Hanna Visuri
LL, erikoistuva lääkäri
Anestesiologia ja tehohoito, Tampereen yliopisto
Tays, Anestesiatoiminta
hanna.visuri@pirha.fi

Potilaan lämpötilan kontrollointi leikkaussalissa

Anestesiamenetelmät muodosta riippumatta aiheuttavat potilaalle jonkinasteisia lämmönsäätelyhäiriöitä. Näiden mekanismit ovat osin tuntemattomia. Hypotermia anestesian yhteydessä on yleinen ja paljon tutkittu aihe, kun taas hypertermia leikkaussalissa on harvinainen mutta potilaalle vaarallinen ilmiö.

Lämpötila on tärkeä muuttuja ihmisen fysiologiaan, terveyteen ja sairauteen liittyen. Ympäristön lämpötilalla on yhteys kuolleisuuteen myös Suomessa (1), ja lämpösairauksista on julkaistu viime vuosina paljon tutkimusta. NICE (National Institute for Health and Care Excellence) suosittelee lämpötilan mittausta kaikilta leikkauspotilailta (2), tällä pyritään normotermian ylläpitämiseen ja hypo- ja hypertermian haittojen ehkäisyyn. Tahaton hypotermia anestesian yhteydessä on yleinen ja paljon tutkittu aihe. Hypertermiaa tavataan leikkaussalissa harvoin, mutta ilmiö on vaarallinen.

Perinteisesti tutkimuskirjallisuudessa ja oppikirjoissa hypotermiaan liitetään paljon haittoja, kuten koagulopatia ja verenvuototaipumuksen lisääntyminen, leikkaushaavan infektiot ja lisääntynyt sydäninfarktin riski. Toisaalta hallitun hypotermian vaikutuksista haetaan hyötyjä esimerkiksi sydänkirurgiassa kudosten hapentarpeen vähentämiseksi ja aivojen suojaamiseksi. Uuden tutkimustiedon valossa näyttää siltä, että lievään hypotermiaan liitetyt haitat ovat aikaisemmassa tutkimuksessa mahdollisesti ylikorostuneet (3).

Ihmisen lämmönsäätelyn selittämiseksi riittävän yksinkertaisella tavalla on luotu malli ydinlämpötilasta ja perifeerisestä lämpötilasta. Ydinlämpötilalla tarkoitetaan ihmisen keskeisten, hyvin perfusoitujen osien (aivot, rinta- ja vatsaontelon sisäosat) lämpötilaa, jota keho säätelee tarkoin. Perifeerisellä lämpötilalla tarkoitetaan ihon ja ihonalaiskudoksen lämpötilaa lähinnä raajojen alueella. Ytimen ja periferian välillä vallitsee tavallisesti 2–4 asteen lämpötilaero, jota elimistö voi hankalissa olosuhteissa lisätä. Kuumissa olosuhteissa ytimen ja periferian välillä ei välttämättä ole lämpötilaeroa. (4, 5) Yksiselitteisiä lämpötilarajoja hypo- tai hypertermialle ei ole määritelty, vaan käsitteen määrittely riippuu kontekstista, ja lämpömittarin valinta vaikuttaa mittaustuloksiin.

Lämpötilan mittaamisesta

Ydinlämpötilan mittaustuloksissa sallitaan yleisesti +/- 0.5 asteen virhemarginaali, mihin perustuen riittävän tarkkoja mittareita ovat keuhkovaltimokatetri, ruokatorvilämpömittari, virtsarakkolämpömittari sekä otsan kautta ydinlämpötilaa mittaava Zero Heat Flux (ZHF) -mittari. Myös peräsuolilämpömittari lisättiin listalle uutena 2016. Potilaan lämpötilan mittaaminen onnistuu myös kielen alta tai kainalosta etenkin, jos potilas on normoterminen. Epäsuoria menetelmiä ydinlämpötilan mittaamiseksi (esimerkiksi infrapunalämpömittaus korvakäytävästä, otsalta tai ohimolta) ei suositella leikkaussalikäyttöön. Ohjeistusten mukaan lämpö tulee mitata ennen leikkausta, leikkauksen aikana vähintään 30 minuutin välein, ja seurantaa

