


**Sirkka-Liisa Lauronen**

LT, erikoislääkäri  
Pirha, Tays, Anestesiatoiminta  
sirkka-liisa.lauronen@pirha.fi

# Vanhassa vara parempi – havaintoja leikkauspotilailla käytettävistä lämmitysmenetelmistä

**Sirkka-Liisa Lauronen**

Väitös: 16.12.2022, Tampereen yliopisto

**Vastaväittäjä**

Vastaväittäjä: dosentti, professori h.c. Markku Salmenperä,  
Helsingin yliopisto

**Esitarkastajat**

Dosentti Eero Pesonen, Helsingin yliopisto  
Professori Hannu Rintamäki, Oulun yliopisto

**Kustos**

Professori Arvi Yli-Hankala, Tampereen yliopisto

► Leikkaus ja anestesia altistavat potilaan tahattomalle jäähtymiselle, joka on määritelty ydinlämpötilaksi alle 36,0 °C (1). Tärkein syy hypotermialle on anestesia-aineiden aiheuttama hypotalamuksen toimintahäiriö ja raajojen verisuonten laajeneminen (2). Lisäksi nukutetun potilaan lämmöntuotto vähenee, ja leikkaussalissa

lämmönhukka lisääntyy. Leikkauspotilaalla ei myöskään ole mahdollisuutta säädellä lämpötilaansa käyttäytymällä.

Leikkauspotilailla alle 36 asteen ydinlämpötila heikentää veren hyytymistä (3). Ydinlämpötila alle 35 astetta lisää infektioita (4), pitkittää lääkevaikutusta (5), altistaa sydäntapahtumille (6) sekä hidastaa toipumista (7). Potilaan

ydinlämpötilaa pyritäänkin ylläpitämään passiivisin ja aktiivisin lämmityskeinoin, ennen anestesiaa tapahtuvalla lämmittämällä ja ympäristön lämpötilaan vaikuttamalla. Käytössä olevista menetelmistä huolimatta iso osa leikkauspotilaista jäähtyy (8).

Ideaalista ydinlämpömittaria ei toistaiseksi ole saatavilla. Viimeisen kymmenen vuoden aikana kliiniseen käyttöön on tullut menetelmiä, jotka mittaavat ydinlämpötilaa kajoamattomasti ihon pinnalta.

**Väitöskirja**

New Insights Into Perioperative Thermal Management

**Osatyöt**

- I Lauronen SL, Kalliomäki ML, Aho A, Kalliovalkama J, Riikonen J, Mäkinen MT, Leppikangas H, Yli-Hankala A. Thermal suit in preventing unintentional intraoperative hypothermia during general anaesthesia: A randomized controlled trial. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* 2017; 61(9): 1133–1141.
- II Lauronen S, Mäkinen M, Annala P, Huhtala H, Yli-Hankala A, Kalliomäki M. Thermal suit connected to a forced-air warming unit for preventing intraoperative hypothermia: A randomised controlled trial. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* 2021; 65(2): 176–81.
- III Lauronen SL, Kalliovalkama J, Aho A, Mäkinen MT, Huhtala H, Yli-Hankala A, Kalliomäki ML. Self-warming blanket versus forced-air warming blanket during total knee arthroplasty under spinal anaesthesia: A randomised noninferiority trial. Submitted
- IV Lauronen SL, Kalliomäki ML, Kalliovalkama J, Aho A, Huhtala H, Yli-Hankala AM, Mäkinen MT. Comparison of zero heat flux and double sensor thermometers during spinal anaesthesia: a prospective observational study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* 2022; 36(5): 1547–1555.

**Tavoitteet**

Väitöskirjassani tutkin kahden uuden lämmitysmenetelmän, lämpöhaalarin ja itselämpivän aktiivipeitteen, tehoa ja soveltuvuutta leikkauspotilaiden jäähtymisen ehkäisyssä. Näillä menetelmillä on etuja verrattuna paljon käytettyyn ja tutkittuun lämpöpuhallinmenetelmään. Haalari on monikäyttöinen ja sitä voi käyttää koko perioperatiivisen ajan. Aktiivipeite on äänetön, ei tarvitse sähköä toimiakseen ja on yksinkertainen käyttää. Tavoitteenani oli löytää lämmitysmenetelmä, joka on tehokas, helppokäyttöinen ja kustannustehokas. Lisäksi

