

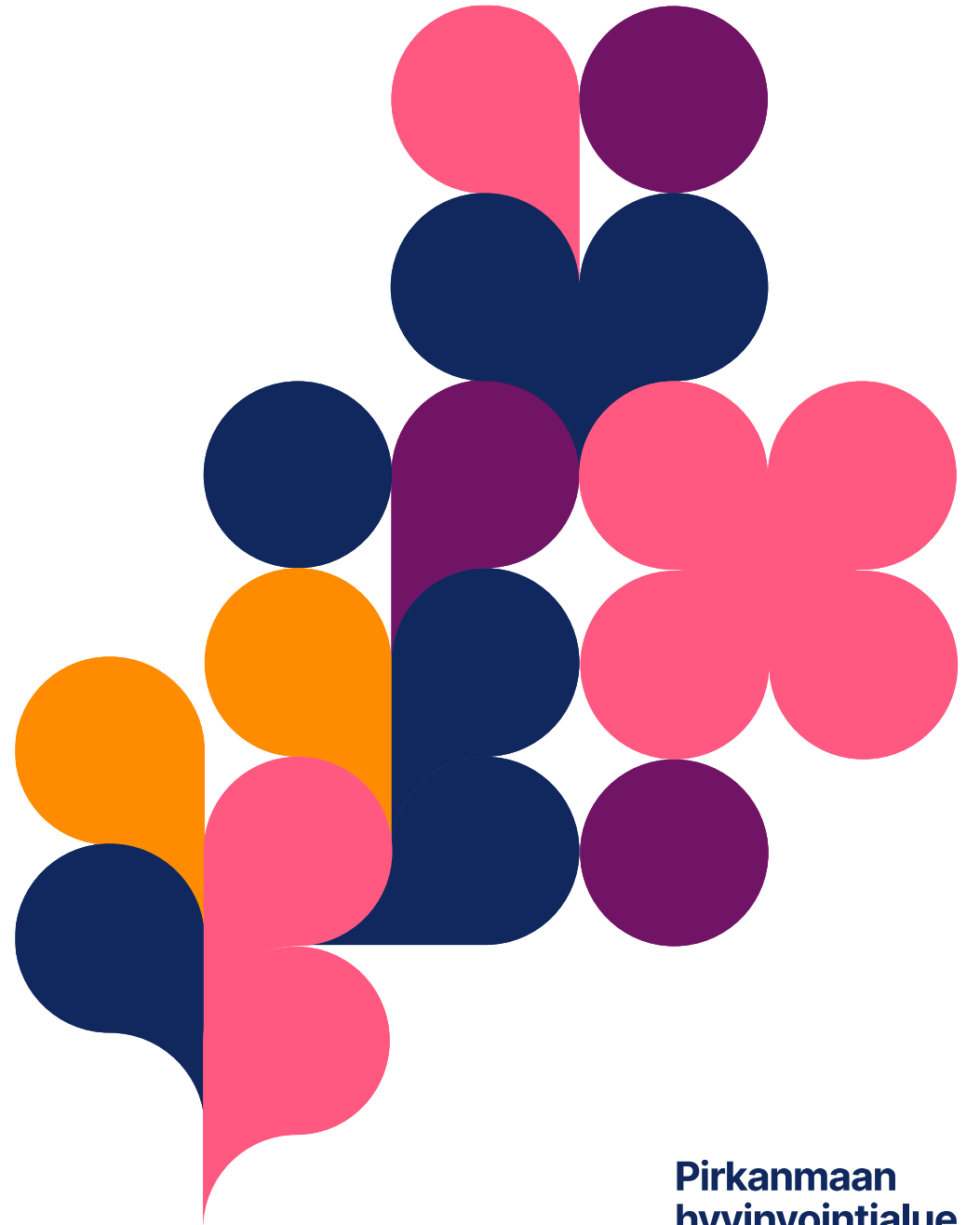
Lämpötalous – miksi tärkeää

21.9.2023

Sirkka-Liisa Lauronen

EL, LT

TAYS



Sisältö

- Fysiologinen lämmönsäätely
- Tahaton jäähtyminen
- Jäähtymisen haitat
- Lämpötilan monitorointi ja lämmitysmenetelmät
- Leikkauspotilaan lämmönhallinta

