

Perioperative temperature management

A. Bräuer

Perioperativer Erhalt der Körpertemperatur

► **Zitierweise:** Bräuer A: Perioperativer Erhalt der Körpertemperatur. Anästh Intensivmed 2018;59:587-596. DOI: 10.19224/ai2018.587

Zertifizierte Fortbildung

CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain www.cme-anesthesiologie.de anmelden, um auf das Kursangebot zugreifen zu können.

Interessenkonflikt:

Anselm Bräuer hat in den letzten zwei Jahren Honorare für Beratung und Vorträge von der Firma 3M erhalten.

Schlüsselwörter

Perioperative Hypothermie – Entstehung – Prävention – aktive Wärmezufuhr – Infusionswärmung – Körperkerntemperatur

Keywords

Perioperative Hypothermia – Development – Prevention – Active Warming – Infusion Warming – Core Temperature

Zusammenfassung

Der perioperative Erhalt der Körpertemperatur des Patienten ist zu einem integralen Bestandteil der anästhesiologischen Versorgung geworden, da perioperative Hypothermie mit einer Vielzahl klinisch relevanter Nebenwirkungen verbunden ist. Perioperative Hypothermie entsteht im Wesentlichen durch die Wärmeumverteilung nach Narkoseeinleitung und das thermische Ungleichgewicht des Patienten im OP. Diesen pathophysiologischen Vorgängen kann mit folgenden Präventivmaßnahmen begegnet werden: 1) Reduktion der Wärmeumverteilung durch aktive Vorwärmung; 2) aktive Wärmezufuhr über die größtmögliche, ansonsten luftexponierte Hautoberfläche sobald und so lange wie möglich; 3) Einsatz von Infusionswärmung bei größeren Infusionsvolumina; 4) Messung der Körperkerntemperatur im gesamten perioperativen Zeitraum. Durch Kombination dieser Maßnahmen ist bei den meisten Patienten eine effektive Prävention der perioperativen Hypothermie möglich.

Summary

Perioperative temperature management has become an integral part of anaesthesiological care, because it is associated with several meaningful adverse events. Perioperative hypothermia mainly results from redistribution of heat after induction of anaesthesia and the thermic imbalance of the patient in the operating room. This pathophysiology suggests the following preventive measures: 1) re-

duction of heat redistribution by active prewarming of the patient; 2) active warming of the largest available body surface as soon as possible; 3) infusion warming when large amounts of fluids are used; 4) measurement of core temperature during the whole perioperative period. With combination of these procedures, perioperative hypothermia can be prevented in almost every patient.

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist der perioperative Erhalt der Körpertemperatur (KKT) des Patienten zu einem integralen Bestandteil der anästhesiologischen Versorgung geworden. Während in den frühen 1980er Jahren nur wenige Arbeiten zu diesem Thema existierten, liegt heute eine Fülle von Daten zu diesem Themenkomplex vor. Während das postoperative Kältezittern vormals als einzige relevante Nebenwirkung der weit verbreiteten perioperativen Hypothermie galt, sind inzwischen zahlreiche weitere Nebenwirkungen bekannt geworden [1].

Die klinisch relevanten Nebenwirkungen einer perioperativen Hypothermie, definiert als eine KKT <36 °C [2], können nach ihrem zeitlichen Auftreten geordnet werden. Sie können

- bereits intraoperativ zum Tragen kommen,
- in der unmittelbar postoperativen Phase einsetzen oder
- in den ersten postoperativen Tagen auftreten – wobei sich klinisch bedeutsame Effekte erst mehrere Tage

nach dem Eingriff zeigen können und dem Anästhesisten damit häufig verborgen bleiben.

Intraoperative Nebenwirkungen

Pharmakokinetik

Viele Anästhetika werden hepatisch über Cytochrom-P450-Enzyme metabolisiert und renal eliminiert. Eine perioperative Hypothermie verändert die Pharmakokinetik vieler Substanzen, weil die Aktivität dieser Enzyme temperaturabhängig ist und die Metabolisierung so ggf. verlangsamt wird [3].

Die Wirkdauer nicht-depolarisierender Muskelrelaxanzien wie Vecuronium [4], Rocuronium [5] und Atracurium [6] wird durch eine intraoperative Hypothermie klinisch relevant verlängert – wobei schon eine geringe Restwirkung von Relaxanzien die Inzidenz respiratorischer Komplikationen im Aufwachraum erhöht.

