

ARTYKUŁ POGŁĄDOWY/REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 28.08.2015 • Zaakceptowano/Accepted: 22.09.2015

© Akademia Medycyny

Zaburzenia termoregulacji w trakcie zabiegów laparoskopowych

Thermoregulation disorders during laparoscopic operations

Michał Kostyra, Barbara Lisowska, Elżbieta Nowacka, Monika Wielgus

Oddział Anestezjologii, Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny im. Prof. A. Grucy, Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego w Otwocku



Streszczenie

Niezamierzona śródoperacyjna hipotermia jest częstym problemem okresu okołoperacyjnego mogącym prowadzić do rozwoju poważnych powikłań. Znieczulenie, operacja oraz środowisko sali operacyjnej upośledza fizjologiczne mechanizmy termoregulacyjne organizmu. Artykuł analizuje wpływ czynników związanych z użyciem techniki laparoskopowej, mogących przyczynić się do rozwoju hipotermii. *Anestezjologia i Ratownictwo 2015; 9: 345-349.*

Słowa kluczowe: termoregulacja, hipotermia, laparoscopia

Abstract

Inadvertent perioperative core hypothermia is a common problem which can lead to serious complications. Anaesthesia, operation and operation theater environment impair thermoregulatory mechanisms. The Article analyzes role of factors associated with the use of laparoscopic technique which may contribute to the development of hypothermia. *Anestezjologia i Ratownictwo 2015; 9: 345-349.*

Keywords: thermoregulation, hypothermia, laparoscopy

Wstęp

Niezamierzona śródoperacyjna hipotermia (NŚH), definiowana jako temperatura centralna poniżej 36°C, jest częstym powikłaniem okresu okołoperacyjnego. Jest ona konsekwencją upośledzenia mechanizmów termoregulacyjnych pod wpływem znieczulenia i operacji oraz przez środowisko sali operacyjnej. W dostępnej literaturze problem NŚH był prezentowany przede wszystkim w powiązaniu z operacjami wykonywanymi techniką laparotomiczną. Natomiast w odniesieniu do operacji laparoskopowych zainte-

resowanie było znacznie mniejsze, co więcej, często panuje przekonanie, iż zabiegi laparoskopowe, jako małoinwazyjne, są w mniejszym stopniu obciążone ryzykiem rozwoju NŚH.

Fizjologia termoregulacji

Normotermia jest jedną ze składowych homeostazy ustroju, której utrzymanie zależy od sprawnie funkcjonujących mechanizmów termoregulacyjnych kontrolujących dynamiczną równowagę pomiędzy wytwarzaniem i oddawaniem ciepła z organizmu

ludzkiego [1]. Ciepło jest nieustannie wytwarzane w ustroju w przebiegu procesów metabolicznych. W spoczynku, blisko 85% ciepła jest wytwarzana w 5 narządach: wątrobie, mięśniach, mózgu, sercu i nerkach [2]. Z kolei utrata ciepła odbywa się w procesach: promieniowania, konwekcji, kondukcji i parowania. W normalnych warunkach 2/3 ciepła całego organizmu jest zgromadzone w wewnętrznych narządach jamy brzusznej, klatki piersiowej i mózgu, stanowiących przedział centralny [3,4]. Pozostała część ciepła jest zgromadzona w przedziale obwodowym, obejmującym kończyny oraz skórę i tkankę podskórną całego ciała. Taka dystrybucja ciepła jest utrzymywana dzięki tonicznemu skurczowi naczyń krwionośnych, ograniczającym przepływ ciepła z przedziału centralnego do obwodowego. Pozwala to utrzymać temperaturę w przedziale centralnym (tzw. temperatura centralna, ośrodkowa) na niemal stałym poziomie, podczas gdy temperatura przedziału obwodowego (temperatura obwodowa) jest niższa i podlega większym wahaniom pod wpływem czynników środowiskowych. W normalnych warunkach gradient między temperaturą centralną a obwodową wynosi około 2-4°C i może wzrastać do nawet powyżej 20°C [1,5].