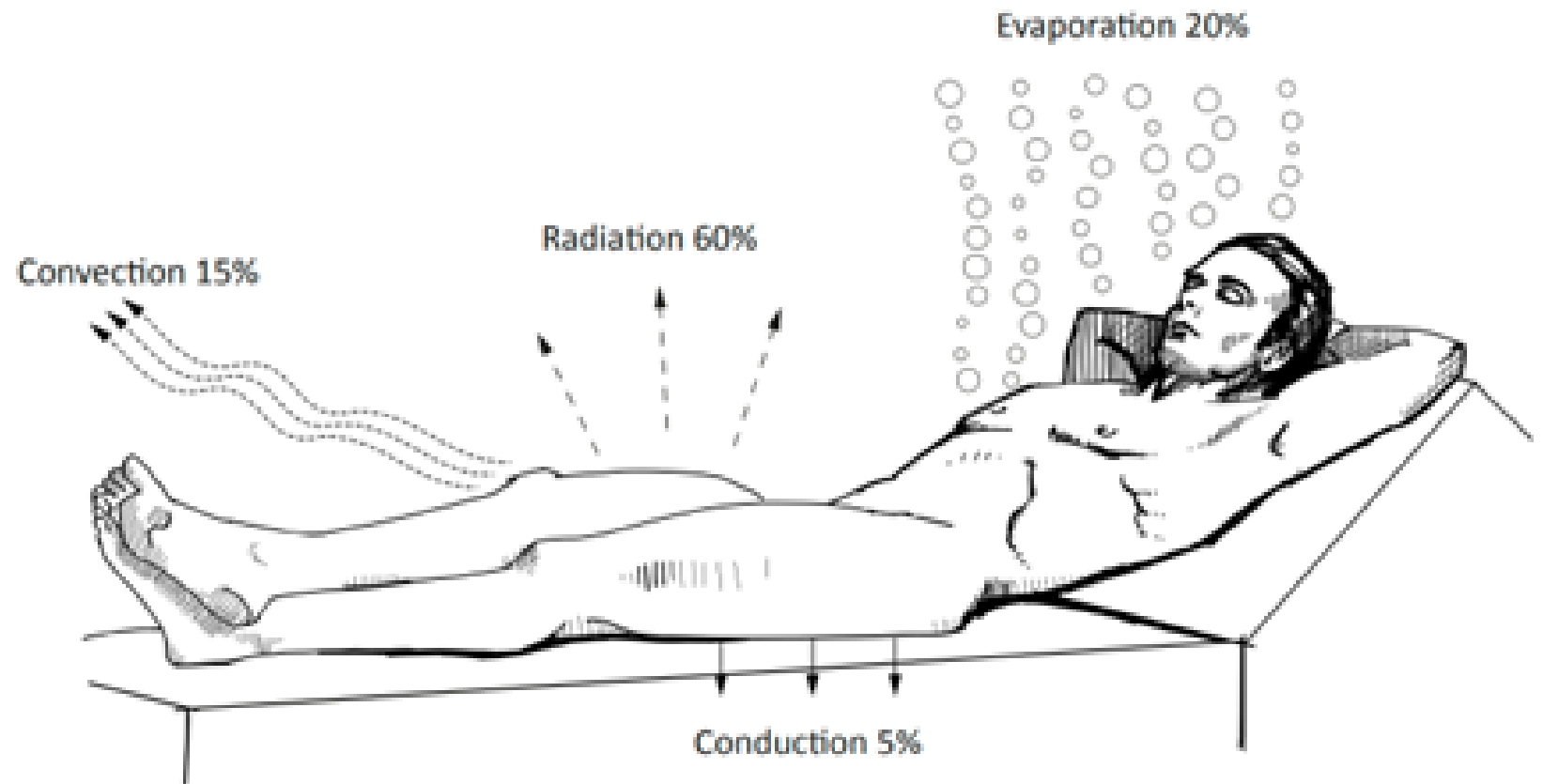
Lämmönsäätely

- Aikuisen normaali ydinlämpötila on n. 37°C
- Raajojen lämpötila on 31-35°C

- Lämmön säätelyn ”kaksitilamalli”:
 - Tasalämpöinen ydin (vartalo ja pää)
 - Vaihtolämpöinen periferia (raajat)

Lämmönsäätely

- Lämpöä syntyy perusmetabolian sivutuotteena
- Lämmönhukka



Lämmönsäätely

- Termoreseptoreita on iholla, aivoissa, selkäytimessä ja sisäelimissä
 - Ytimessä lämpöreseptoreja
 - Iholla kylmäreseptoreja
- Hypotalamuksessa sijaitsee lämmönsäätelykeskus
 - Ns. lämpöikkuna on vain 0,2°C

Lämmönsäätely

- Käyttäytymissäätely
 - Ensisijainen
 - Tehokkain
- Autonomiset vasteet
 - Kylmälle: vasokonstriktio, non-shivering thermogenesis, tärinä
 - Kuumalle: vasodilataatio, hikoilu



