

# Metody ograniczenia ryzyka wystąpienia niezamierzonej hipotermii okołoperacyjnej pacjentów

*Dr hab. inż. Anna Bogdan, prof. uczelni*

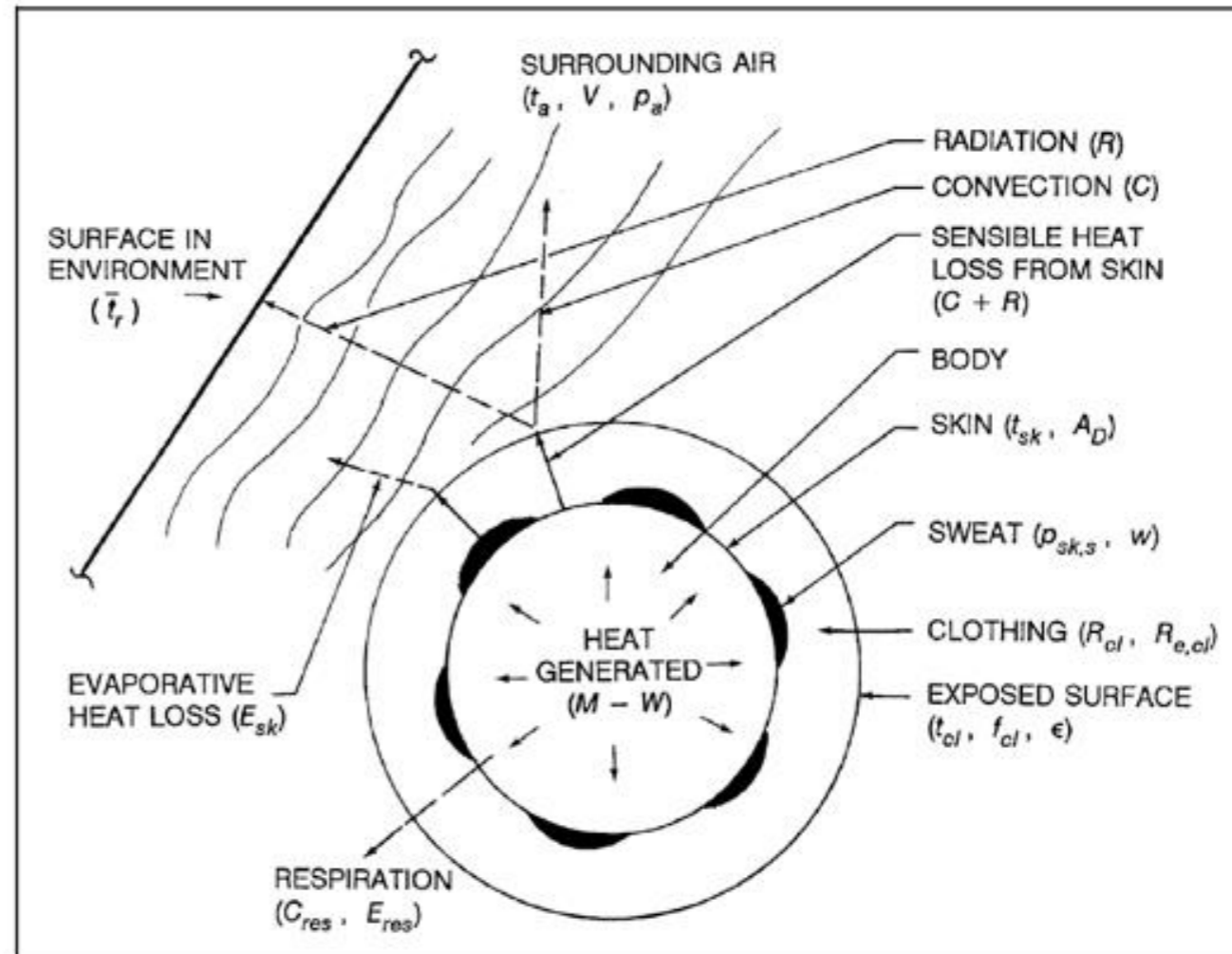
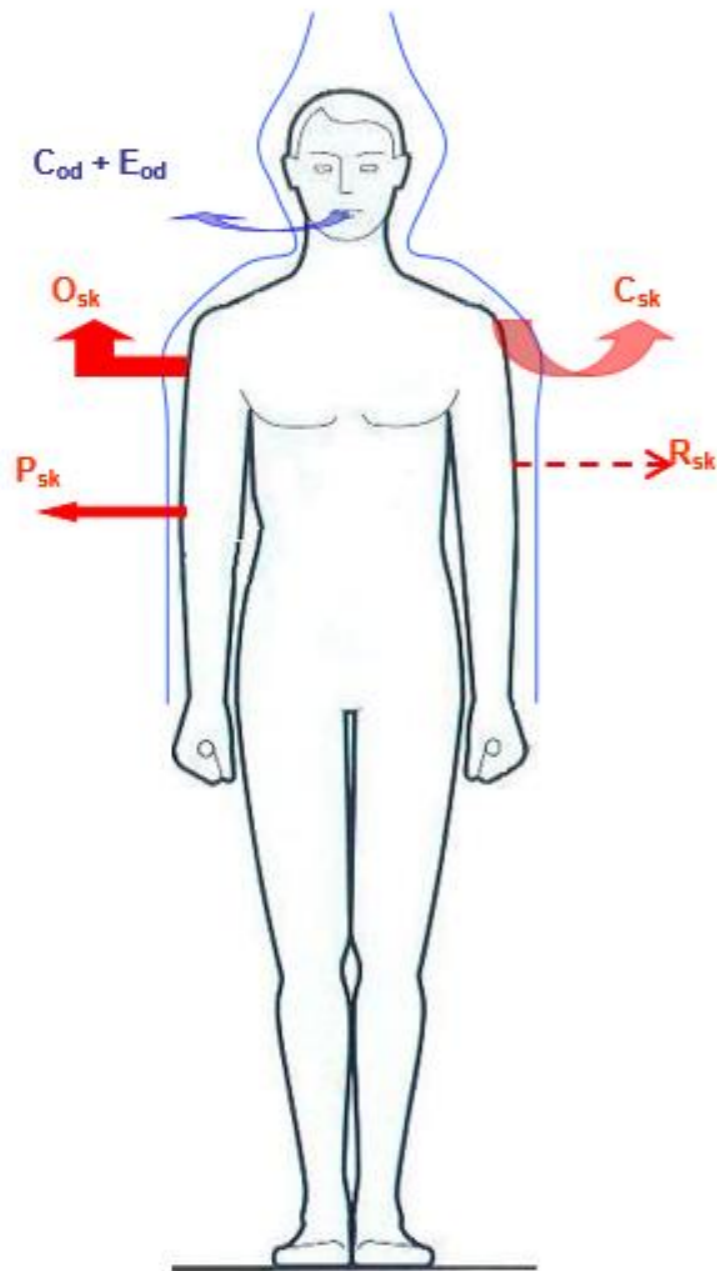
*Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska*

*Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych*

**Politechnika  
Warszawska**



# Wymiana ciepła między człowiekiem a otoczeniem



Promieniowanie 60%  
Przewodzenie 18%  
Odparowanie 22%

Odczucia termoneutralne - temperatura centralna  $37 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$

# Środowisko w sali operacyjnej



Niska  
temperatura  
powietrza

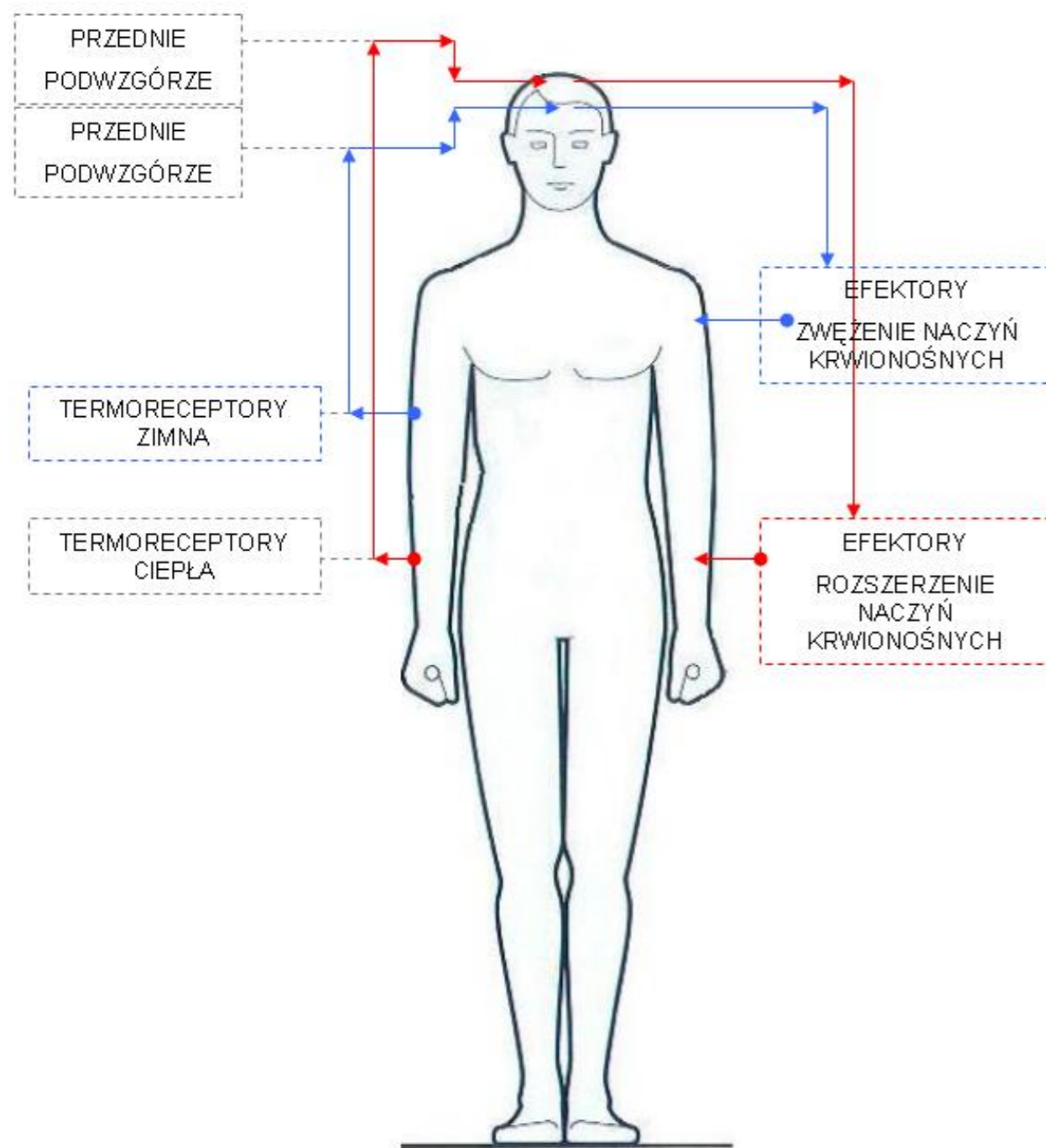
Wysoka  
prędkość  
powietrza

Niska  
izolacyjność  
termiczna  
okrycia

Niska  
aktywność  
fizyczna



# Wymiana ciepła między człowiekiem a otoczeniem



- Za regulację temperatury ciała odpowiada ośrodek termoregulacji, który jest zlokalizowany w podwzgórzu mózgu. Układ termoregulacji składa się z 3 elementów:
- termoreceptorów i termodetektorów – czujników wrażliwych na zmianę temperatury otoczenia i wnętrza ciała,
  - ośrodka termoregulacji – elementu działającego na zasadzie termostatu, przetwarzającego sygnały ze struktur wrażliwych i przekazującego odpowiednie informacje do efektorów układu termoregulacji,
  - efektorów układu termoregulacji (głównie mięśni) – struktur przetwarzających i realizujących odpowiedzi układu nerwowego.