Für die unter Hypothermie beschriebenen Veränderungen der Pharmakokinetik von volatilen Anästhetika, Propofol, Benzodiazepinen und Opioiden fehlt dagegen der eindeutige Nachweis einer klinischen Relevanz.

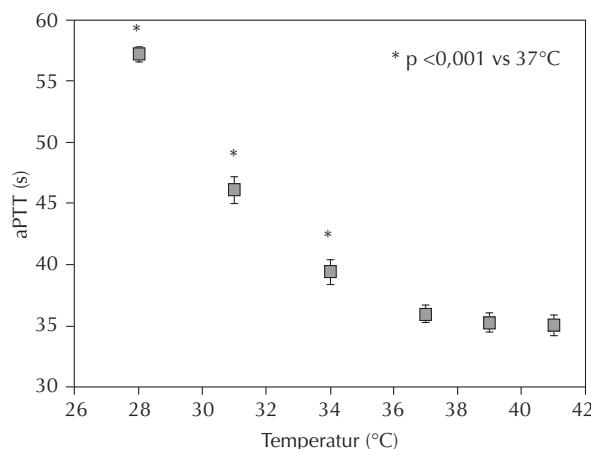
Hämostase

Ein Abfall der KKT verzögert die physiologische Hämostase, wobei die thrombozytäre Funktion [7] und die plasmatische Gerinnung [8] betroffen sind.

Die Beeinträchtigung der Hämostase (Abb. 1) ist sowohl an einer verlängerten aPTT (activated partial thromboplastin time; aktivierte partielle Thromboplastinzeit) und Prothrombinzeit [8] als auch an thrombelastometrischen Parametern [9] erkennbar.

- Der Effekt wird ab einer KKT von 34 °C deutlich (Abb. 1).
- Die kombinierte Hämostasesstörung erhöht den intraoperativen Blutverlust und den Transfusionsbedarf der Patienten [10].

Abbildung 1



Einfluss der Temperatur auf die Gerinnungszeit bei einer aPTT-Bestimmung. Nachgezeichnet nach Daten von Rohrer et al. [8]. aPTT = activated partial thromboplastin time; aktivierte partielle Thromboplastinzeit.

- Auch wenn der Effekt intraoperativ am deutlichsten ist, persistiert er – zusammen mit der Hypothermie – auch in der postoperativen Phase.

Nebenwirkungen in der unmittelbar postoperativen Phase

Kältegefühl und Kältezittern

Hypotherme Patienten klagen im Aufwachraum oder auf der Intensivstation häufig über ein intensives Kältegefühl [11], das für viele Patienten – zusammen mit Schmerz sowie Übelkeit und Erbrechen – eine der unangenehmsten Erfahrungen der postoperativen Phase ist. Für den postoperativen Schmerz sowie postoperative Übelkeit und Erbrechen ist kein Zusammenhang mit perioperativer Hypothermie gesichert.

Bereits bei moderater Senkung der KKT tritt Kältezittern auf, das neben der Wärmezufuhr ggf. eine medikamentöse Therapie mit Clonidin (Erwachsene z. B. 0,075–0,15 mg i.v.) oder Pethidin (Erwachsene 25–50 mg i.v.) erfordert. Im Gegensatz zu früheren Vermutungen ist der mit dem Kältezittern verbundene Anstieg des Sauerstoffverbrauchs um 30–40% (insbesondere bei älteren Patienten) jedoch noch überschaubar und nicht mit einer erhöhten kardialen Gefährdung verbunden [12] – die potenzielle Gefährdung kardialer Risikopatienten wird

durch andere Faktoren verursacht und weiter unten besprochen. Im Übrigen stört intensives Kältezittern die postoperative apparative Überwachung mittels EKG, Pulsoxymetrie und oszillometrischer Blutdruckmessung (Abb. 2).

Pulmonale Funktion

Hypotherme Patienten haben im Aufwachraum häufig schlechtere Sauerstoffsättigungen [13]. Als Ursache kommen die Restwirkung von Muskelrelaxanzien [14], eine hypothermiebedingte Muskelschwäche oder ein vermehrter pulmonaler Shunt in Betracht.