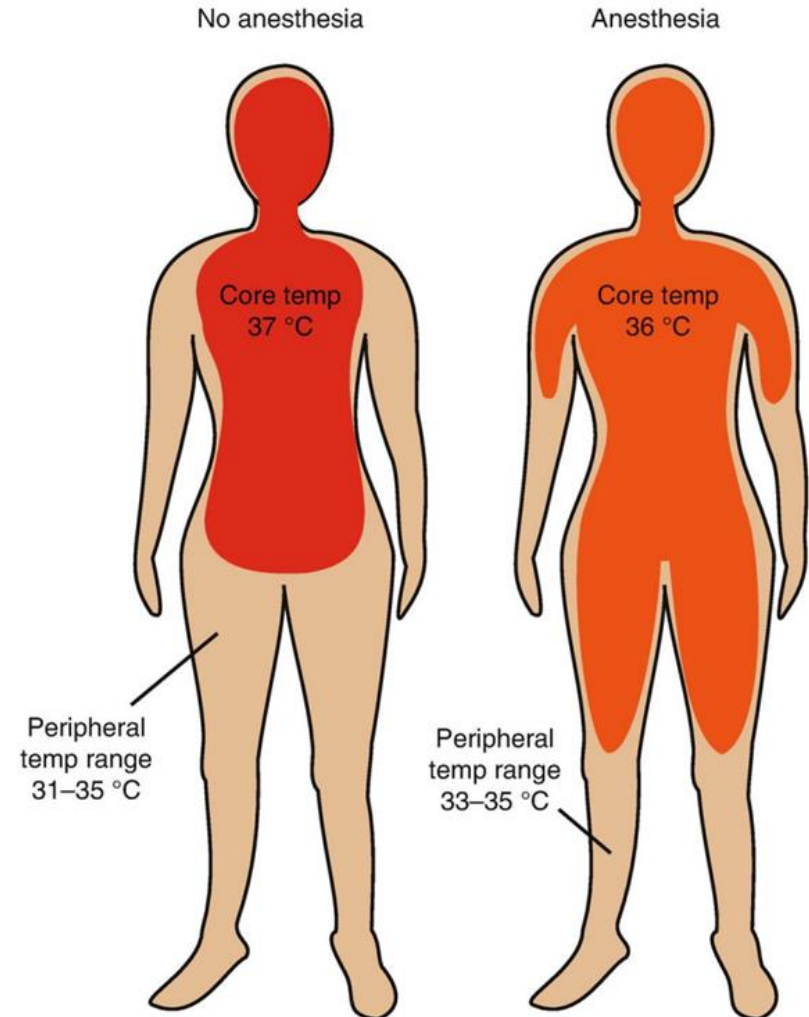
Lämpötalous ja leikkauspotilas

Tahaton leikkauksen aikainen jäähtyminen

- Altistavia tekijöitä
 - Viileä leikkaussali, ilmastointi
 - Käyttäytymissäätely ei ole mahdollista
 - Viileät iv-nesteet
 - Anesteettien aiheuttama
 - Elimistön lämmön uudelleen jakautuminen
 - Hypotalamuksen toiminnan häiriintyminen

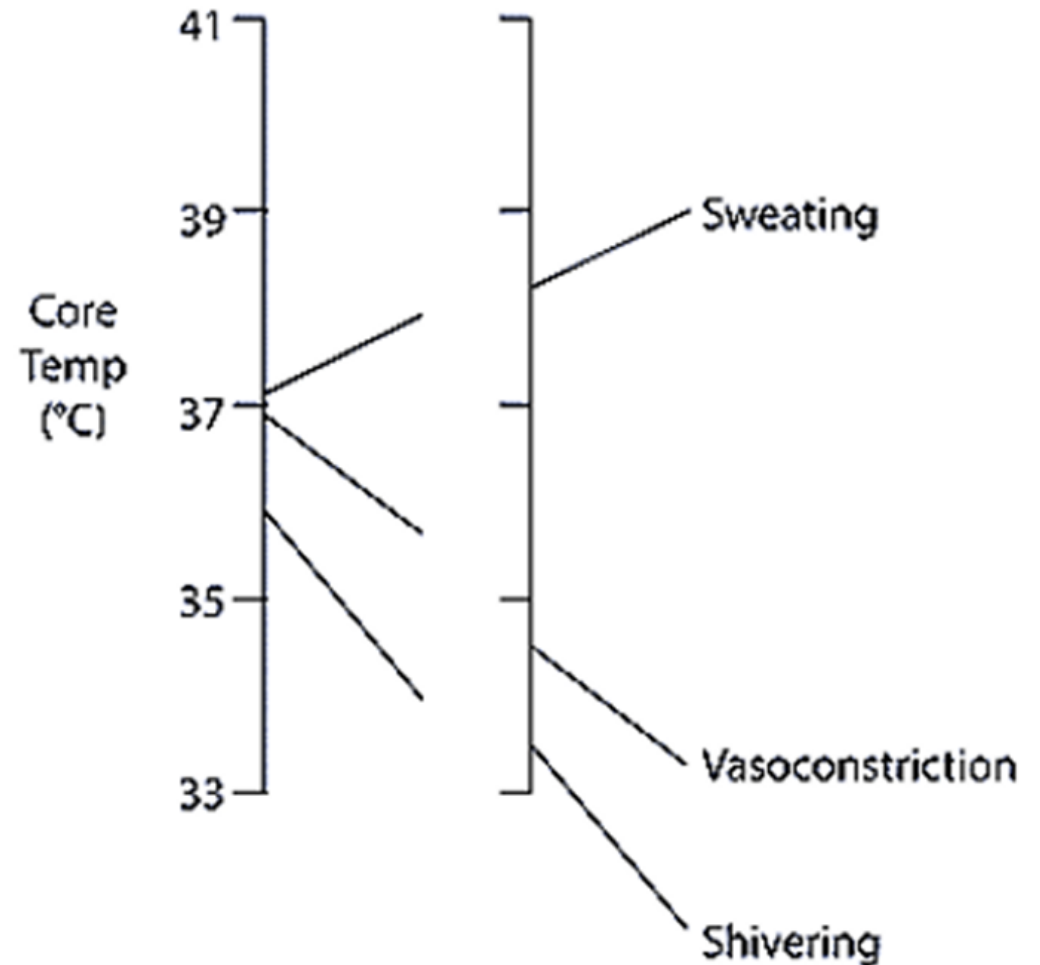
Tahaton leikkauksen aikainen jäähtyminen

- Anestesiainduktion jälkeen tapahtuu lämmön uudelleen jakautuminen
 - Arteriovenoosit shuntit aukeavat
 - Perifeerinen vasodilataatio
- Ydinlämpötila laskee ja periferia lämpenee