# Środowisko w sali operacyjnej



Obniżona  
produkcja  
energii (8 h bez  
jedzenia)

Brak  
mechanizmu  
behawioralnego  
(znieczulenie)

Brak  
termogenezy  
drżeniowej  
(leki  
zwiotczające)

Brak  
skurczu/rozkurczu  
naczyń w o.c.z.c. (Brak  
skurczu/rozkurczu  
naczyń w o.c.z.c.  
(anestetyki i opioidy)

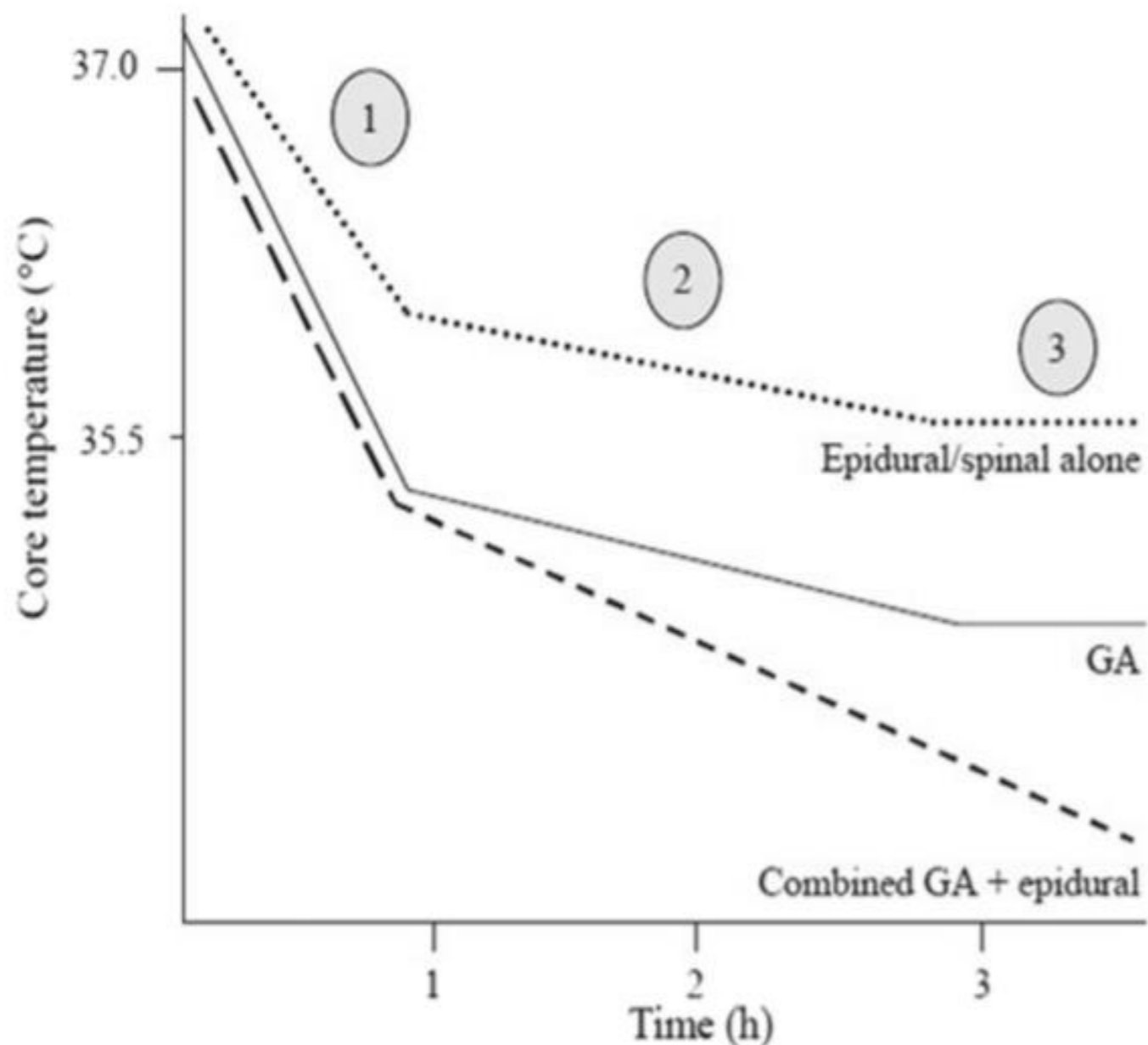


# Hipotermia okołoperacyjna



**Każdy pacjent jest zagrożony rozwojem niezamierzonej hipotermii okołoperacyjnej (temperatura centralna poniżej 36°C).**