>>

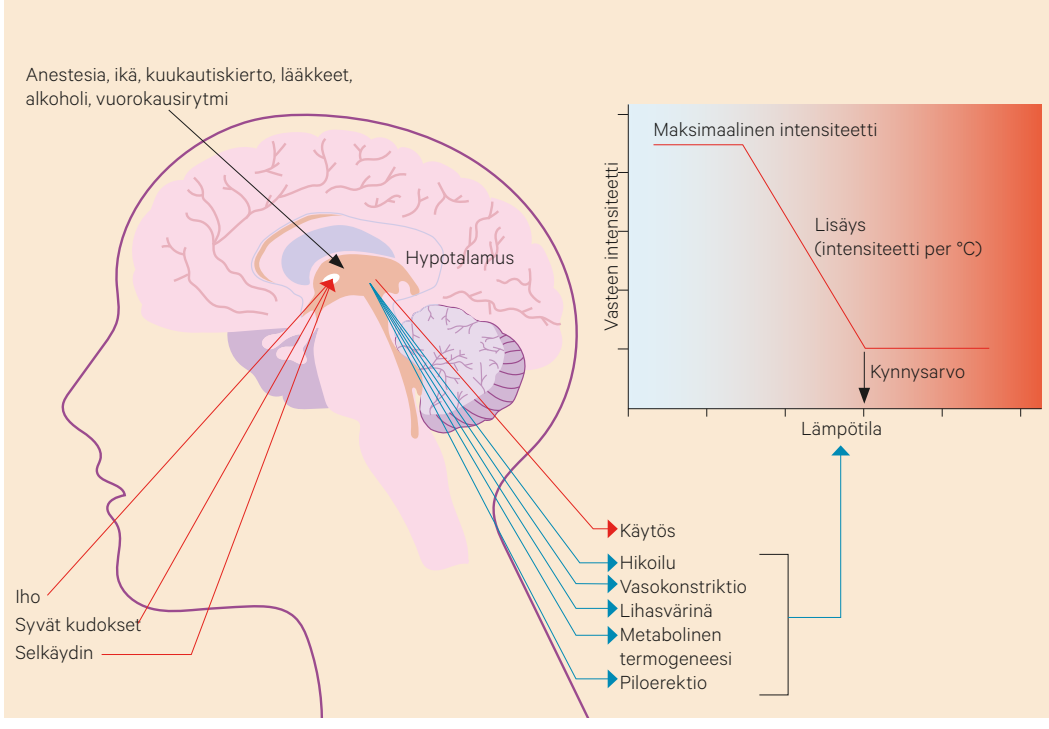
tulee jatkaa 24 tuntiin asti. Elektiivistä leikkausta ei tule aloittaa, jos potilaan ydinlämpö on alle 36 astetta. (2, 6)

Keuhkovaltimokatetri lienee tarkin ydinlämpötilan mittari, mutta invasiivisuutensa vuoksi se on harvoin käytössä. Ruokatorvimittari katsotaan myös lämmönmittauksen kultaiseksi standardiksi ja on hyvä vaihtoehto intuboidulle potilaalle. Mittarin pään tulisi sijaita ruokatorven alakolmanneksessa th 8–9 -tasolla, jotta ventilaatiokaasut eivät häiritsisi mittaustulosta. Tähystys- tai näkökontrollissa asetetut nenä- ja suunielumittarit korreloivat hyvin ruokatorvimittarin kanssa, mutta nenäontelosta lämpötilaa ei saada mitattua luotettavasti. Käytännön elämässä taipuisan mittarin saaminen juuri oikeaan paikkaan voi olla haastavampaa. Nenänielumittaria käytetään yleisesti myös sydänkirurgiassa. (6–10).

Otsalle asetettava, 1–2 cm syvyydestä lämpöä mittaava Zero Heat Flux (mm. SpotOn) on usein käytetty ja tarkkuudeltaan riittävä mittari. Eräässä tutkimuksessa 92% mittauksista sijoittui +/- 0.5 asteen rajoihin keuhkovaltimokatetrista (11). Ohimovaltimon päälle asetettava temple touch pro -mittari ei yltäne vastaavaan tarkkuuteen. (6)

Erityisesti katetroidulle potilaalle rakkolämpötilamittari voi olla hyvä vaihtoehto, mutta peräsuolilämmön tavoin se on muita menetelmiä hitaampi reagoimaan lämpötilan muutoksiin veressä. Lisäksi luotettavan tuloksen saaminen edellyttää riittävää virtsaneritystä. Lapsilla rakko- ja peräsuolilämpötilan mittaus saattaa antaa luotettavampia tuloksia kuin aikuisilla. (6)

Täysin vakiintunutta käytäntöä ydinlämpötilan mittaamiseksi ei ole, ja jokaisessa mittarissa on hyvät ja huonot puolensa. Täydelliseltä mittarilta toivottaisiin tarkkuutta (keuhkovaltimokatetri), noninvasiivisuutta (ZHF), lämpötilan jatkuvaa mittausta (moni menetelmä) sekä luonnollisesti edullisuutta ja helppoutta. Toisaalta on hyvä muistaa koko ydinlämpötilan käsitteen olevan yliyksinkertaistus elimistön dynaamisista olosuhteista, ja siksi invasiivistenkin mittareiden tulokset eroavat toisistaan. Parhaiten tilanteeseen sopivan mittarin valinta riippuu käyttötarkoituksesta, koska potilaan fysiologiaan ja sitä kautta lämpötilan hallintaan vaikuttavat esimerkiksi ul-