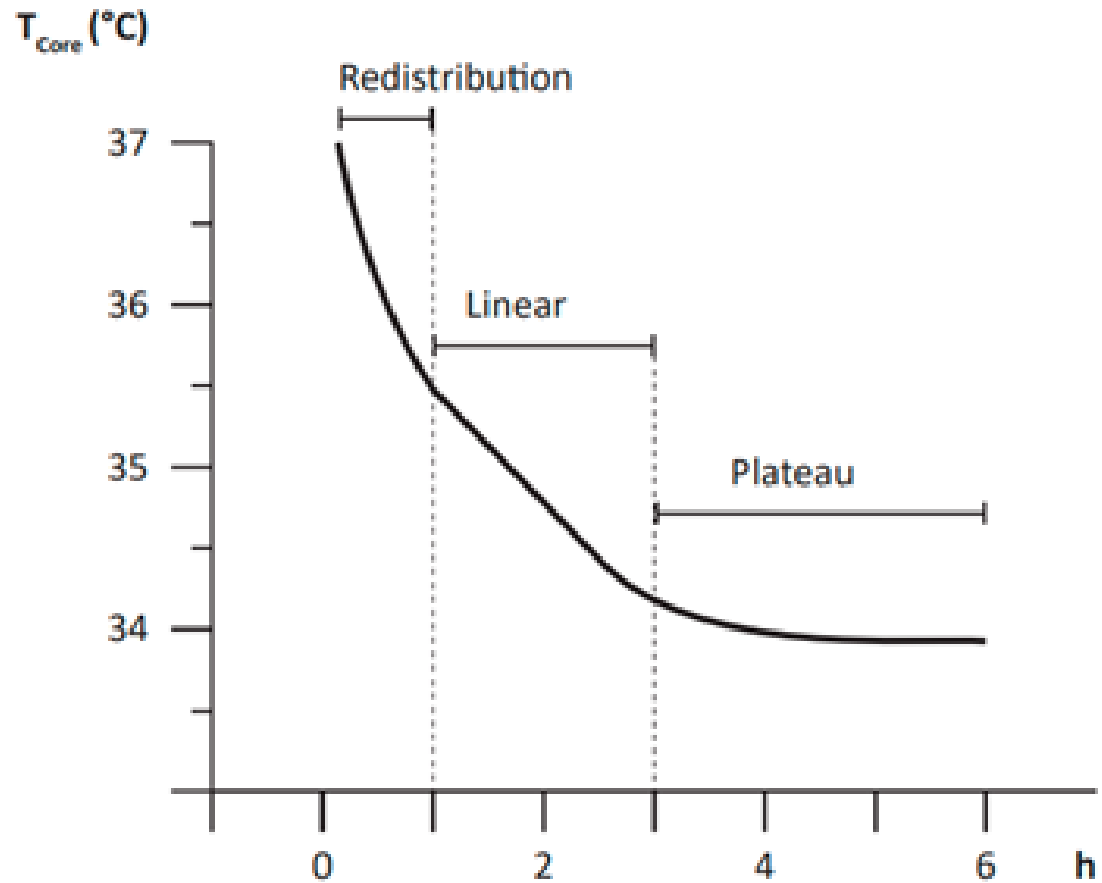


Tahaton leikkauksen aikainen jäähtyminen

- Anesteetit huonontavat annosriippuvaisesti lämmönsäätelyä hypotalamuksessa
- Lämpöikkuna laajenee 20-kertaisesti
 - $0,2^{\circ}\text{C} > 4,0^{\circ}\text{C}$



Tahaton leikkauksen aikainen jäähtyminen



1. vaihe: Lämmön uudelleen jakautuminen

2. vaihe: Suoraviivainen vaihe

3. vaihe: Lämpötasapaino



Lämpötalous – miksi tärkeää

Jäähtymisen haitat

- Hyytymishäiriöt lisääntyvät
 - Jo 35,5°C
- Postoperatiivinen tärinä
 - < 35,5°C
- Haavainfektiot lisääntyvät sekä lääkevaikutus ja sairaalassaoloaika pitenevät
 - < 35°C
- Sydäntapahtumat lisääntyvät ?

Lämpötilan monitorointi

- Ydinlämpötilan laskun ohella myös nousun havaitseminen
 - Liiallinen lämmitys, kuume, maligni hypertermia
- Mittauspaikat
 - Keuhkovaltimokatetri
 - Ruokatorvi
 - Nenänielu
 - Zero heat flux –menetelmä
 - Virtsarakko
 - Tärykalvo
 - Peräsuoli

Lämmitysmenetelmät

- Passiiviset keinot
 - Vähentävät lämmönhukkaa ihon kautta
 - Esim. peitot, steriilit liinat

- Aktiiviset lämmitysmenetelmät
 - Siirtävät lämpöä potilaaseen
 - Tehokkaampia kuin passiivinen eristäminen
 - Esim. puhallin, patja

Lämmitysmenetelmät

- Lämpöpuhallinpeitto
 - Tehokas, säädettävä lämpötila, monipuolinen peittovalikoima
 - Äänekäs, sähkön tarve
- Itselämpiyvä aktiivipeite (EasyWarm®)
 - Lämpenee ad 42°C 30min, lämpö säilyy 10h
 - palovammariski
- Vastuksellinen lämpöpatja, lämpöpeitto
- Iv-nesteiden lämmitys

Leikkauspotilaan lämmönhallinta

- Perioperatiivinen hypotermia = ydinlämpötila $< 36^{\circ}\text{C}$
 - Jopa 50 % potilaista jäähtyy tahattomasti aktiivisesta lämmityksestä huolimatta
- Nykyiset suositukset
 - Ydinlämpötilan tavoite $> 36,5^{\circ}\text{C}$ perioperatiivisesti
 - Salin lämpötila aikuispotilailla 21°C
 - Aktiivinen lämmitys jo ennen anestesian induktiota
 - Lämmönmittaus
 - Yli 30min kestävässä toimenpiteissä ja aina kun aktiivisesti lämmitetään