Aufenthaltsdauer im Aufwachraum und Verlegung auf Intensivstation

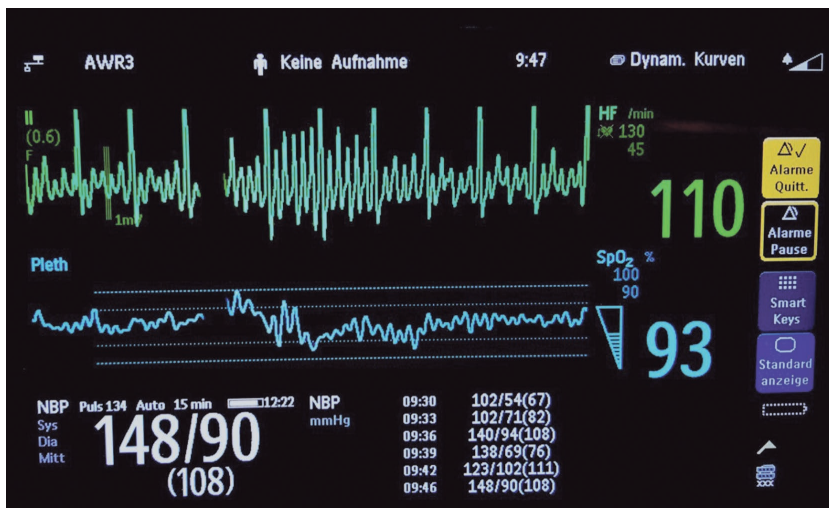
Die Aufenthaltsdauer im Aufwachraum kann durch die genannten Effekte – im Vergleich mit normothermen Patienten – teils erheblich verlängert werden [15]. Im Einzelfall müssen die Patienten analgosediert, intubiert und beatmet auf die Intensivstation verlegt werden [16].

Nebenwirkungen im Lauf der ersten postoperativen Tage

Verstärkte Katabolie

Intraoperativ ausgekühlte Patienten weisen postoperativ einen vermehrten Abbau von Muskeleiweiß auf [17,18], was u. a. die frühe Mobilisation beeinträchtigen kann.

Abbildung 2



Auswirkung des Kältezitterns auf die Überwachung eines Patienten im Aufwachraum.

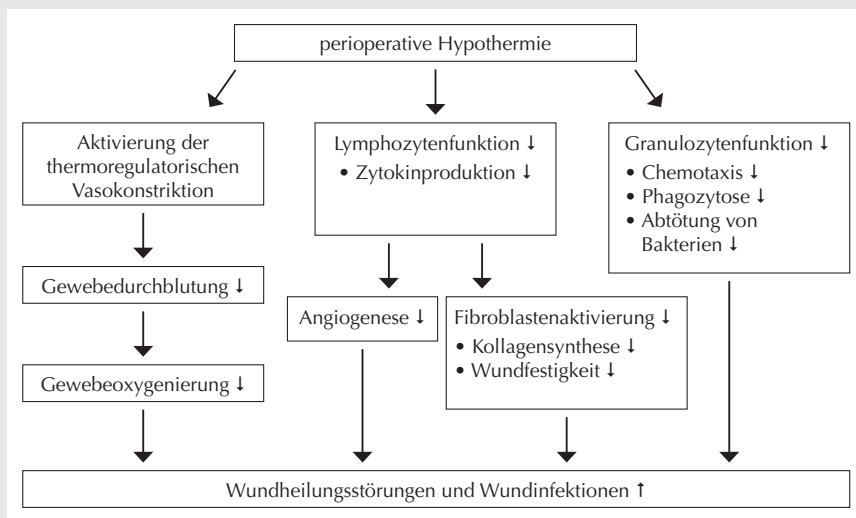
Wundheilungsstörungen und Wundinfektionen

Hypotherme Patienten leiden postoperativ vermehrt unter Wundheilungsstörungen und Wundinfektionen [19,20].

- Postoperative Wundinfektionen sind in Deutschland die häufigsten nosokomialen Infektionen. Sie sind Folge

einer komplexen Kaskade (Abb. 3), an deren Beginn die perioperative Hypothermie steht. Die Hypothermie führt spätestens nach Narkoseende zu einer thermoregulatorisch induzierten Vasokonstriktion, die über die reduzierte Durchblutung den Sauerstoffpartialdruck im Wundbereich vermindert. Diese Störung der Gewebeoxygenierung ist ein relevanter Faktor für die Entwicklung von Wundheilungsstörungen.