Kuva 1. Hypotalamuksen preoptinen alue kerää tietoa periferian lämpötilasta ihon perifeeristen lämpöreseptoreiden kautta. Syvien kudosten termoreseptorit välittävät tietoa ydinlämpötilasta. Efferentit signaalit muuttavat käyttäytymistä ja autonomisen hermoston vasteita, joista oleellisimmat ovat hikoilu, vasokonstriktio, lihasvärinä ja metabolinen termogeneesi. Mukailtu artikkelista Sessler 2016 (4).

koinen lämpötila, lämpötilan muutos, potilaan ikä ja hoidon tarpeen kiireellisyys. (8, 11, 12, 13)

Lämmönsäätelyn fysiologiaa

Ihminen on tasalämpöinen nisäkäs, jonka ydinlämpötilan säätely tapahtuu muutaman asteen kymmenesosan tarkkuudella. Hypotalamuksen lämmönsäätelykeskusta verrataan usein termostaattiin, joka seuraa ydinlämpötilaa jatkuvasti, ja pyrkii pitämään sen halutulla tasolla. Vuorokaudenajalla, kuukautiskierron tai raskauden vaiheella, lääkkeillä, päihteillä ja anestesia-aineilla on itsenäinen vaikutuksensa ydinlämpötilan tavoitetasoon.

Lämmönsäätelykeskus kerää afferenttia tietoa ihon ja syvien kudosten reseptoreista, joiden viestit välittyvät pääosin selkäytimen anteriorista radastoa pitkin. Iholla lämpötilaa aistivat mm. TRPV1–4 lämpöreseptorit ja TRMP8, TRPA1-kylmäreseptorit. Noradrenaliini on keskeinen välittäjäaine fysiologisen kylmäaltistuksen aiheuttamassa vasokonstriktiossa. Periferian lämpö vaihtelee ulkoisen lämpötilan ja lämmönsäätelykeskuksen välittämien viestien perusteella, ja perifeeriset kudokset toimivat eristeen tavoin ydinlämpötilan ja ulkoisen lämpötilan välillä. (4, 13, 14)

Kehon optimaalisesta lämpötilasta on käyty tieteellistä keskustelua viime vuosina. Nykykäsityksen mukaan ihmiskeholle ihanteellinen lämpötila on 36.5–37.5 astetta. Kirjallisuudessa on pohdittu tämän lämpötilan edustavan parasta kompromissia siitä, miten mahdollisimman vähäisellä energiantarpeella tuotetaan riittävä lämpötila pitämään suuri osa taudinaiheuttajista loitolla. (4, 13)

Hereillä olevan ihmisen tehokkain tapa reagoida lämpötilan muutokseen liittyy käyttäytymiseen: vaatteiden poistaminen tai lisääminen, liikkuminen, suojaan hakeutuminen jne. Käyttäytymisvasteeseen vaikuttavat lähinnä perifeerisen lämpötilan muutokset, jotka välittyvät kylmä- ja lämpöreseptoreiden kautta. Tahdosta riippumattomia vasteita ovat hikoilu, perifeerinen vasokonstriktio tai vasodilataatio ja lihasvärinä. Myös ruskean rasvan kautta syntyvä metabolinen termogeneesi näyttelee roolia kehon lämmittämisessä erityisesti vastasyntyneillä. Nämä mekanismit välittyvät autonomisesti efferenttien mekanismien kautta, joissa kohde-eliminä ovat poikkijuovainen lihas (värinä), pintaverisuonet (vasokonstriktio) ja ruskea rasva (termogeneesi). Lämmönsäätelymekanismeilla on omat kynnysarvonsa, ja normaali lämpötila asettuu välille, jonka yläpuolella on hikoilun ja vasodilataation kynnysarvo ja alapuolella taas vasokonstriktion kynnysarvo. (4, 13)

Keho suojaa itseään hypotermialta perifeeristen suonten vasokonstriktiolla, ja näin aikaansaatu AV-shuntti voi vähentää periferiassa kiertävän veren määrän lähelle nollaa. Vastaavasti liian lämpimässä ympäristössä verisuonet laajenevat, ja hikoilu käynnistyy. (4, 13)