Leikkauspotilaan lämmönhallinta

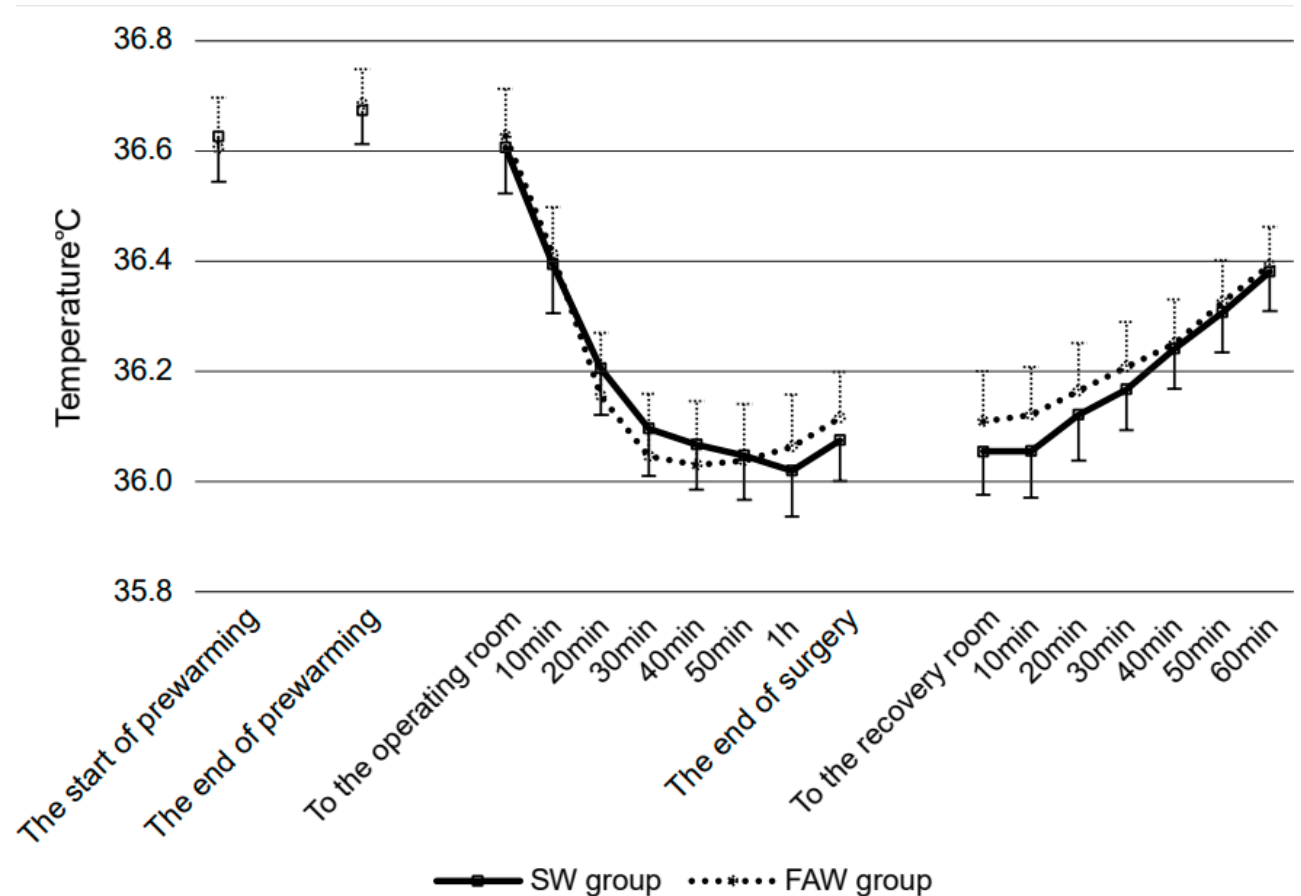
- Tehokkain tapa estää alkuhypotermiaa on esilämmitys (prewarming)
 - Lämmön varastointia potilaaseen ennen anestesian induktiota
 - Lisää ääreisosien lämpötilaa
- Induktion jälkeinen lämmön uudelleen jakautuminen vähenee
- Tärkeää ennen lyhyitä toimenpiteitä

Self-warming blanket versus forced-air warming blanket during total knee arthroplasty under spinal anaesthesia: A randomised non-inferiority trial

Sirkka-Liisa Lauronen¹ | Jarkko Kalliovalkama² | Antti Aho² |
Marja-Tellervo Mäkinen³ | Heini Huhtala⁴ | Arvi M. Yli-Hankala^{1,5}
Maija-Liisa Kalliomäki¹

- 150 potilasta
- 30min esilämmitys
 - FAW 38°C tai EasyWarm
- Spinaali, leikkaus 60min
- ZHF-mittari
- Kaikille FAW 43°C mikäli ydinlämpötila < 36°C
- Hypotermia 49% vs 61%