**Taulukko 1. Perioperatiiviset ydinlämpötilan ja ympäristön lämpötilan muutokset**

	Osatyö I				Osatyö II				Osatyö III			
	Ruokatorvilämpömittari				ZHF				ZHF			
	Lämpöhaalari		Sairaalavaatteet		Lämpöhaalari		Sairaalavaatteet		Aktiivipeite		Puhallinpeite	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
<b>Ydinlämpötila °C</b>												
Sairaalaan tullessa <sup>1</sup>	36,5	0,4	36,6	0,4	36,5	0,3	36,3	0,4	36,2	0,4	36,3	0,3
Esilämmityksen alussa	–		–		–		–		36,6	0,4	36,6	0,4
Leikkaussaliin saavuttassa	–		–		36,9	0,3	36,8	0,4	36,6	0,3	36,6	0,4
Anestesiainduktiossa	36,3	0,6	36,3	0,6	37,0	0,3	36,9	0,4	36,7	0,3	36,7	0,3
Lasku leikkaussalissa	0,6	0,3	0,7	0,4	0,8	0,2	0,9	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3
Matalin leikkaussalissa	36,0	0,7	36,0	0,8	36,2	0,3	36,1	0,4	35,9	0,4	35,9	0,5
Heräämön saavuttaessa	36,2	0,6	36,3	0,9	36,5	0,4	36,7	0,3	36,1	0,3	36,1	0,4
Tunnin päästä heräämössä	36,4	0,8	36,4	0,9	36,7	0,4	36,8	0,3	36,4	0,3	36,4	0,3
<b>Lämpötila °C</b>												
Odotustila	–		–		23,0	0,4	23,1	0,4	23,3	0,7	23,3	0,7
Leikkaussali	21,4	0,4	21,3	0,4	21,9	1,0	21,8	0,9	18,9 <sup>#</sup>	0,8	19,2 <sup>#</sup>	0,7

ZHF, zero heat flux -mittari; <sup>1</sup>infrapuna-tyrkyalvomittari; <sup>#</sup> tilastollisesti merkitsevä ero,  $p = 0,011$

tein vertailevan tutkimuksen kahdesta kajoamattomasta ydinlämpömittarista: zero heat flux (ZHF) -mittarista ja double sensor (DS) -mittarista. Tämän tutkimuksen tavoite oli selvittää, onko otsan puolella vaikutusta lämpötila-arvoon sekä arvioida mittareiden lämpötila-arvojen yhteneväisyyttä.

### Aineisto ja menetelmät

Osatyöt I-III lämmitysmenetelmistä olivat satunnaistettuja, kontrolloituja tutkimuksia, joihin kuhunkin keräsin oman aineiston. Haalaria (T-Balance®) tutkin nukutetuilla potilailla (I, II) ja aktiivipeitettä (EasyWarm®) spinaali-puudutetuilla potilailla (III). Primaari päätemuuttuja oli ydinlämpötilojen ero leikkaussalissa (I) tai ydinlämpötilojen ero heräämön saavuttaessa (II, III). Toissijaisia muuttujia olivat muutokset perifeerisissä iholämpötiloissa sekä lämmitysmenetelmän käytettävyys ja hinta. Mikäli potilaan ydinlämpötila laski < 35,0 °C (I) tai < 36,0 °C (II, III), lämmitystä tehostettiin.

Osatyössä I satunnaistettiin 100 robottiavusteiseen radikaaliin prostatektomiaan tulevaa miestä 1:1 joko haalari- tai sairaalavaateryhmään.

Anestesia ja toimenpiteen aikainen lämmitys eivät eronneet ryhmien välillä. Ydinlämpötila mitattiin ruokatorvesta.

Osatyö II oli kliininen laitetutkimus. Tutkimukseen rekrytoitiin 40 rintasyöpäleikkauksen tulevaa naista, jotka satunnaistettiin 1:1 joko haalari- tai sairaalavaateryhmään. Leikkauksen aikana haalarin lahkeisiin puhallettiin 38 °C:sta ilmaa. Sairaalavaateryhmän potilaita lämmitettiin alavartalolle asetettavalla lämpöpuhallinpeitolla 38 °C:lla ja lämpöpatjalla 39 °C:lla. Anestesia ei eronnut ryhmien välillä. Ydinlämpötila mitattiin ZHF-mittarilla. Perifeerisiä iholämpötiloja mitattiin olkavarresta, rintakehästä, reidestä ja säärestä (9).