Abbildung 3



Pathophysiologie der Wundheilungsstörungen und Wundinfektionen bei hypothermen Patienten.

- Gleichzeitig stört die Hypothermie per se sowohl die Granulozytenfunktion [21] als auch die Lymphozytenfunktion – die damit verbundene Verminderung der Abwehrkräfte gegen bakterielle Erreger und geringere Zytokin-Freisetzung [22] erhöht das Risiko einer Wundinfektion. Zusätzlich wird die Kollagenbildung und damit die Festigkeit des Narbengewebes vermindert [19].

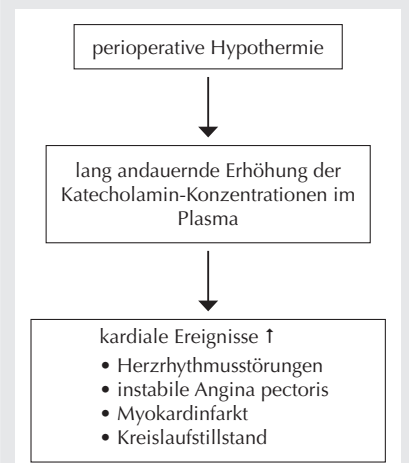
Kardiale Ereignisse

Kardiale Ereignisse (Abb. 4) zählen zu den gravierendsten Folgen der perioperativen Hypothermie. Sie treten häufig in den ersten 48–72 postoperativen Stunden auf und sind nicht mit Phasen des Kältezitterns assoziiert.

Da die Zahl der operativ zu versorgenden kardialen Risikopatienten kontinuierlich zunimmt, kommt diesem Aspekt besondere Bedeutung zu – wobei der vorsorgende Anästhesist diese Ereignisse jedoch oft nicht mehr sieht.

- Im Langzeit-EKG von kardialen Risikopatienten treten postoperativ häufig Zeichen einer Myokardischämie auf [13].

Abbildung 4



Vereinfachte Pathophysiologie der vermehrten kardialen Ereignisse bei hypothermen Patienten.

- Darüber hinaus weisen die Patienten in den ersten postoperativen Tagen häufig auch relevante Herzrhythmusstörungen und kardiale Ereignisse wie instabile Angina pectoris, Myokardinfarkt und Kreislaufstillstand auf [23].

Leitlinien zur Vermeidung von perioperativer Hypothermie

Die unerwünschten Effekte der perioperativen Hypothermie haben dazu geführt, dass in den letzten Jahren etliche nationale Leitlinien zur Vermeidung von perioperativer Hypothermie erschienen sind. Die bedeutsamsten Leitlinien in chronologischer Reihenfolge sind:

- die italienische Leitlinie aus dem Jahr 2000, die 2017 aktualisiert wurde [24];
- die Leitlinie der American Society of PeriAnesthesia Nurses (ASPAN) von 2001, die 2009 und 2010 aktualisiert worden ist [25];
- die Leitlinie des National Institute of Clinical Excellence (NICE) aus dem Jahr 2008, die 2016 aktualisiert wurde [26];
- die Leitlinie der Canadian Association of General Surgeons von 2009 [27];
- die Interdisziplinäre Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie, der Österreichischen Gesellschaft für Anästhesie, Reanimation und Intensivmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste aus dem Jahr 2014 [2] sowie
- die dänische Leitlinie aus dem Jahr 2016 [28].

Diese Leitlinien stimmen im Wesentlichen überein; etwaige Unterschiede sind meist durch nationale Besonderheiten und das Erstellungsdatum bedingt. Wichtiger als Unterschiede zwischen den Leitlinien ist jedoch die Frage, wie weit diese in der Praxis umgesetzt werden.

Inzidenz von perioperativer Hypothermie

Angesichts der großen Zahl an Leitlinien und Empfehlungen und der Tatsache, dass praktisch in jedem Krankenhaus leistungsfähige Wärme-protektionsmethoden verfügbar sind [29], sollte die Inzidenz perioperativer Hypothermie heute niedrig sein – was aber nicht zutrifft.

- Obwohl das Wissen über die perioperative Hypothermie und deren Prävention erheblich zugenommen hat, ist die Inzidenz im Vergleich mit den 1980er Jahren nicht wesentlich gesunken und liegt teilweise immer noch bei 40–70% [30,31].
- In vielen Krankenhäusern wird zwar viel Geld für die Prävention ausgegeben, es sind aber nur Teilerfolge zu sehen – daher ist zu vermuten, dass die modernen Möglichkeiten zum Wärmehalt nicht vollständig genutzt werden.