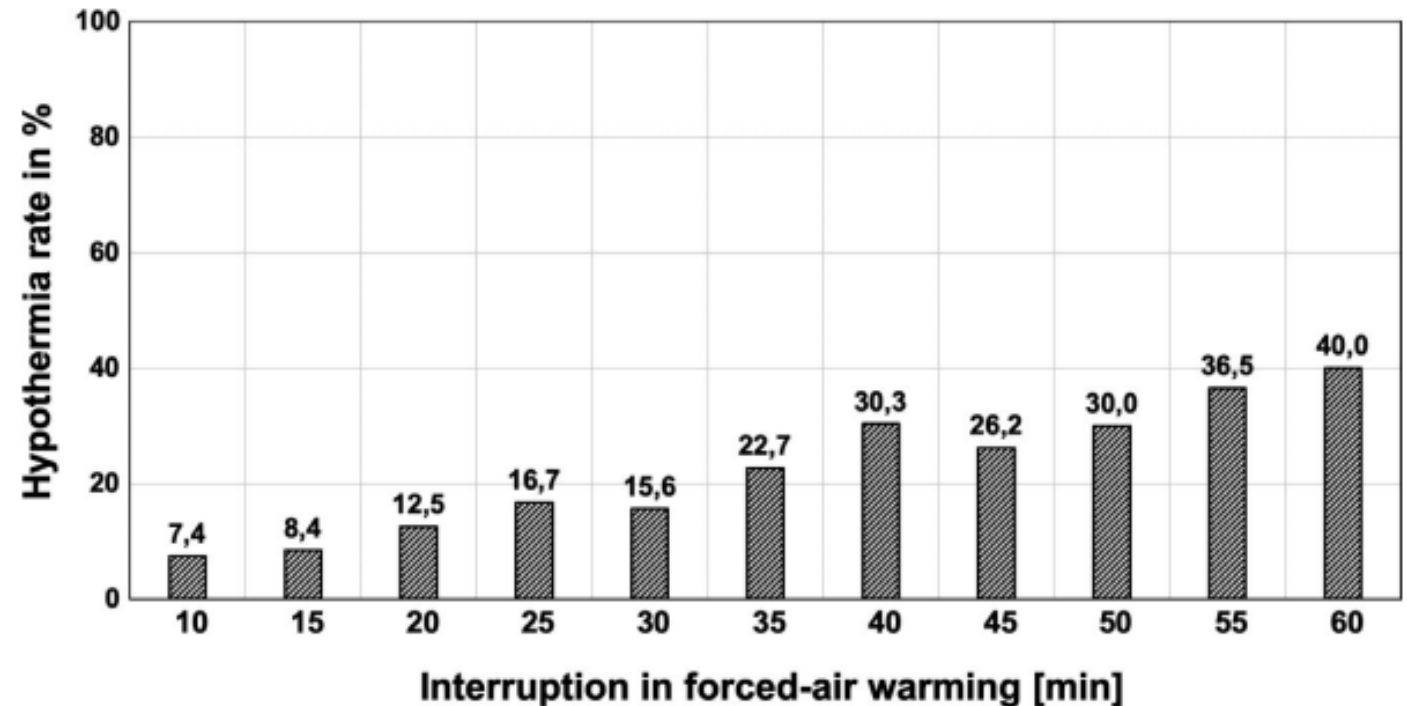
Pirkanmaan
hyvinvointialue



Short interruptions between pre-warming and intraoperative warming are associated with low intraoperative hypothermia rates

Rolf Grote¹  | Anna Wetz² | Anselm Bräuer² | Matthias Menzel¹

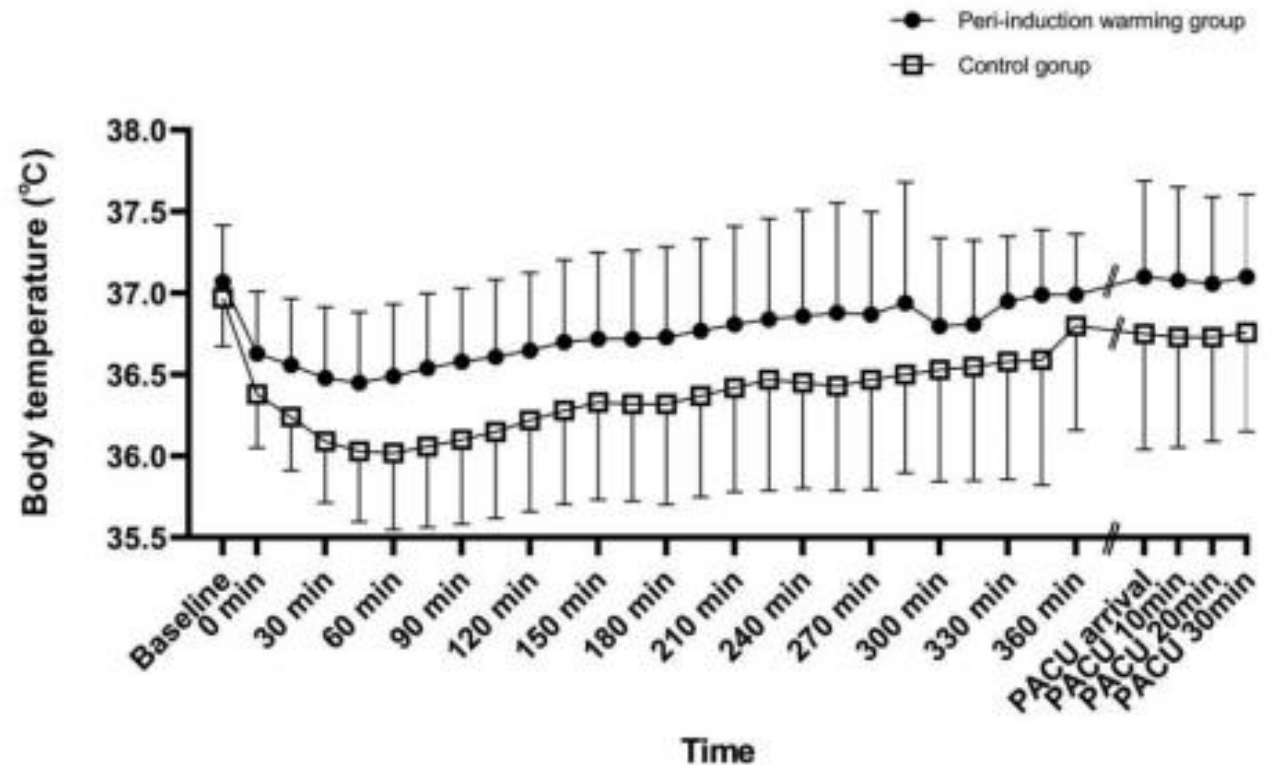
- Retrospektiivinen tutkimus
- 5084 potilasta
- FAW
- Hypotermia 15,9%:lla
- Max 20min tauko, jotta teho säilyi