Osatyöhön III rekrytoitiin 150 potilasta, joille tehtiin polven tekonivelleikkaus. Potilaat satunnaistettiin 1:1 saamaan joko aktiivipeite tai lämpöpuhallinpeite. Potilaita esilämmitettiin 30 minuutin ajan ennen spinaali-puudutuksen laittoa. Leikkaussalissa lämmitys jatkui ryhmän mukaisella peitolla. Ydinlämpötila mitattiin ZHF-mittarilla. Perifeerisiä iholämpötiloja mitattiin neljästä kohtaa (9).

Osatyö IV oli etenevä, havainnoiva metodityö, jossa vertailtiin keskenään ZHF-mittaria (3M™BairHugger™) ja DS-mittaria (Dräger Tcore™). Tutkimustiedot kerättiin 60 potilaalta, jotka oli rekrytoitu osatyöhön III. Potilaat saivat samanaikaisesti molemmille puolille otsaa joko kaksi ZHF-mittaria tai ZHF- ja DS-mittarin, 30 potilasta kummassakin ryhmässä.

### Tulokset

Primaarissa päätemuuttujassa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä missään osatyössä. Riippumatta lämmitysmenetelmästä potilaiden ydinlämpötila laski ensin leikkaussalissa, mutta nousi toimenpiteen loppua kohden, ja nousu jatkui heräämössä. Perioperatiiviset ydinlämpötilan muutokset on esitetty taulukossa 1.

Intraoperatiivisen hypotermian (< 36,0 °C) ilmaantuvuus vaihteli osatyössä, mutta hypotermian aste oli lievää. Osatyössä I jäähtyi reilu kolmasosa potilaista kummassakin ryhmässä. Osatyössä II haalariryhmässä yksi potilas jäähtyi (5 %) ja sairaalavaateryhmässä kuusi potilasta (32 %), >>



Vasemmalta: kustos, professori Arvi Yli-Hankala, väittelijä Sirkka-Liisa Lauronen ja vastaväittäjä, dosentti, professori h.c. Markku Salmenperä. Kuva Juha Huusari, 2022.

$p = 0,04$ . Osatyössä III hypotermian ilmaantuvuus oli suurinta eikä siinä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä; aktiivipeitteen ryhmässä potilaista jäähtyi 61 % ja lämpöpuhallinpeitteen ryhmässä 49 %.

Puolen tunnin esilämmitys (III) aktiivipeitteellä oli tehokasta, mutta vielä tehokkaampaa se oli lämpöpuhallinpeitteellä. Leikkaussalissa lämpöpuhallinpeite (43 °C) nosti hypotermisten potilaiden ydinlämpötilaa (II, III). Aktiivisen lämmityksen haittavaikutuksena osa potilaista koki sekä esilämmityksen että leikkauksen aikaisen lämmityksen liian kuumana peitteestä riippumatta (III), ja lisäksi kaksi haalariryhmän potilasta hikoili (II). Palovammoja ei todettu.

Molemmipuoliset ZHF-mittarit antoivat lähes identtiset lämpötila-arvot. DS-mittari antoi pääsääntöisesti matalamman lämpötila-arvon kuin ZHF-mittari. Lämpötilaero ZHF- ja DS-mittareiden välillä kasvoi ydinlämpötilan laskiessa.

### Pohdinta

Tulosten perusteella haalarin käyttö sairaalavaatteiden sijaan ei tuo lisähyötyä potilaan jäähtymisen

ehkäisyyn tilanteessa, jossa potilaita aktiivisesti lämmitetään leikkauksen aikana. Sen sijaan lämpimän ilman puhaltaminen haalarin sisään vähensi potilaiden hypotermian ilmaantuvuutta verrattuna potilaisiin, joita lämmitettiin kaupallisella alavartalo-lämpöpuhallinpeitteellä ja lämpöpatjalla. Kuitenkin haalarin eristämiskyky aiheutti kahden potilaan hikoilun ja vaikeutti potilaiden lämpenemistä, kun heitä lämmitettiin lämpöpuhallinpeittellä, mikä on havaittu aiemmassakin tutkimuksessa (10).

Tehokkaasta esilämmityksestä huolimatta hypotermian ilmaantuvuus oli leikkaussalissa suurta, mihin myötävaikutti pitkähkö tauko esilämmityksen ja intraoperatiivisen lämmityksen välissä (11) sekä kylmä leikkaussali (12). Lämpöpuhallinpeite korkeimmalla asetetulla lämpötilalla pystyi palauttamaan osan hypotermisistä potilaista takaisin normotermiseksi jo toimenpiteen aikana.

