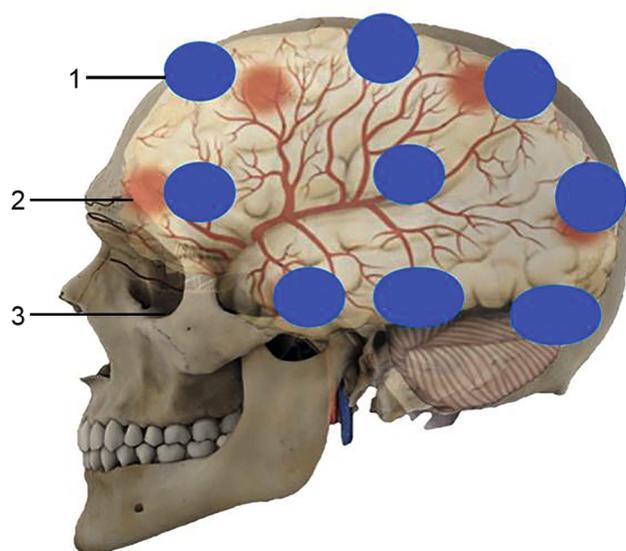


РИС. 1. Схема проекции областей регистрации температур головного мозга

после индукции, на 80-й минуте после индукции и через 2 ч после завершения введения препарата. В третьей группе (внутривенная анестезия с сохраненным спонтанным дыханием) измерение температуры головного мозга проводилось непосредственно до начала анестезии пропифолом и через 15 минут после индукции.

У пациентов также проводилось динамическое измерение тимпанической температуры инфракрасным термодатчиком AccudigitA и аксиллярной температуры термодатчиком В. Well WF-5000 (Россия).

Все полученные данные заносились в исследовательский протокол в программу Excel пакета Microsoft Office 2013, в дальнейшем для проведения статистического анализа данные переносились в «Статистический пакет для социальных наук» (SPSS 12.0 2012 г., SPSS: An IBM Company). Для оценки статистических различий несвязанных выборок применялся критерий Манна—Уитни, для связанных выборок — парный критерий *T* Уилкоксона.

Результаты. У пациентов 1-й группы отмечалось снижение температуры головного мозга (Т ГМ) через 15 минут анестезии на $0,24 \pm 0,13$ °C ($p < 0,01$), а через 80 минут — на $0,69 \pm 0,15$ °C ($p < 0,01$), через 2 ч после анестезии достоверной разницы по сравнению с исходным значением не было обнаружено. У пациентов 2-й группы отмечалось снижение Т ГМ через 15 минут анестезии на $0,36 \pm 0,3$ °C ($p < 0,01$), через 80 минут — на $1,21 \pm 0,19$ °C ($p < 0,01$), и через 2 ч после анестезии также достоверной разницы по сравнению с исходным значением не было обнаружено (рис. 2).

При этом в обеих группах отмечалось снижение аксиллярной температуры на $0,23$ – $0,25$ °C ($p < 0,01$). При исследовании тимпанической температуры пациентов обеих групп отмечалось недостоверное снижение данного показателя.

У пациентов 3-й группы отмечалось снижение Т ГМ на 15-й минуте после индукции на $0,31 \pm 0,06$ °C ($p < 0,01$) и составила $36,48 \pm 0,17$ °C, достоверной динамики аксиллярной и тимпанической температур не было выявлено (рис. 3).

Обсуждение. Как можно видеть, во всех группах отмечается снижение температур головного мозга, и это