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

- 130 potilasta
- Induktiolämmitys FAW kokovartalopeitto 47°C tai puuvillapeitto
- YA > 120 min
- Tärykalvo- ja nenänielulämpötila
- Leikkausvalmistelut n 40min
- Lämmitys n 20min
- Hypotermia 19% vs 57%



Aggressive intraoperative warming versus routine thermal management during non-cardiac surgery (PROTECT): a multicentre, parallel group, superiority trial

Daniel I Sessler*, Lijian Pei*, Kai Li*, Shusen Cui, Matthew TV Chan, Yuguang Huang, Jingxiang Wu, Xuemei He, Gausan R Bajracharya, Eva Rivas, Carmen K M Lam, on behalf of the PROTECT Investigators†

- 5056 potilasta, väh yksi kardiovaskulaarinen riskitekijä
- 35,5°C vs 37,0°C
- YA 2-6h, ei-sydänkirurgia

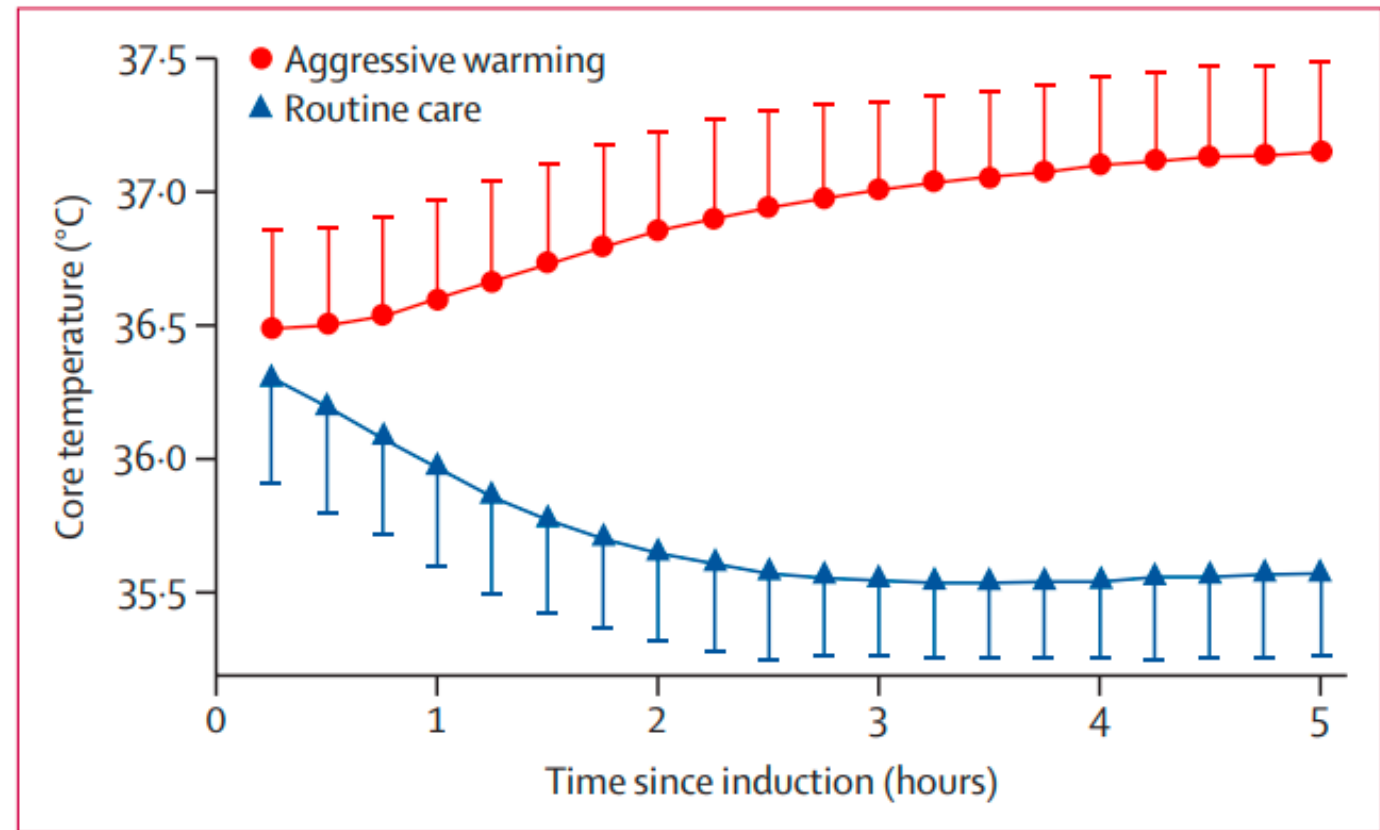


Figure 2: Core temperature over time after induction as averages

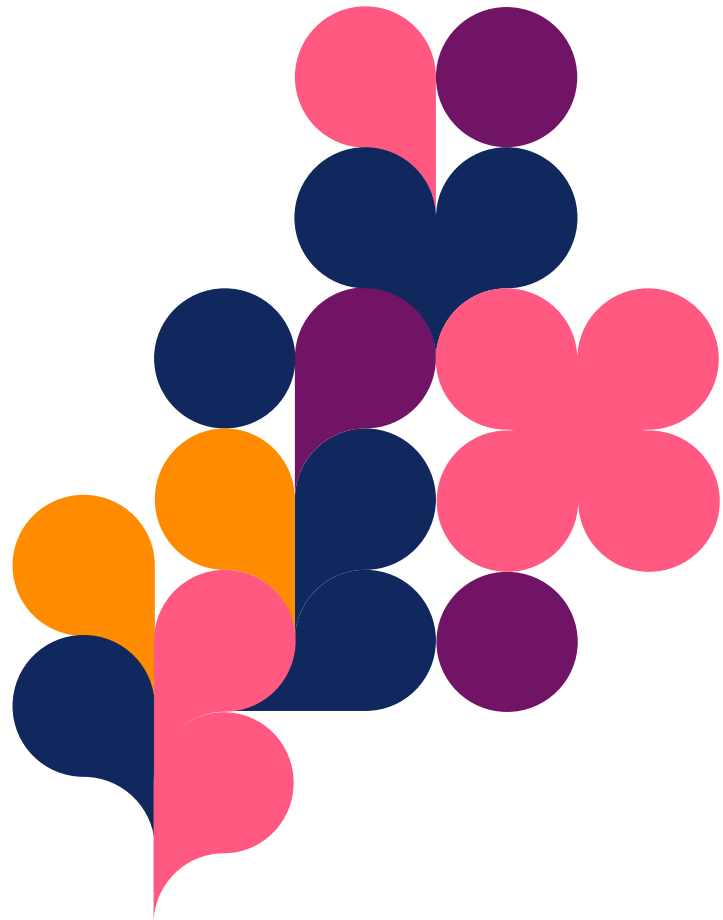
Aggressive intraoperative warming versus routine thermal management during non-cardiac surgery (PROTECT): a multicentre, parallel group, superiority trial

Daniel I Sessler, Lijian Pei*, Kai Li*, Shusen Cui, Matthew TV Chan, Yuguang Huang, Jingxiang Wu, Xuemei He, Gausan R Bajracharya, Eva Rivas, Carmen K M Lam, on behalf of the PROTECT Investigators†*

In summary, the incidence of a 30-day composite of major cardiovascular outcomes was similar in patients allocated to routine care (35·5°C) or aggressive warming (37°C). Serious wound infections and transfusions were also similar between groups, as were the duration of hospital stay and hospital readmissions within 30 days. At least over a 1·5°C range from very mild hypothermia to full normothermia, there was no evidence that any substantive outcome varied. Keeping core temperature at least 35·5°C in patients having surgery appears sufficient.

Take home message

- Jäähtymiseen vaikuttavia tekijöitä
 - Potilas
 - Kirurgia
 - Anestesia
- Aktiivinen lämmitys tehokkaampaa kuin passiivinen eristäminen
- Esilämmitys!
- Mittaa ydinlämpötilaa
- Muista ekologisuus ja taloudellisuus
- Kenties 35,5°C riittävä ydinlämpötila...