Um das volle Potenzial dieser Methoden ausschöpfen zu können, müssen die nachfolgend dargestellten pathophysiologischen Grundlagen verstanden werden.

Entstehung von perioperativer Hypothermie

Grundlagen

Der Abfall der KKT nach Einleitung einer Allgemein- oder rückenmarknahen Leitungsanästhesie erfolgt ebenso zwangsläufig wie das Einsetzen des postoperativen Schmerzes.

Ob der Abfall der KKT groß genug zur Auslösung einer perioperativen Hypothermie ist, hängt von vielen Randbedingungen ab – z. B. von der KKT vor Anästhesieeinleitung, der Invasivität und Dauer des Eingriffs oder dem intraoperativen Flüssigkeitsumsatz. Der Abfall der KKT folgt jedoch klaren und letztlich einfachen pathophysiologischen Gesetzmäßigkeiten:

- Wärme fließt immer vom Punkt der höheren Temperatur zum Punkt der niedrigeren Temperatur.
- Durch Verdunstung von Feuchtigkeit geht Wärme verloren.
- Wenn die Wärmeverluste eines Körpers größer sind als der Wärmegewinn, kühlt dieser Körper ab.

Normalzustand

Der menschliche Körper steht im Normalfall im thermischen Gleichgewicht mit der Umgebung. Die körpereigene Wärmeproduktion sorgt dafür, dass der Körperkern warm bleibt. Die Körperperipherie ist etwas kühler als der Körperkern und wird durch Kleidung so von der Umgebung isoliert, dass die Wärmeverluste begrenzt werden. Die produzierte Wärme fließt vom warmen Körperkern in die kühlere Peripherie und von dort aus in die noch kühlere Umgebung – also vom Punkt der höheren Temperatur zum Punkt der niedrigeren Temperatur. Da die Wärmeverluste mittelfristig nicht größer sind als die körpereigene Wärmeproduktion, bleibt der Körper im thermischen Gleichgewicht, wobei kurzfristige Schwankungen von Wärmeproduktion und -verlusten durch die Pufferfunktion der Körperperipherie kompensiert werden.

Situation vor Narkoseeinleitung

Vor einem operativen Eingriff laufen in vielen Kliniken insgesamt vergleichbare Prozesse ab. Der „nüchterne“ Patient legt seine normale Bekleidung ab und erhält stattdessen ein dünnes Flügelhemd. Nach Verabreichung der Prämedikation mit einem Benzodiazepin wird er in seinem Bett zum OP-Trakt gebracht und dort in den OP-Bereich eingeschleust. Dazu wird die Bettdecke entfernt, der Patient auf einen OP-Tisch gelagert, mit einer dünnen Decke oder einem Laken abgedeckt und danach zum Narkoseeinleitungsraum gebracht. Daraus ergeben sich folgende wichtige Teilaspekte:

1. Der meist schon über sechs Stunden „nüchterne“ Patient befindet sich in einer Phase relativ geringer körpereigener Energieproduktion, da der postprandial steigende Energieum-

- satz in der dritten Stunde das Maximum erreicht und nach sieben Stunden nur noch gering ist.
- Die normale schützende Bekleidung wird entfernt und durch eine schlecht isolierende Bekleidung ersetzt – bereits hier beginnt der Patient auszukühlen.
 - Der Transport zum OP-Trakt verläuft meist durch Klinikbereiche mit geringer Raumtemperatur – die Auskühlung wird verstärkt.
 - Beim Einschleusen in den OP-Trakt wird die Isolation erneut verringert und die Umgebungstemperatur ist meist niedrig – die Auskühlung insbesondere der Körperperipherie nimmt zu.
 - Das verabreichte Benzodiazepin stört die autonome Thermoregulation und das temperaturbedingte Verhalten – was die Auskühlung zusätzlich fördert.

In der Folge ist die thermoregulatorische Vasokonstriktion des Patienten mit Eintreffen im Anästhesie-Einleitungsraum bereits aktiviert und die Körperperipherie tendenziell ausgekühlt.