# Hipotermia okołoperacyjna



Faza 1 - gwałtowny spadek temperatury ośrodkowej o 1°C w ciągu pierwszej godziny znieczulenia;

Faza 2 - dalsze, wolniejsze, liniowe obniżenie temperatury ośrodkowej w ciągu około 2 godzin do wartości 34-35°C;

Faza 3 - równowaga termiczna

O ile nie zapobiegnie się hipotermii, przywrócenie normotermii może trwać ponad 4 godziny po przerwaniu znieczulenia.

Charakterystyczne trójfazowe wzorce hipotermii w znieczuleniu miejscowym (epidural/spinal), ogólnym (GA) lub łączonym miejscowym i ogólnym

# Hipotermia okołoperacyjna

- National Institute for Health and Care Excellence (NICE) oszacował, że 70% pacjentów przyjmowanych do sali wybudzeń po znieczuleniu cierpi z powodu hipotermii.
- Ryzyko wystąpienia niedokrwiennej zdarzeń sercowych zwiększa się trzykrotnie u pacjentów z hipotermią śródoperacyjną.
- Uzyskanie przez pacjenta stanu hipotermii okołoperacyjnej może prowadzić do ostrej niewydolności krążenia, licznych powikłań związanych z gojeniem się ran, co w konsekwencji, w ostrych przypadkach może doprowadzić do zgonu.
- Ryzyko wystąpienia pooperacyjnych komplikacji sercowo-naczyniowych u pacjentów, u których nie wystąpił stan hipotermii okołoperacyjnej, jest o 80% mniejsze niż u pacjentów będących w stanie hipotermii.
- Stan lekkiej hipotermii powoduje już zaburzenie mechanizmów krzepnięcia krwi, co w konsekwencji prowadzi do konieczności transfuzji, jak również czas wybudzania pacjenta przedłuża się o 30% a długość hospitalizacji zwiększa się o 20%.



# Lokalne możliwości ogrzewania pacjentów

Pasywne

Aktywne



Konstrukcja i zastosowanie koca Mediwrap

# Lokalne możliwości ogrzewania pacjentów

Pasywne

Aktywne



Koc Barrier EasyWarm (materiały firmy Mölnlycke Health Care GmbH)

# Lokalne możliwości ogrzewania pacjentów

Pasywne

Aktywne



a)



b)



c)

Przykłady ogrzewanych materacy (a – Medline; b – Steris; c – Health Technology Supplies)



# Lokalne możliwości ogrzewania pacjentów

Pasywne

Aktywne



a)



b)