Lihasvärinän rooli lämpötilanhallinnassa on kaksijakoinen: lihasvärinällä metabolinen lämmöntuotto saadaan moninkertaistettua joidenkin tuntien ajaksi ennen väsymistä, mutta lihasvärinän aikaansaaminen edellyttää aktiivista verenkiertoa periferiaan, mikä pahentaa lämmönhukkaa. Kynnyslämpötila lihasvärinän

>>

Kuva 2. Lämpimään hakeutuminen on tehokas tapa välttää hypotermiaa. Kuva Hanna Visuri, 2025.

aloitukseen on alle 36 astetta, eli värinä alkaa vasta hypotermian jo kehityttyä. (4, 14) Hypotermia selittää osan yleisanestesian tai sentraalisten puudutusten jälkeisestä lihasvärinästä, jota kuitenkin havaitaan myös ilman hypotermiaa (15). Raskaana olevilla potilailla epiduraali- ja spinaalipuudutusten yhteydessä ilmenevä lihasvärinän mekanismi on huonosti tunnettu. Joka tapauksessa lihasvärinä on potilaalle epämiellyttävä ilmiö, jonka yhteydessä mahdollisen hypotermian hoito on huomioitava (15, 16).

Lämmönsäätelymekanismit ovat hyvin käytössä jopa ennenaikaisilla vastasyntyneillä, joilla lämmönsäätelyn haasteet liittyvät pitkälti kehon suureen pinta-alaan suhteessa sen massaan. Vanhuksilla autonomisen hermoston vasteet ovat usein heikentyneet, ja ikääntymisen ajatellaan altistavan hypotermialle usealla eri mekanismilla (4, 14). Lämpötilan säätelyä voivat häiritä mihin tahansa osaan lämmönsäätelyjärjestelmää vaikuttavat sairaudet tai lääkitykset. Hypotermialle tyypillisesti altistavia sairauksia ovat esimerkiksi kilpirauhasen vajaatoiminta, aliravitsemus ja alkoholismi. Keskushermoston vammat ja sairaudet aiheuttavat lämmönsäätelyn häiriintymistä, jolle voi altistaa myös perifeerinen neuropatia. Hypotermialle altistavat alkoholin lisäksi opiaatit ja muut sedatiivisesti vaikuttavat lääkeaineet. Yleisesti käytetyistä lääkkeistä esimerkiksi SSRI-lääkkeet, antikolinergit ja diureetit vähentävät hikoilua ja lisäävät alttiutta hypertermialle. (8)

Hypertermia

Hypertermialla tarkoitetaan elimistön lämpötilan nousua normaalia korkeammaksi. Hypertermia on leikkaussalissa harvinainen, mutta potilaalle vaarallinen ilmiö. Aivoissa palautumaton neuronituho alkaa 40 asteen ydinlämpötilan ylittyessä. Riittämätön lämpötilan kontrollointi on yhdistetty lisääntyneeseen kuolleisuuteen malignissa hypertermiassa (17).

Malignin hypertermian lisäksi hypertermiaa aiheuttavia vaarallisia ilmiöitä ovat mm. stimulanttien päihdekäyttöön liittyvä hypertermia, maligni neuroleptisyndrooma ja serotoniinioireyhtymä (8).

Kuume on hypertermian alalaji, jossa elimistön puolustusjärjestelmä säätelee reaktion voimakkuutta. Kuumeen nousuun liittyy pyrogeeniaktivaatio, joka vaikuttaa joko humoraalisesti tai neuraalisesti lämmönsäätelykeskukseen niin, että tavoiteltu ydinlämpötila-arvo nousee. Kuumevasteeseen liittyy useita mekanismeja, joista kaikki eivät ole prostaglandiinivälitteisiä. (13) Anestesia-aineet heikentävät elimistön kuumevastetta, ja siksi kuume nousee herkemmin vasta nukutuksen jälkeen. (4)

Anestesiamenetelmien vaikutus lämmonsäätelyyn

Yleisesti voidaan sanoa, että sekä yleisanestesia että neuraksiaalinen anestesia (spinaali- tai epiduraalipuudutus) laskevat kehon lämpötilaa ja altistavat potilaan hypotermialle. Lisäksi moni leikkaustilanteessa yleinen ilmiö, kuten leikkaussalien viileä lämpötila, leikkausta edeltävä paasto ja potentiaalisesti laajat pesu- ja leikkauspinta-alat lisäävät jäähtymistä. Mekanismit, joilla anestesiamenetelmät aiheuttavat lämmönsäätelyn häiriintymisen, ovat osin vielä tuntemattomia. (4)