Mechanizmy termoregulacji obejmują termoreceptory, centralny ośrodek regulacyjny oraz mechanizmy odpowiedzi eferentnej. Bódcze termiczne przewodzone są do ośrodka termoregulacji, zlokalizowanego w podwzgórzu w jądrze przedwzrokowym. Utrzymuje on temperaturę centralną w wąskim zakresie wyznaczonym przez wartości progowe i określany mianem punktu nastawienia (zakres międzyprogowy). Obniżenie temperatury centralnej aktywuje autonomiczne mechanizmy zapobiegające hipotermii: obkurczenie obwodowych naczyń krwionośnych, termogeneza drżeniowa i bezdrżeniowa. Z kolei podwyższenie temperatury centralnej uruchamia mechanizmy zapobiegające hipertermii: rozkurcz obwodowych naczyń krwionośnych i pocenie. W obu przypadkach istotną rolę odgrywają mechanizmy behawioralne.

Niezamierzona śródoperacyjna hipotermia i jej konsekwencje

Niezamierzona śródoperacyjna hipotermia jest obserwowana u 50-70% pacjentów poddawanych zabiegom operacyjnym [6]. Jej wystąpienie świadczy

o niekontrolowanym zaburzeniu mechanizmów termoregulacyjnych, będących przede wszystkim konsekwencją znieczulenia i operacji w powiązaniu ze stanem ogólnym pacjenta. W odróżnieniu od hipotermii kontrolowanej, w której działanie wpisane są korzyści dla pacjenta, NŚH może prowadzić do rozwoju szeregu poważnych powikłań. Wynika to z faktu, iż działanie enzymów katalizujących reakcje metaboliczne organizmu, w tym enzymów odpowiedzialnych za metabolizm stosowanych leków, jest w dużej mierze uzależnione od temperatury ciała. Dlatego w konsekwencji hipotermia powoduje przedłużenie działania leków używanych do znieczulenia ogólnego [7]. Hipotermia negatywnie wpływa na reakcje układu krzepnięcia, a obserwowane zaburzenia krzepnięcia przyczyniają się do zwiększonej okołooperacyjnej utraty krwi i konieczności częstszego jej i preparatów krwiopochodnych przetaczania [7,8]. NŚH zwiększa ryzyko: niedokrwienia i zawału mięśnia sercowego, zakażenia rany pooperacyjnej, zmniejsza komfort pacjenta i generuje dodatkowe koszty leczenia [7-9].

Wpływ znieczulenia na termoregulację

Znieczulenie ogólne w sposób istotny upośledza mechanizmy termoregulacyjne [3,9,10]. Związane jest to z wpływem następujących czynników:

- Eliminacją kompensacyjnego mechanizmu behawioralnego.
- Zmniejszoną produkcją ciepła w wyniku spowolnienia tempa przemiany materii oraz znacznej ograniczonej aktywności mięśni poprzecznie prążkowanych (wpływ leków zwiotczających)
- Upośledzonym funkcjonowaniem ośrodka termoregulacji. Środki znieczulenia ogólnego zwiększają zakres międzyprogowy z normalnej wartości < 0,5°C do około 4°C tym samym przesuwając próg odpowiedzi na zimno i ciepło.
- Bezpośrednim wazodylatacyjnym wpływem anestetyków na obwodowe naczynia krwionośne, prowadzącym do redystrybucji ciepła z przedziału centralnego do obwodowego.

Indukcja znieczulenia ogólnego powoduje rozszerzenie naczyń krwionośnych, redystrybucję ciepła z przedziału centralnego do obwodowego oraz gwałtowne obniżenie temperatury ośrodkowej o około 1°C w ciągu około 30 min. W ciągu następnych 2 godzin, na skutek utraty ciepła, obserwuje się dalsze obniżanie

temperatury centralnej do wartości około 34-35°C, po czym pojawia się faza plateau, w której utrata ciepła z przedziału obwodowego jest równoważona przez ciepło produkowane w przedziale centralnym.

Znieczulenie regionalne upośledza mechanizmy termoregulacyjne w mniejszym stopniu niż znieczulenie ogólne, głównie w wyniku blokady współczulnej powodującej rozszerzenie naczyń krwionośnych w obszarze ciała objętego znieczuleniem.