Kiitos

Sirkka-Liisa Lauronen
sirkka-liisa.lauronen@pirha.fi



Lähteet

- Eshraghi Y et al. An Evaluation of a Zero-Heat-Flux Cutaneous Thermometer in Cardiac Surgical Patients. *Anesth Analg* 2014;119:543-549
- Frank S et al. Perioperative Maintenance of Normothermia Reduces the Incidence of Morbid Cardiac Events: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 1997;277:1127-1134
- Grote R et al. Short interruptions between pre-warming and intraoperative warming are associated with low intraoperative hypothermia rates. *Acta Anaesthesiol Scand* 2020;64:489-493
- Kurz A et al. Perioperative Normothermia to Reduce the Incidence of Surgical-Wound Infection and Shorten Hospitalization. *NEJM* 1996;334:1209-1215
- Lauronen SL et al. Self-warming blanket versus forced-air warming blanket during total knee arthroplasty under spinal anaesthesia: A randomised non-inferiority trial. *Acta Anaesthesiol Scand* 2023;67:1102-1109
- Lenhardt R et al. Mild Intraoperative Hypothermia Prolongs Postanesthetic Recovery. *Anesthesiology* 1997;87:1318-1323

- Leslie K et al. Mild hypothermia alters propofol pharmacokinetics and increases the duration of action of atracurium. *Anesth Analg* 1995;80:1007-1014
- Matsukawa T et al. Heat flow and distribution during induction of general anesthesia. *Anesthesiology* 1995;82:662-673
- Rajagopalan S et al. The Effects of Mild Perioperative Hypothermia on Blood Loss and Transfusion Requirement. *Anesthesiology* 2008;108:71-77
- Sessler DI et al. Aggressive intraoperative warming versus routine thermal management during non-cardiac surgery (PROTECT): a multicentre, parallel group, superiority trial: *Lancet* 2022;399:1799-1808
- Sessler DI. Perioperative Temperature Monitoring. *Anesthesiology* 2021;134:111-118
- Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. *Lancet* 2016;387:2655-2664
- Yoo JH et al. Efficacy of active forced air warming during induction of anesthesia to prevent inadvertent perioperative hypothermia in intraoperative warming patients. *Medicine* 2021;100:12