Yleisanestesian aloitus aiheuttaa perifeerisen vasodilataation, jonka myötä lämpö siirtyy ytimestä kohti periferiaa (ns. redistribuutiohypotermia). Periferiasta lämpö karkaa edelleen herkästi ympäristöön. Ilmiö johtuu sekä anesteettien aiheuttamasta perifeerisesta vasodilataatiosta että hypotalamuksen säätelyn alasajosta. Näiden myötä jäähtymisen aiheuttama vasokonstriktio aktivoituu normaalia myöhemmin. Lämmöntuotannon lasku vähentyneen metabolian vuoksi kiihdyttää viilenemistä. Anestesian alaisuudessa käyttäytymiseen liittyvät lämmönsäätelymekanismit eivät ole käytössä, ja lihasvärinäkin aktivoituu normaalia myöhemmin. Hikoiluun anestesialla ei juuri ole vaikutusta. Ydinlämpötilan lasku on kuvattu propofolilla, useilla kaasuanesteeteilla ja remimatsolaamilla (4, 18). Ketamiini vaikuttaisi aiheuttavan propofolia vähemmän ydinlämpötilan laskua (19).

Lämmön uudelleen jakautumisen takia ydinlämpötilan lasku tapahtuu ensimmäisen tunnin aikana nopeasti, sitten hitaammin (4). Tasapainotila, jossa lämmöntuoton ja -hukan määrä vastaavat toisiaan, löytyy yleensä muutaman tunnin kuluessa, kun potilas on jäähtynyt keskimäärin 34.5 asteeseen (5, 20). Toimenpiteen pitkä kesto on kuitenkin yhdistetty lisääntyneeseen hypotermiariskiin (18). Myös toimenpidesedaatio altistaa hypotermialle, mutta sedaatiossa ajatellaan elimistön omien lämmönsäätelymekanismien toimivan yleisanestesiaa paremmin. Anesteettien aiheuttama lämpötilan säätelyhäiriö on annoksesta riippuvainen. (4, 21)

Spinaali- ja epiduraalipuudutus estävät yleisanestesiaa vastaavasti lämpötilaan liittyvien viestien kulun puudutetulla alueella. Tuntoaistimuksen laskiessa tai puuttuessa kylmänsieto paranee, ja vasokonstriktio ja lihasvärinä aktivoituvat vasta hypotermian syventyessä. Aktivoituessaankin kyseiset mekanismit toimivat normaalia tehottomammin. (4) Mitä suurempi määrä dermatomeja puudutetaan spinaalipuudutuksella, sitä myöhemmin hypotermiassa lihasvärinä aktivoituu (22). Kombinaatioanestesiassa (esimerkiksi epiduraalipuudutus + yleisanestesia) menetelmien vaikutus vasokonstriktion kynnysarvoon on kasautuva, ja näin ollen potilas on erityisen suuressa hypotermiariskissä (4,2).

Pleksuspuudutuksen vaikutuksesta lämmönsäätelyyn on toistaiseksi vasta vähän tutkimuksia. Yksittäisen randomoidun kontrolloidun kokeen perusteella vaikuttaisi siltä, että pleksuspuudutus propofolisedaatioon yhdistettynä aiheuttaisi yleisanestesiaa vähemmän hypotermiaa olkapään artroskopiassa. Pleksuspuudutus aiheuttaa vasodilataation vain puudutetulla alueella, ja näin ollen vaikutukset lämmönsäätelyyn ja -hukkaan ovat vähäiset. (21)

Hypotermian haitat

Hypotermialla tarkoitetaan yleisesti ydinlämpötilan laskemista alle 35 asteeseen (8). Perioperatiivisessa kontekstissa puhutaan usein tahattomasta hypotermiasta (inadvertent perioperative hypothermia, IPH) (4), jolla viitataan potilaan jäähtymiseen tarkoituksettomasti alle 36 asteen lämpötilaan.

Niin kutsuttu oppikirjatieto listaa huomattavan määrän hypotermian haittoja. Trauman yhteydessä havaittu hypotermia yhdistyy lisääntyneeseen mortaliteettiin. Traumapotilaan ns. kuoleman kolmiossa asidoosi, koagulopatia ja hypotermia pahentavat toistensa vaikutuksia ja aiheuttavat nopeasti potilaan ahdingon pahenemista. Viimeaikaisessa tutkimuksessa hypokalsemian lisäämistä yhtälöön on harkittu (ns. kuoleman timantti) (23).

Leikkauksen yhteydessä hypotermiaan on yhdistetty verenvuotoriskin ohella paljon muitakin haittoja: haavan huonompi paraneminen tai haavainfektio, pidentynyt paranemisaika, mahdollisesti myös sydäninfarktin riski ja lisääntynyt mortaliteetti (20, 24–28). Tuoreessa retrospektiivisessa tutkimuksessa on havaittu myös yhteys hypotermian ja deliriumin välillä (29).