Wpływ operacji i środowiska sali operacyjnej na termoregulację

Zabieg operacyjny i środowisko sali operacyjnej w istotny sposób sprzyjają utracie ciepła z organizmu ludzkiego [1,11]. Głównym miejscem utraty ciepła jest skóra, choć straty przez drogi oddechowe nie powinny być bagatelizowane. Do czynników powodujących utratę ciepła w czasie operacji należy zaliczyć:

- niską temperaturę i ruch powietrza w sali operacyjnej,
- ekspozycję dużej odsłoniętej powierzchni skóry,
- parowanie preparatów dezynfekcyjnych z obszaru ciała przygotowywanego do operacji,
- parowanie wody z rany operacyjnej,
- użycie zimnych płynów płuczących oraz dożylnych,
- użycie nieogrzanych i nienawilżonych gazów oddechowych,
- użycie nieogrzanego i nienawilżonego CO₂ do wytworzenia odmy otrzewnowej w trakcie zabiegów laparoskopowych.

Ponadto, na wielkość śródoperacyjnej utraty ciepła mają wpływ: czas trwania, rozległość oraz tryb wykonania procedury operacyjnej [11]. Utrata ciepła jest zwiększona w przypadku rozległych i długotrwałych zabiegów operacyjnych oraz zabiegów wykonywanych w trybie pilnym.

Wpływ czynników związanych z pacjentem na termoregulację

Ryzyko rozwoju hipotermii zależy również od czynników powiązanych z pacjentem takich jak wiek, płeć, BMI, klasyfikacja ASA > 2 [11]. Pacjenci z neuropatią, niedoczynnością tarczycy, po urazie wielonarządowym i/lub rdzenia kręgowego, pacjenci nieprzytomni, oparzeni są szczególnie predysponowani do rozwoju NŚH [8,11].

Operacje wykonywane techniką laparoskopową a zaburzenia termoregulacji

Pierwszą operacją laparoskopową wykonaną w Polsce była cholecystektomia przeprowadzona w 1991 w Poznaniu. Od tego czasu obserwowany jest systematyczny wzrost ilości procedur wykonywanych z użyciem tej metody operacyjnej. W chwili obecnej jest ona również z powodzeniem stosowana w przypadku bardziej rozległych i skomplikowanych zabiegów, jak np. prostatektomia czy gastrektomia. Kluczowe dla techniki laparoskopowej jest wytworzenie odmy otrzewnowej z użyciem CO₂, co umożliwia przeprowadzenie zabiegu operacyjnego bez konieczności wykonywania rozległych nacięć powłok brzusznych. Ogranicza się w ten sposób uraz tkanek, co z kolei przekłada się na mniejsze dolegliwości bólowe po operacji, szybszy powrót do codziennej aktywności, krótszy czas hospitalizacji, mniejsze koszty leczenia oraz lepszy efekt kosmetyczny. Często spotyka się opinię, iż zabiegi wykonywane metodą laparoskopową, z racji niższego stopnia swojej inwazyjności, obarczone są mniejszym ryzykiem rozwoju NŚH niż zabiegi wykonywane techniką klasyczną. Jednakże liczne badania porównujące częstość występowania NŚH w obu grupach zabiegów nie potwierdzają tego przekonania [6,12-14]. Co więcej, częstość tego powikłania w obu typach zabiegów jest porównywalna i wynika z odrębnych mechanizmów odpowiedzialnych za utratę ciepła w trakcie ich trwania. W przypadku zabiegów wykonywanych techniką klasyczną, utrata ciepła spowodowana jest parowaniem z rozległej powierzchni rany operacyjnej i narządów jamy brzusznej oraz ich kontaktem z zimnym powietrzem sali operacyjnej. W zabiegach laparoskopowych mechanizm ten zostaje praktycznie wyeliminowany, a utrata ciepła jest powodowana użyciem CO₂ do wytworzenia odmy otrzewnowej, użyciem dużej objętości płynów płuczących oraz zwykle dłuższym czasem trwania procedur związanym z bardziej skomplikowanym ich charakterem oraz utrudnionym dostępem do narządów jamy brzusznej [15-17].