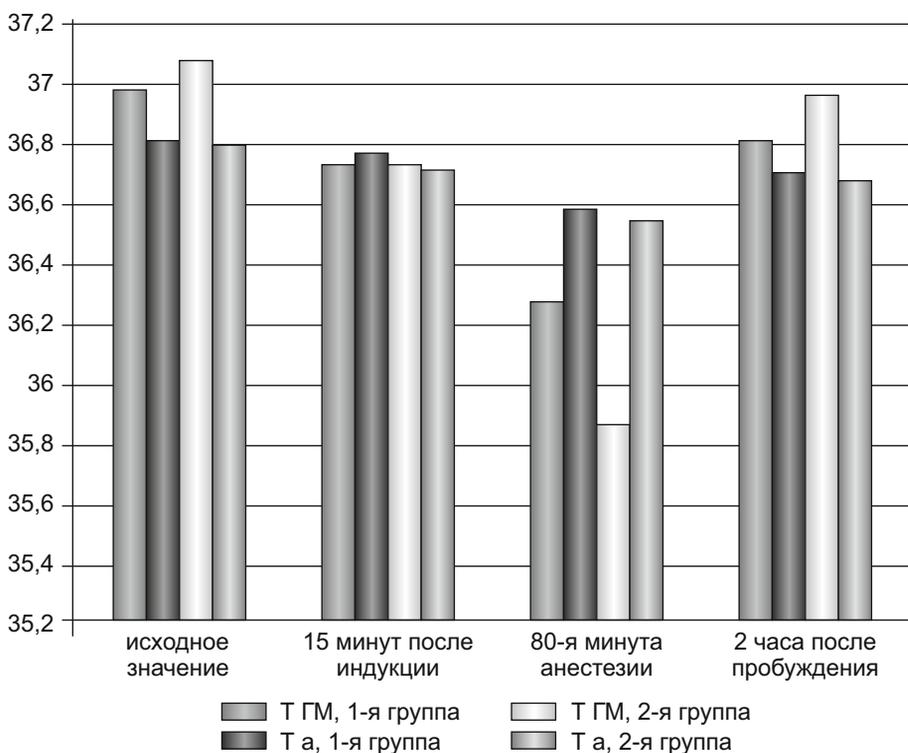


РИС. 2. Динамика аксиллярной и церебральной температур у пациентов 1-й и 2-й групп
Т а — аксиллярная температура;
Т ГМ — температура головного мозга.

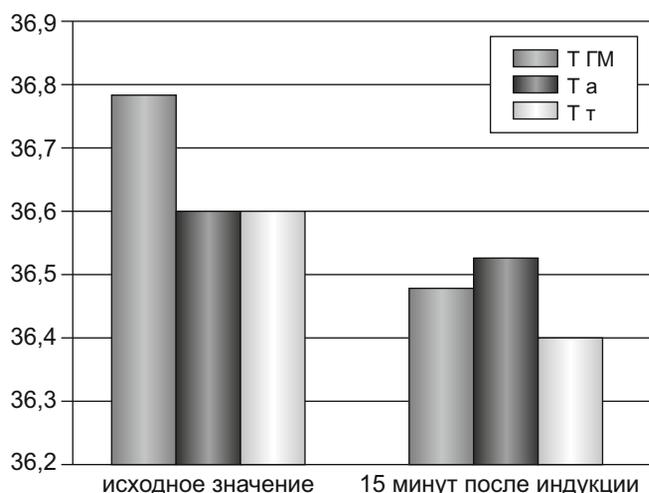


РИС. 3. Динамика церебральной, аксиллярной и тимпанической температур у пациентов 3-й группы
T_a — аксиллярная температура; T_{ГМ} — температура головного мозга; T_т — тимпаническая температура.

происходит не только за счет снижения температуры теплового ядра, но, вероятно, и за счет снижения метаболизма головного мозга и/или мозгового кровотока, что подтверждается повышением градиента температур мозг/аксиллярная область. При этом значительное снижение температуры головного мозга происходит после 15-й минуты после индукции, несмотря на то, что хирургическая стадия анестезии уже достигнута.

Если метаболизм клеток мозга является одним из основных факторов, определяющих температуру головного мозга, можно сказать, что незначительные изменения в температуре головного мозга указывают на значимые изменения в клеточном метаболизме нейронов и, следовательно, в функции мозга. Регулярный контроль церебральной температуры имеет значение для оптимального функционирования мозга в условиях общей анестезии, в частности, при операциях на головном мозге или магистральных сосудах головного мозга.

Известно, что ингаляционные анестетики, обладая свойствами церебральных вазодилататоров, способствуют увеличению мозгового кровотока и нарушению его ауторегуляции. Кроме того, при их использовании нарушается сопряжение между метаболизмом мозга и мозговым кровотоком, и эти нарушения пропорциональны глубине анестезии (в нормальных условиях мозговой кровотока и метаболизм всегда сопряжены, т. е. изменяются синхронно и однонаправленно).

Неингаляционные анестетики — барбитураты, этиomidат, пропофол, являясь церебральными вазоконстрикторами, способствуют уменьшению мозгового кровотока, сохраняя сопряжение между метаболизмом мозга и мозговым кровотоком и не нарушая его ауто- и химическую регуляцию [12].