Toisaalta voidaan argumentoida, että valtaosa näytöstä hypotermian haittojen suhteen perustuu tutkimukseen ennen 2000-lukua, ja monet tutkimuksista ovat luonteeltaan retrospektiivisia. Lisäksi kirurgiset tekniikat ovat viime vuosikymmeninä kehittyneet, ja esimerkiksi laparoskooppiset tekniikat ovat yleistyneet huomattavasti. Tuoreesta meta-analyysistä tiedetään (kuitenkin alhaisella näytön asteella), että korkea ASA-luokka ja alhainen ruumiinpaino (BMI <18.5) ovat yhteydessä hypotermiaan, ja voidaankin yleistää, että hypoterminen potilas on usein myös muilla tavoin sairas potilas (30).

Laadukas 5000 potilaan RCT-tutkimus vuodelta 2022 vertasi 37 asteen lämpötilatavoitetta 35.5 asteen lämpötilatavoitteeseen (lievä hypotermia), eikä ryhmien välille syntynyt eroa missään tutkituista haittaryhmistä (kuolleisuus, sydäninfarkti tai sydänpysähdys, haavainfektio, verituotteiden tarve tai paluu sairaalaan 30 päivän sisällä). Tutkimuksen perusteella 35.5 asteen lämpötila vaikuttaisi riittävältä tavoitteelta, ja hypotermian haittojen spekuloitiin tulevan esille vasta tätä matalammissa lämpötiloissa. (3)

Hypotermia ja verenvuoto

Oppikirjatieto liittää hypotermian ja verenvuotoriskin keskeisesti toisiinsa. Tutkimuksissa hypotermia ja verenvuoto kirurgisessa toimenpiteessä liittyvät toisiinsa, mutta kausaliteettia näiden välillä ei ole osoitettu (26). Hypotermian vaikutukset hyytymiseen ovat laaja-alaiset. Trombosyytit, trombosyyttifunktio, fibrinogeeni ja monet hyytymistekijät ovat riippuvaisia lämpötilasta. Tromboelastometrialla (ROTEM) tutkittuna hypotermia heikentää hyytymän muodostamista (31). Traumapotilaiden tromboelastografisissa tutkimuksissa havaittiin hyytymishäiriö (trombosyyttifunktion alenema ja entsyymiaktiivisuuden hidastuminen) vasta lämpötilan laskiessa alle 34 asteen (32). Hypotermialla ja antikoagulanteilla saattaa olla myös synergistisiä vaikutuksia hyytymisen estoon (33). Koska verinäytteet lämmitetään tavanomaisesti 37 asteen standardoituun lämpötilaan ennen analysointia, jää hypotermian vaikutus herkästi piiloon hoitavalta kliinikolta (24). Kuitenkin on muistettava, että potilaan elimistössä hyytymiseen vaikuttaa hyvin suuri määrä tekijöitä, eikä siksi yksittäisten laboratorionäytteiden koeputkianalyysi välttämättä kuvasta todellista hyytymistilannetta potilaan elimistössä. (26)

>>

Vuonna 2008 julkaistun, usein siteeratun meta-analyysin perusteella yhden asteen hypotermia lisäsi leikkausvuotoa noin 16 %:lla (4–26 %), mikä näkyi myös lisääntyneenä punasolutiputusten tarpeena (24). Artikkelissa käsitellyt alkuperäistutkimukset olivat lähinnä 1990-luvulta, ja monessa niistä oli laadullisia ongelmia. Myös tuoreempi meta-analyysi vuodelta 2020 liittää hypotermian ja verituotteiden tarpeen toisiinsa (34). Tarkoituksella jäähdytetyn potilaan hoidossa hypotermian (33 C) ei ole havaittu aiheuttavan lisääntyneitä vuotokomplikaatioita (27).

Potilaan lämmittäminen leikkaussalissa

NICE suosittelee tahattoman hypotermian riskinarviota preoperatiivisessa vaiheessa, ja erityistä huomiota tulisi kiinnittää seuraaviin potilasryhmiin: korkea ASA-luokka (2–5), preoperatiivinen hypotermia (<36 C), kombinoitu yleis- ja regionaalianestesia, merkittävä toimenpide ja riski kardiovaskulaarisille komplikaatioille. (2)

Erityisesti suuren riskin potilaille aloitetaan esilämmitys toimenpidettä edeltävästi, jos mahdollista. Esilämmityksen tavoitteena on 200 kJ lämpömäärän kerääminen periferiaan niin, että lämpötilaero ytimen ja periferian välillä pienenee ja redistribuutiohypotermian esiintyvyys laskee. Esilämmityksen riittävyyttä on vaikea arvioida, mutta lämpötila tulee valita niin, ettei potilas hikoile. Esilämmitys eristävillä menetelmillä ja ilmatäytteisellä peitolla (FAW, forced air warming) on tutkitusti tehokas keino vähentävää hypotermian esiintyvyyttä (35,36).