W normalnych warunkach CO₂ wprowadzany do jamy otrzewnowej posiada temperaturę 21°C i względną wilgotność bliską 0% [17]. Wnętrze jamy otrzewnowej pokrywa cienka warstwa płynu otrzewnowego, a jej środowisko jest wilgotne z temperaturą wynoszącą 37°C. Wprowadzenie zimnego i suchego CO₂ do jamy otrzewnowej powoduje gwałtowne

parowanie cienkiej warstwy płynu otrzewnowego, utratę ciepła i obniżenie temperatury centralnej. Ott, pionier badań nad hipotermią w trakcie zabiegów laparoskopowych, w badaniu z 1991 zanotował spadek temperatury centralnej o 0,3°C na 50 l użytego CO₂ [18]. Teoretycznie ogrzanie CO₂ do temperatury około 37°C oraz jego nawilżenie powinno zapobiegać obniżeniu temperatury centralnej spowodowanej użyciem zimnego i suchego CO₂. Co więcej, samo ogrzewanie wydaje się być mniej efektywnym sposobem niż ogrzewanie i nawilżanie, gdyż gazy mają dużo mniejsze ciepło właściwe niż ciecze. Jest to zatem sytuacja analogiczna do większej skuteczności użycia ogrzewanych i nawilżonych gazów oddechowych w trakcie znieczulenia ogólnego, niż tylko ogrzanych, w prewencji strat ciepła i wody z dróg oddechowych. W badaniach eksperymentalnych na modelu zwierzęcym Bessel i wsp. wykazali skuteczność ogrzewania i nawilżania CO₂ w zapobieganiu hipotermii [19] oraz brak takiego efektu w przypadku użycia jedynie ogrzanego CO₂ [20]. Przeprowadzone badania kliniczne na małych grupach pacjentów dawały sprzeczne wyniki. Jedni autorzy potwierdzali skuteczność ogrzewania bądź ogrzewania i nawilżania CO₂ [21-24], inni temu przeczyli [25,26]. Brak spójności wyników jest efektem przede wszystkim ogromnych różnic metodologicznych. W chwili obecnej wytyczne European Association for Endoscopic Surgery [27] jak i National Institute for Health and Care Excellence (NICE) [28] nie zalecają rutynowego użycia ogrzewanego i nawilżonego CO₂ w trakcie zabiegów laparoskopowych, z uwagi na niewielkie kliniczne korzyści płynące z takiego postępowania.

Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym rozwojowi hipotermii w trakcie zabiegów laparoskopowych

jest użycie zimnych płynów płuczących, często w zdecydowanie większej objętości niż w procedurach wykonywanych techniką klasyczną [29]. Papadimos i Fowler opisali nawet przypadek obniżenia temperatury centralnej o 2,4°C w ciągu 4 minut po zastosowaniu 2 litrów płynu płuczącego o temperaturze pokojowej do tamowania krwotoku podczas ginekologicznego zabiegu operacyjnego [30]. Należy podkreślić, że zdaniem Salzberg Moore i wsp. użycie płynów płuczących ogrzanych do temperatury 39°C ogranicza spadek temperatury centralnej, lecz nie zapobiega rozwojowi hipotermii [31]. Wytyczne NICE zalecają używanie płynów płuczących ogrzanych do temperatury 38-40°C [28].

Zakończenie

Zaburzenia termoregulacji w okresie okołoperacyjnym mają charakter wieloczynnikowy. Problem NŚH w równym stopniu dotyczy zabiegów przeprowadzanych technikami klasyczną jak i laparoskopową. Pamiętając o potencjalnie poważnych powikłaniach hipotermii, należy wykorzystać dostępne metody w celu skutecznego jej zapobiegania.

Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

Adres do korespondencji

✉ Michał Kostyra

Oddział Anestezjologii SPSK

im. Prof. A. Grucy CMKP w Otwocku

ul. Konarskiego 13; 05-400 Otwock

☎ (+48 22) 779 32 02

✉ kostyra5@gmail.com

Piśmiennictwo

1. Kurz A. Physiology of thermoregulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2008;22:627-44.
2. Maśliński S, Ryżewski J. Patofizjologia. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2002.
3. Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance in humans. *FASEB J*. 1993;7(8):638-44.
4. Deakin CD. Changes in core temperature compartment size on induction of general anaesthesia. *Br J Anaesth* 1998;81:861-4.
5. Aitkenhead AR, Smith G, Rowbotham DJ. *Textbook of anaesthesia*. Churchill Livingstone; 2013.
6. Berber E, String A, Garland A i wsp. Intraoperative thermal regulation in patients undergoing laparoscopic vs open surgical procedures. *Surg Endosc* 2001;15:281-5.
7. Reynolds L, Beckmann J, Kurz A. Perioperative complications of hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2008;22:645-57.
8. Morley-Forster PK. Unintentional hypothermia in the operating room. *Can Anaesth Soc J* 1986;33(4):516-27.
9. Buggy DJ, Crossley AWA. Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and postanaesthetic shivering. *Br J Anaesth* 2000;84(5):615-28.