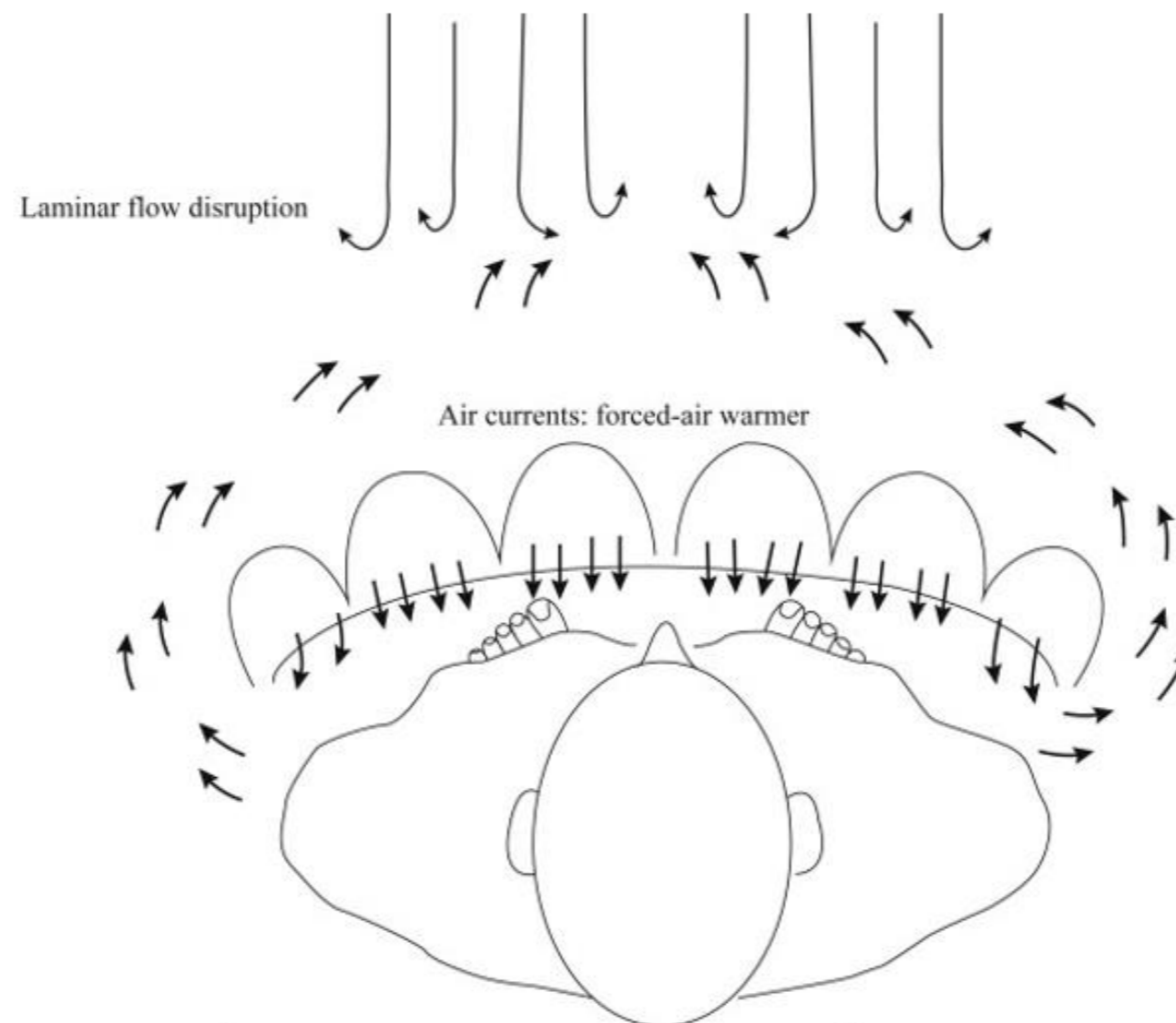
c)

Przykładowe rozwiązania konwekcyjnego ogrzewania pacjentów  
(a – Care Essentials; b – 3m Health; c – Stryker)