Intraoperatiivisesti potilaan jäähtymistä pyritään ehkäisemään passiivisesti (peittely ja eristys) ja aktiivisesti (ilmatäytteinen lämpöpeitto, lämpöpatja tai harvinaisemmat menetelmät, lämpimät iv-nesteet). Ilmatäytteinen lämpöpeitto ja rautapuuteria sisältävä itselämmittävä peitto ovat tavanomaisia peittelyitä tehokkaampia (37). Litra huoneenlämpöistä nestettä suonensisäisesti annosteltuna laskee potilaan lämpötilaa keskimäärin 0.25 astetta, ja nesteiden lämmitystä 37–42 asteen tavoitelämpötilaan suositellaan, jos nesteytyksen tarve on yli 500 ml (2). Nesteiden lämmityksen merkitys korostuu hypovolemiassa ja verenvuodossa. Huuhtelunesteiden lämmittäminen mahdollisesti ehkäisee potilaan jäähtymistä, mutta laparoskopiakaasun lämmittämisestä ei vaikuttaisi olevan hyötyä (2).

Kuva 3. Zero Heat Flux -mittari ja ilmatäytteinen lämpöpeitto (FAW) tositoimissa leikkaussalissa. Kuva Hanna Visuri, 2025

Yhteenveto

Uusi tutkimustieto on lisännyt epävarmuutta tahattoman hypotermian haittoihin liittyen. Selkeää näyttöön perustuvaa tietoa siitä, mitä lämpötilaa leikkauksessa tulisi kullakin potilasryhmällä tavoitella, ei ole. Kuitenkin lämpötilan mittaaminen on kannattavaa hypo- ja hypertermian havaitsemiseksi ja hoitamiseksi, ja normotermiaan tai vähintään 35.5 asteen lämpötilaan pyrkiminen lienee turvallisinta erityisesti riskipotilailla. Mittarin valintaan kannattaa kiinnittää huomiota erityisesti silloin, kun tarkan lämpötilan tietäminen on tärkeää. Nykyiset lämmitysmenetelmät ovat tehokkaita, ja esilämmitystä suositellaan käytettäväksi erityisesti riskipotilailla.