10. Sessler DI. Temperature monitoring and perioperative thermoregulation. *Anesthesiology* 2008;109:318-38.
11. Kongsayreepong S, Chaibundit C, Chadpaibool J i wsp. Predictor of core hypothermia and the surgical intensive care unit. *Anesth Analg* 2003;96:826-33.
12. Mäkinen MT. Comparison of body temperature changes during laparoscopic and open cholecystectomy. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997;41:736-40.
13. Luck AJ, Moyes D, Maddern GJ, Hewett PJ. Core temperature changes during open and laparoscopic colorectal surgery *Surg Endosc* 1999;13:480-3.
14. Nguyen NT, Fleming NW, Singh A i wsp. Evaluation of core temperature during laparoscopic and open gastric bypass. *Obesity surgery* 2001;11:570-5.
15. MacFadyen BV Jr. Hypothermia. A potential risk of CO₂ insufflation? *Surg Endosc* 1991;13:99-100.
16. Gray RI, Ott DE i wsp. Severe local hypothermia from laparoscopic gas evaporation jet cooling: a mechanism to explain clinical observations. *JLS* 1999;3:171-7.
17. Ott DE. Shakespeare's view of the laparoscopic pneumoperitoneum. *JLS* 2011;15:282-4.
18. Ott DE. Laparoscopic hypothermia. *J Laparosc Surg* 1991;1:127-31.
19. Bessel JR, Ludbrook G i wsp. Humidified gas prevents hypothermia induced by laparoscopic insufflation. A randomized controlled study in a pig model. *Surg Endosc* 1999;13:101-5.
20. Bessel JR, Karatassas A i wsp. Hypothermia induced by laparoscopic insufflation. A randomized study in a pig model. *Surg Endosc* 1995;9:791-6.
21. Peng Y, Zheng M i wsp. Heated and humidified CO₂ prevents hypothermia, peritoneal injury and intra-abdominal adhesions during prolonged laparoscopic insufflations. *Journal of Surgical Research* 2009;151:40-7.
22. Ott DE, Reich H, Love B i wsp. Reduction of laparoscopic-induced hypothermia, postoperative pain and recovery room length of stay by pre-conditioning gas with the Insuflow device: a prospective randomized controlled multicenter study. *JLS* 1998;2:321-9.
23. Puttick MI, Scott-Coombes DM, Dye J i wsp. Comparison of immunologic and physiologic effects of CO₂ pneumoperitoneum at room and body temperatures. *Surg Endosc* 1999;13:572-5.
24. Hazebroek EJ, Schreve MA, Visser P i wsp. Impact of temperature and humidity of carbon dioxide pneumoperitoneum on body temperature and peritoneal morphology. *JLAST* 2002;12:355-64.
25. Davis SS, Mikami DJ, Newlin M i wsp. Heating and humidifying of carbon dioxide during pneumoperitoneum is not indicated. *Surg Endosc* 2006;20:153-8.
26. Nelskylä K, Yli-Hankala A, Sjöberg J i wsp. Warming of insufflation gas during laparoscopic hysterectomy: effect on body temperature and the autonomic nervous system. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;43:974-8.
27. Neudecker J, Sauerland S, Neugebauer E i wsp. The European Association for Endoscopic Surgery clinical practice guideline on the pneumoperitoneum for laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 2002;16:1121-43.
28. NICE. Inadvertent perioperative hypothermia: The management of inadvertent perioperative hypothermia in adults. London: National Institute for Health and Clinical Excellence Guideline 65, 2008.
29. Jin Y, Tian J, Sun M i wsp. A systematic review of randomized controlled trials of the effects of warmed irrigation fluid on core body temperature during endoscopic surgeries. *JCN* 2011;20:305-16.
30. Papadimos TJ, Fowler E. Hypothermia and rapid, cold, peritoneal crystalloid infusion. *Anaesthesia* 2001;56:805-6.
31. Salzberg Moore S, Green CR, Wang FL i wsp. The role of irrigation in the development of hypothermia during laparoscopic surgery. *Am J Obstet Gynecol* 1997;176:598-602.