# Lokalne możliwości ogrzewania pacjentów

Pasywne

Aktywne



Rozpływ ogrzanego powietrza nad pacjentem

# Bibliografia

- Yanovich R, Ketko I, Charkoudian N. Sex differences in human thermoregulation: Relevance for 2020 and beyond. *Physiology*. 2020;35(3):177-184. doi:10.1152/physiol.00035.2019
- González-Alonso J. Human thermoregulation and the cardiovascular system. *Exp Physiol*. 2012;97(3):340-346. doi:10.1113/expphysiol.2011.058701
- Tansey EA, Johnson CD. Recent advances in thermoregulation. *Adv Physiol Educ*. 2015;39(1):139-148. doi:10.1152/advan.00126.2014
- Cramer MN, Jay O. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Auton Neurosci Basic Clin*. 2016;196:3-13. doi:10.1016/j.autneu.2016.03.001
- Charkoudian N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: How it works, when it does not, and why. *Mayo Clin Proc*. 2003;78(5):603-612. doi:10.4065/78.5.603
- Sessler DI. Mild Perioperative Hypothermia. *N Engl J Med*. 1997;336(24):1730-1737. doi:10.1056/NEJM199706123362407
- Buggy D, Crossley A. Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and postanaesthetic shivering. *Br J Anaesth*. 2000;84 5:615-628.
- Saper CB, Lowell BB. The hypothalamus. *Curr Biol*. 2014;24(23):R1111-R1116. doi:10.1016/j.cub.2014.10.023
- Kurz A. Physiology of Thermoregulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2008;22(4):627-644. doi:10.1016/j.bpa.2008.06.004
- Bu N, Zhao E, Gao Y, et al. Association between perioperative hypothermia and surgical site infection: A meta-analysis. *Med (United States)*. 2019;98(6). doi:10.1097/MD.00000000000014392
- Kirkbride DA, Buggy DJ. Thermoregulation and mild peri-operative hypothermia. *Contin Educ Anaesthesia, Crit Care Pain*. 2003;3(1):24-28. doi:10.1093/bjacepd/mkg006
- Care S, Excellence C. Clinical practice guideline The management of inadvertent perioperative hypothermia in adults National Collaborating Centre for Nursing and Supportive Care commissioned by National Institute for Health and Clinical Excellence. 2008;(April).
- Frank SM, Fleisher LA, Breslow MJ, et al. Perioperative Maintenance of Normothermia Reduces the Incidence of Morbid Cardiac Events: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 1997;277(14):1127-1134. doi:10.1001/jama.1997.03540380041029
- Billeter AT, Hohmann SF, Druen D, Cannon R, Polk HC. Unintentional perioperative hypothermia is associated with severe complications and high mortality in elective operations. *Surg (United States)*. 2014;156(5):1245-1252. doi:10.1016/j.surg.2014.04.024





# Bibliografia

- Rajagopalan S, Mascha E, Na J, Sessler DI. *The Effects of Mild Perioperative Hypothermia on Blood Loss and Transfusion Requirement*. Vol 108.; 2008. <http://pubs.asahq.org/anesthesiology/article-pdf/108/1/71/365836/0000542-200801000-00013.pdf>
- Reynolds L, Beckmann J, Kurz A. Perioperative complications of hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2008;22(4):645-657. doi:10.1016/j.bpa.2008.07.005
- Young VL, Watson ME. Prevention of perioperative hypothermia in plastic surgery. *Aesthetic Surg J*. 2006;26(5):551-571. doi:10.1016/j.asj.2006.08.009
- de Brito Poveda V, Clark AM, Galvão CM. A systematic review on the effectiveness of prewarming to prevent perioperative hypothermia. *J Clin Nurs*. 2013;22(7-8):906-918. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2012.04287.x>
- Knaepel A. Inadvertent Perioperative Hypothermia: A Literature Review. *J Perioper Pract*. 2012;22(3):86-90. doi:10.1177/175045891202200302
- <https://medline.pl/produkt/koc-termiczny-mediwrap/>
- Frederike J.C. Haverkamp, Gordon G. Giesbrecht, Edward C.T.H. Tan, The prehospital management of hypothermia — An up-to-date overview, *Injury*, Volume 49, Issue 2, 2018, doi.org/10.1016/j.injury.2017.11.001.
- <https://globalmedics.co.nz/all-products/operating-theatre/mediwrap-patient-warming/mediwrap-adult-protection-blanket.html>
- Alexander Torossian, Elke Van Gerven, Karin Geertsen, Bengt Horn, Marc Van de Velde, Johan Raeder, Active perioperative patient warming using a self-warming blanket (BARRIER EasyWarm) is superior to passive thermal insulation: a multinational, multicenter, randomized trial, *Journal of Clinical Anesthesia*, Volume 34, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.06.030>.
- <https://www.molnlycke.de/produkte-losungen/barrier-easywarm>
- Egan, Cameron; Bernstein, Ethan; Reddy, Desigen MD; Ali, Madi MD; Paul, James MD; Yang, Dongsheng MS; Sessler, Daniel I. MD. A Randomized Comparison of Intraoperative PerfectTemp and Forced-Air Warming During Open Abdominal Surgery. *Anesthesia & Analgesia* 113(5):p 1076-1081, November 2011. DOI: 10.1213/ANE.0b013e31822b896d
- Kim HY, Lee KC, Lee MJ, Kim MN, Kim JS, Lee WS, Lee JH. Comparison of the efficacy of a forced-air warming system and circulating-water mattress on core temperature and post-anesthesia shivering in elderly patients undergoing total knee arthroplasty under spinal anesthesia. *Korean J Anesthesiol*. 2014 May;66(5):352-7. doi: 10.4097/kjae.2014.66.5.352. Epub 2014 May 26. PMID: 24910726; PMCID: PMC4041953.