Выводы. Таким образом, было выявлено, что пропофол в большей степени вызывает снижение температуры го-

лового мозга, что может иметь важное значение в нейроанестезиологии и при операциях на магистральных сосудах головного мозга для профилактики или лечения состояний, которые сопровождаются повышением температуры головного мозга или нарушением перфузионно-метаболического баланса.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Бутров А.В. — научное руководство, редактирование статьи; Салимова К.А., Торосян Б.Д., Махмутова Г.Р., Давыдов П.П. — набор и обработка материала, написание статьи.

ORCID авторов

Бутров А.В. — 0000-0002-0033-783X

Салимова К.А. — 0000-0003-0331-8412

Торосян Б.Д. — 0000-0001-7683-3349

Махмутова Г.Р. — 0000-0003-1831-334X

Давыдов П.П. — 0000-0002-4785-5175

Литература/References

1. Choi J.W., Kim D.K., Kim J.K., et al. A retrospective analysis on the relationship between intraoperative hypothermia and postoperative ileus after laparoscopic colorectal surgery. *PLoS One*. 2018; 13(1): e0190711.
2. Rogers A.D., Saggaf M., Ziolkowski N. A quality improvement project incorporating preoperative warming to prevent perioperative hypothermia in major burns. *Burns*. 2018; 44(5): 1279–1286.
3. Cohen B., Meilik B., Weiss-Meilik A., et al. Intraoperative factors associated with postoperative complications in body contouring surgery. *J. Surg. Res*. 2018; 221: 24–29.
4. Trescher K., Gleiss A., Boxleitner M., et al. Short-term clinical outcomes for intermittent cold versus intermittent warm blood cardioplegia in 2200 adult cardiac surgery patients. *J. Cardiovasc. Surg (Torino)*. 2017; 58(1): 105–112.
5. Young C.C., Sladen R.N. Temperature monitoring. *Int. Anesthesiol. Clin*. 1996; 34(3): 149–174.
6. Маршак М.Е. Термоэлектрические методы исследования регионарного кровообращения в острых и хронических опытах. Современные методы исследования функций сердечно-сосудистой системы. М., 1962: 179–188. [Marshak M.E. Termoelektricheskiye metody issledovaniya regionalnogo krovoobrasheniya v ostrich i khronicheskikh opitakh. Sovremennye metody issledovaniya funkciy serdechno-sosudistoy sistemi. (Thermoelectric methods of investigation regional blood circulation in acute and chronic experiments. Modern methods of studying the functions of the cardiovascular system.) Moscow, 1962: 179–188. (In Russ)]
7. Гречин В.Б. Применение терморезисторов в стереотаксической нейрохирургии. Вопросы нейрохирургии. 1972; 1: 57–60. [Grechin V.B. Primeneniye termorezistorov v stereotoksicheskoy neyrokhirurgii. Voprosi neyrokhirurgii. 1972; 1: 57–60. (In Russ)]
8. Mayers P.O., Sadowski M.I., Barrett A.H. Microwave thermography. Principles, methods and clinical applications. *J. of Microwave Power*. 1979; 14(2): 105–115.
9. В.А. Березовский. Измерение температуры различных участков коры больших полушарий головного мозга собаки как показатель функционального состояния нервной ткани. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киев, 1962. [V.A. Berezovskiy. Izmereniye temperaturi razlichnikh uchastkov kori bolshikh polushariy golovnogo mozga sobaki kak pokazatel funktsionalnogo sostoyaniya nervnoy tkani. (Measurement of the temperature of various parts of cortex of cerebral hemispheres of the dog's brain as an indicator of the functional state of the nerve tissue.) [dissertation] Kiev, 1962. (In Russ)]

10. *Koutsoupidou M., Groumpas E., Karanasiou I.S., et al.* The effect of using a dielectric matching medium in focused microwave radiometry: an anatomically detailed head model study. *Med. Biol. Eng. Comput.* 2018; 56(5): 809–816.
11. *Stauffer P.R., Snow B.W., Rodrigues D.B., et al.* Non-Invasive Measurement of Brain Temperature with Microwave Radiometry: Demonstration in a Head Phantom and Clinical Case. *Neuroradiol. J.* 2014; 27(1): 3–12.
12. *Цейтлин А.М., Лубнин А.Ю.* Применение пропофола в нейроанестезиологии [электронный документ]. URL: <http://www.neuroanesth.narod.ru/j/199/4.htm>. (Дата обращения: 18.08.2018.) [*Ceytlin A.M., Lubnin A.U.* Primeneniye propofola v neyroanesteziologii. (The use of propofol in neuroanesthesiology.) [Internet] URL: <http://www.neuroanesth.narod.ru/j/199/4.htm>. (In Russ)]

Поступила 02.04.2018