Aiempiä tutkimuksia, joissa olisi vertailtu keskenään kahta ZHF-mittaria tai ZHF- ja DS-mittaria ei ole julkaistu. Tutkimukseni mukaan

### Mikään käytetyistä menetelmistä ei kyennyt täysin estämään tahatonta jäähtymistä

otsan puoli ei vaikuta ZHF-mittarin lämpötilalukemaan, ja kertakäyttöisten ZHF-sensoreiden yhtäpitävyyden vaikuttaa hyvältä. Siihen tutkimukseni ei kuitenkaan anna vastausta, kumpi mittareista, ZHF vai DS, näyttää todellista ydinlämpötilaa, sillä vertailu perinteiseen lämpömittariin puuttui.

Ekologisessa ja taloudellisessa mielessä paras vaihtoehto olisi, jos leikkauspotilaan perioperatiivinen lämmitys hoituisi yhdellä ainoalla peitteellä. Mikään tutkimuksessani käytetyistä menetelmistä ei kyennyt täysin estämään leikkauspotilaan tahatonta jäähtymistä. Vaikka haalarilla ja aktiivipeitteellä on etuja, lämpöpuhallinpeite osoittautui kokonaisuudessaan

parhaaksi lämmitysmenetelmäksi. Puhallinpeitteen hyvä lämmitysteho sekä lämpötilan säätelymahdollisuus ja alhaisemmat käyttökustannukset puoltavat sen käyttöä.

Lopuksi tuoreen tutkimuksen mukaan leikkauspotilaan ydinlämpötilaksi riittänee vähintään 35,5 °C (13). Koska hypotermian aste oli kaikissa väitöskirjani osatyöissä hyvin lievä, voidaan ajatella, että haalarin ja aktiivipeitteen teho riittäisi säilyttämään valikoiduilla potilailla yli 35,5 °C lämpötilan. Tämän osoittamiseksi tarvitaan kuitenkin tutkimuksia. ■

### Viitteet

1. National Institute for Health and Clinical Excellence, (NICE). Clinical Guideline CG65: The management of inadvertent perioperative hypothermia in adults having surgery. <https://www.nice.org.uk/guidance/cg65>, haettu syyskuu 2017.
2. Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. *The Lancet* 2016; 387(10038): 2655–64.
3. Rajagopalan S, Mascha E, Na J, Sessler DI. The Effects of Mild Perioperative Hypothermia on Blood Loss and Transfusion Requirement. *Anesthesiology* 2008; 108(1): 71–7.
4. Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R. Perioperative Normothermia to Reduce the Incidence of Surgical-Wound Infection and Shorten Hospitalization. *NEJM* 1996; 334(19): 1209–15.
5. Leslie K, Sessler DI, Björkstén AR, Moayeri A. Mild Hypothermia Alters Propofol Pharmacokinetics and Increases the Duration of Action of Atracurium. *Anesth Analg* 1995; 80(5): 1007–14.
6. Frank SM, Fleisher LA, Breslow MJ ym. Perioperative Maintenance of Normothermia Reduces the Incidence of Morbid Cardiac Events: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 1997; 277(14): 1127–34.
7. Lenhardt R, Marker E, Goll V ym. Mild Intraoperative Hypothermia Prolongs Postanesthetic Recovery. *Anesthesiology* 1997; 87(6): 1318–23.
8. Alfonsi P, Bekka S, Aegerter P. Prevalence of hypothermia on admission to recovery room remains high despite a large use of forced-air warming devices: Findings of a non-randomized observational multicenter and pragmatic study on perioperative hypothermia prevalence in France. *PLoS one* 2019; 14(12): e0226038.
9. Ramanathan NL. A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *J Appl Physiol* 1964; 19(3): 531–3.
10. Brodshaug I, Tettum B, Raeder J. Thermal Suit or Forced Air Warming in Prevention of Perioperative Hypothermia: A Randomized Controlled Trial. *J Perianesth Nurs* 2019; 34(5): 1006–15.
11. Grote R, Wetz A, Bräuer A, Menzel M. Short interruptions between prewarming and intraoperative warming are associated with low intraoperative hypothermia rates. *Acta Anaesthesiol Scand* 2019; 64(4): 489–93.
12. Yi J, Lei Y, Xu S ym. Intraoperative hypothermia and its clinical outcomes in patients undergoing general anesthesia: National study in China. *PLoS one* 2017; 12(6): e0177221.
13. Sessler DI, Pei L, Li K ym. Aggressive intraoperative warming versus routine thermal management during non-cardiac surgery (PRO-TECT): a multicentre, parallel group, superiority trial. *The Lancet* 2022; 399(10337): 1799–808.