Kiitokset EL, LT Sirkka-Liisa Lauroselle kirjoitustyön ohjaamisesta. ■

Viitteet

1. Ruuhela R. Impacts of weather and climate on mortality and self-harm in Finland [väitös]. Helsinki: University of Helsinki; 2018. Saatavilla: http://hdl.handle.net/10138/258658
2. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Hypothermia: prevention and management in adults having surgery. Clinical guideline [CG65]. London: NICE; 2016 [updated from 2008]. Saatavilla: https://www.nice.org.uk/guidance/cg65
3. Sessler DI, Pei L, Li K, ym. Aggressive intraoperative warming versus routine thermal management during non-cardiac surgery (PROTECT): a multicentre, parallel group, superiority trial. Lancet. 2022;399:1799–1808.
4. Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. Lancet. 2016;387:2655–64.
5. Sessler DI. Perioperative heat balance. Anesthesiology. 2000;92(2):578–96.
6. Sessler DI. Perioperative temperature monitoring. Anesthesiology. 2021;134:111–8.
7. Engelman R, Baker RA, Likosky DS, ym. The Society of Thoracic Surgeons, The Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and The American Society of Extracorporeal Technology: clinical practice guidelines for cardiopulmonary bypass—temperature management during cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg. 2015;100(2):748–57.
8. Cheshire WP Jr. Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress. Auton Neurosci. 2016;196:91–104.
9. Wang M, Singh A, Qureshi H, Leone A, Mascha EJ, Sessler DI. Optimal depth for nasopharyngeal temperature probe positioning. Anesth Analg. 2016;122(5):1434–8.
10. Lim H, Kim B, Kim DC, Lee SK, Ko S. A comparison of the temperature difference according to the placement of a nasopharyngeal temperature probe. Korean J Anesthesiol. 2016;69(4):357–61.
11. Pedersen C, Munch P, Kjaergaard J, ym. Accuracy of a zero-heat-flux thermometer in cardiac surgery: a prospective, multicentre, method comparison study. Sci Rep. 2024;14:3169.
12. Lefrant JY, Muller L, de La Coussaye JE, ym. Temperature measurement in intensive care patients: comparison of urinary bladder, oesophageal, rectal, axillary, and inguinal methods versus pulmonary artery core method. Intensive Care Med. 2003;29:414–8.
13. Rissanen S, Mänttäri S. Mikä on normaali kehon lämpötila? Duodecim. 2021;137(2):165–72.
14. Castellani JW, Young AJ. Human physiological responses to cold exposure: acute responses and acclimatization to prolonged exposure. Auton Neurosci. 2016;196:63–74.
15. Buggy DJ, Crossley AW. Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and postanaesthetic shivering. Br J Anaesth. 2000;84(5):615–28.
16. Crowley LJ, Buggy DJ. Shivering and neuraxial anesthesia. Reg Anesth Pain Med. 2008;33(3):241–52.
17. Larach MG, Gronert GA, Allen GC, ym. Clinical presentation, treatment, and complications of malignant hyperthermia in North America from 1987 to 2006. Anesth Analg. 2010;110(2):498–507.
18. Cho SA, Lee SJ, Kwon W, ym. Effect of remimazolam on the incidence of intraoperative hypothermia compared with inhalation anesthetics in patients undergoing endoscopic nasal surgery: a prospective randomized controlled trial. Int J Med Sci. 2024;21(13):2510–7.
19. Ikeda T, Kazama T, Sessler DI, ym. Induction of anesthesia with ketamine reduces the magnitude of redistribution hypothermia. Anesth Analg. 2001;93(4):934–8.
20. Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R, ym. Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. N Engl J Med. 1996;334:1209–16.
21. Heo H, Kim YY, Lee JH, ym. Comparison of the incidence of inadvertent perioperative hypothermia between general anesthesia and interscalene brachial plexus block in shoulder arthroscopy: a randomized prospective study. Medicine (Baltimore). 2024;103(2):e36855.
22. Leslie K, Sessler DI. Reduction in the shivering threshold is proportional to spinal block height. Anesthesiology. 1996;84(6):1327–31.
23. Dupuy C, Martinez T, Duranteau O, ym. Comparison of the lethal triad and the lethal diamond in severe trauma patients: a multicenter cohort. World J Emerg Surg. 2025;20:2.
24. Rajagopalan S, Mascha E, Na J, Sessler DI. The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. Anesthesiology. 2008;108:71–7.
25. Balki I, Khan JS, Staibano P, ym. Effect of perioperative active body surface warming systems on analgesic and clinical outcomes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Anesth Analg. 2020;131(5):1430–43.
26. Kander T, Schött U. Effect of hypothermia on haemostasis and bleeding risk: a narrative review. J Int Med Res. 2019;47(8):3559–68.
27. Kander T, Ullén S, Dankiewicz J, ym. Bleeding complications after cardiac arrest and targeted temperature management: a post hoc study of the Targeted Temperature Management trial. Ther Hypothermia Temp Manag. 2019;9(3):177–83.
28. 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.
29. Ju JW, Nam K, Sohn JY, ym. Association between intraoperative body temperature and postoperative delirium: a retrospective observational study. J Clin Anesth. 2023;87:111107.
30. Tan R, Chen Y, Yang D, ym. Risk factors for postoperative hypothermia in non-cardiac surgery patients: a systematic review and meta-analysis. BMC Anesthesiol. 2025;25:223.
31. Kander T, Brokopp J, Friberg H, Schött U. Wide temperature range testing with ROTEM coagulation analyses. Ther Hypothermia Temp Manag. 2014;4(3):125–30.
32. Watts DD, Trask A, Soeken K, ym. Hypothermic coagulopathy in trauma: effect of varying levels of hypothermia on enzyme speed, platelet function, and fibrinolytic activity. J Trauma. 1998;44(5):846–54.
33. Sunnersjö L, Ymén I, Schött U, ym. Synergistic effects of rivaroxaban and hypothermia or acidosis on coagulation initiation measured with ROTEM®: a prospective observational study. Thromb J. 2024;22(1):91.
34. Balki I, Khan JS, Staibano P, ym. Effect of perioperative active body surface warming systems on analgesic and clinical outcomes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Anesth Analg. 2020;131(5):1430–43.
35. Zhang Y, Bai Y, Zhang Y, ym. Effect of aggressive warming versus routine thermal management on the incidence of perioperative hypothermia in patients undergoing thyroid surgery: a prospective, randomized, double-blind controlled trial. Ther Clin Risk Manag. 2024;20:207–16.
36. Kumar A, Mukherjee A, Sebi T. Evaluation of the efficacy of pre-operative forced-air warming in preventing the incidence of perioperative hypothermia in patients undergoing general anaesthesia: a randomised comparative prospective study. EJCM. 2024;14(4):863–9.
37. Lauronen SL, Kalliovalkama J, Aho A, ym. Self-warming blanket versus forced-air warming blanket during total knee arthroplasty under spinal anesthesia: a randomised noninferiority trial. Acta Anaesthesiol Scand. 2023;67(8):1102–9.