# Bibliografia

- <https://pdf.medicalexpo.com/pdf/medline-international/perfectemp-brochure/69342-101383.html>
- <https://www.steris.com/healthcare/products/surgical-table-accessories/patient-warming/patient-warming-system>
- <https://www.htsupplies.com.au/products/alphacore-patient-warming-system-inditherm>
- <https://www.careessentials.com.au/warming-machine/>
- Urfalioglu A, Urfalioglu S, Oksuz G, Doganer A, Teksen S, Guler O, Calisir F. The effects of active warming on perioperative inadvertent hypothermia in patients undergoing vitreoretinal surgery under local anesthesia. *Indian J Ophthalmol.* 2021 Feb;69(2):308-313. doi: 10.4103/ijo.IJO\_227\_20. PMID: 33463580; PMCID: PMC7933865.
- <https://www.stryker.com/us/en/acute-care/products/mistral-air.html>
- Lijian Pei, Yuguang Huang, Yiyao Xu, Yongchang Zheng, Xinting Sang, Xiaoyun Zhou, Shanqing Li, Guangmei Mao, Edward J. Mascha, Daniel I. Sessler; Effects of Ambient Temperature and Forced-air Warming on Intraoperative Core Temperature: A Factorial Randomized Trial. *Anesthesiology* 2018; 128:903-911 doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002099>
- Nieh, Hsiao-Chi, and Shu-Fen Su. "Meta-analysis: Effectiveness of Forced-air Warming for Prevention of Perioperative Hypothermia in Surgical Patients." *Journal of Advanced Nursing*, vol. 72, no. 10, 2016, pp. 2294-314.
- Wood AM, Moss C, Keenan A, Reed MR, Leaper DJ. Infection control hazards associated with the use of forced-air warming in operating theatres. *J Hosp Infect* 2014;88(3):132- 140.
- A.M. Wood, C. Moss, A. Keenan, M.R. Reed, D.J. Leaper, Infection control hazards associated with the use of forced-air warming in operating theatres, *Journal of Hospital Infection*, Volume 88, Issue 3, 2014, <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2014.07.010>.
- McGovern PD, Albrecht M, Belani KG et al. Forced-air warming and ultra-clean ventilation do not mix: an investigation of theatre ventilation, patient warming and joint replacement infection in orthopaedics. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93(11):1537-1544.
- K.B. Darsai, M. Albrecht, M. Harper Effect of forced air warming on the performance of operating theatre laminar flow ventilation *Anesthesia*, 67 (2012), pp. 244-249
- Dasari KB, Albrecht M, Harper M. Effect of forced-air warming on the performance of operating theatre laminar flow ventilation. *Anaesthesia*. 2012 Mar;67(3):244-9. doi: 10.1111/j.1365-2044.2011.06983.x. PMID: 22321079.
- Ni, Tt., Zhou, Zf., He, B. et al. Effects of combined warmed preoperative forced-air and warmed perioperative intravenous fluids on maternal temperature during cesarean section: a prospective, randomized, controlled clinical trial. *BMC Anesthesiol* 20, 48 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12871-020-00970-7>



# Metody ograniczenia ryzyka wystąpienia niezamierzonej hipotermii okołoperacyjnej pacjentów

*Prezentacja została opracowana w ramach projektu badawczego nr 2021/41/B/ST8/00700 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.*

*This research was funded in whole by National Science Center, Poland grant number 2021/41/B/ST8/00700. For the purpose of Open Access, the author has applied a CC-BY public copyright licence.*

*[hipotermiapacjentow.is.pw.edu.pl](http://hipotermiapacjentow.is.pw.edu.pl)*

**Politechnika  
Warszawska**