Die thermoregulatorische Vasokonstriktion ist ein Abwehrmechanismus des Körpers gegen einen Wärmeverlust des Körperkerns, der bei Unterschreiten einer bestimmten KKT einsetzt – diese sog. thermoregulatorische Schwelle wird bereits bei einem sehr geringen Abfall der KKT erreicht [32]. Ziel des Mechanismus ist der Erhalt einer normothermen KKT, da viele Körperfunktionen nur in diesem Temperaturbereich optimal verlaufen.

- Die thermoregulatorische Vasokonstriktion begrenzt durch Konstriktion der akralen arteriovenösen Shuntgefäße den Wärmeverlust über die Haut. Die damit verbundene Abkühlung der Haut senkt die Wärmeabgabe, weil der Temperaturgradient zwischen Haut und Umgebung abnimmt.
- Wichtiger ist jedoch, dass die Aktivierung der thermoregulatorischen Vasokonstriktion zu einer thermi-

schon Trennung von Körperperipherie und Körperkern führt – der warme Körperkern wird geschützt und nur die Körperperipherie kühlt aus.

Narkoseeinleitung und Wärmeumverteilung

Die Narkoseeinleitung mit Hypnotika und Opioiden verschiebt die thermoregulatorische Schwelle unter die bestehende KKT. Die aktivierte thermoregulatorische Vasokonstriktion erlischt, die periphere Durchblutung nimmt wieder zu und es fließt Wärme vom Körperkern in die Körperperipherie – was als Wärmeumverteilung bezeichnet wird [32].

- Die Wärmeumverteilung nach Narkoseeinleitung ist der Hauptfaktor für den Abfall der KKT in der ersten Stunde nach Narkoseeinleitung und hält mehrere Stunden an. Das Ausmaß wird hauptsächlich vom Wärmegehalt der Körperperipherie bestimmt – nach langer und deutlicher Kälteexposition mit kalter Peripherie ist die Wärmeumverteilung viel ausgeprägter als bei relativ warmer Peripherie.
- Bei rückenmarknahen Leitungsanästhesien bleibt die Wärmeumverteilung auf die untere Körperhälfte begrenzt, deren thermoregulatorische Vasokonstriktion durch die Sympathikusblockade unterbunden wird.

Wärmebilanz in OP

Auf die Phase der Wärmeumverteilung folgt bei Patienten ohne Wärmezufuhr eine Phase des linearen Abfalls der KKT.

Ursache ist die weiter fehlende thermoregulatorische Vasokonstriktion – die Wärmeverluste sind deutlich größer als der Gewinn durch die körpereigene Wärmeproduktion [32].

- Die größten Wärmeverluste entstehen an der luftexponierten Hautoberfläche; sie machen häufig mehr als 75% der Wärmeverluste aus (Abb. 5).

- Wärmeverluste über den Rücken (in Rückenlage) oder durch Verdunstung über Atemwege und Haut spielen nur eine untergeordnete Rolle; dies gilt auch für verdunstungsbedingte Wärmeverluste über die Operationswunde.
- Die Zufuhr von ungewärmten Infusionen oder Blutprodukten spielt bei hohen Flüssigkeitsumsätzen dagegen eine große Rolle [33].

Prävention der perioperativen Hypothermie

Grundlagen

Die dargestellte Pathophysiologie legt folgende Präventionsmaßnahmen nahe [2]:

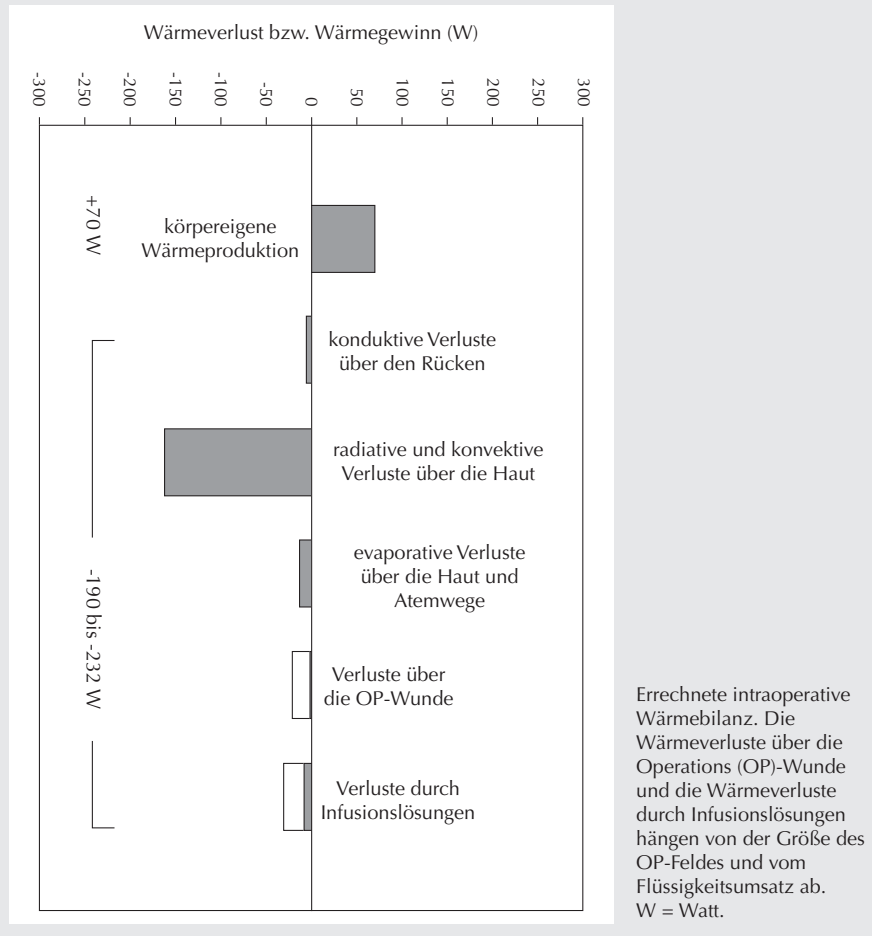
- Messung der KKT im gesamten perioperativen Zeitraum.
- Prävention bzw. Reduktion der Wärmeumverteilung durch aktive Vorwärmung.
- Aktive intraoperative Wärmezufuhr über die größtmögliche, ansonsten luftexponierte Hautoberfläche sobald und so lange wie möglich.
- Infusionswärmung bei größeren Infusionsvolumina.

Messung der KKT

Die Messung der KKT im gesamten perioperativen Zeitraum ist eine der Voraussetzungen zum perioperativen Erhalt der Körpertemperatur.

- Durch rechtzeitige Messung der KKT vor Narkoseeinleitung werden Patienten mit bereits präoperativ verminderter KKT erkannt – der Anteil an Patienten mit einer KKT $<36,0$ °C vor Narkoseeinleitung beträgt je nach Studie 1–21% [34]; die meisten Studien geben etwa 5% an [35,36]. Darüber hinaus werden auch Patienten, die mit einer KKT von $36,1$ °C noch normotherm sind, nach Narkoseeinleitung häufig hypotherm. Durch adäquate Erkennung und Vorwärmung dieser Patienten wird das Risiko der perioperativen Hypothermie reduziert.

Abbildung 5



- Während der Narkose wird durch Überwachung der KKT erkannt, ob die getroffenen prophylaktischen Maßnahmen ausreichen; ggf. wird die Wärmetherapie durch eine Infusionswärmung erweitert.
- Bei Narkoseende ist erkennbar, ob das Wärmekonzept funktioniert hat oder nicht.

Die ggf. nur stichprobenartig erhobenen Daten können zur Qualitätssicherung dienen [2] und zählen zu den Qualitätsindikatoren der Anästhesiologie [37].

Zum Messort der KKT und weiteren Aspekten liegen eindeutige Empfehlungen vor [2]:

- Die KKT soll perioperativ möglichst am selben Ort und mit derselben Methode gemessen werden; intraoperativ soll die Messung kontinuierlich oder zumindest alle 15 min

erfolgen (Expertenkonsensus). Perioperativ soll die sublinguale Temperatur gemessen werden (Empfehlungsgrad A). Alternativen sind die naso- oder oropharyngeale Temperatur (Expertenkonsensus) oder die ösophageale, vesikale und direkt tympanale Temperatur (Empfehlungsgrad A). Die Infrarot-Ohr- und axilläre Temperaturmessung sollen perioperativ nicht eingesetzt werden (Empfehlungsgrad A).

Um die Messung nicht zu verfälschen, soll grundsätzlich möglichst weit vom Operationsgebiet entfernt gemessen werden – bei Unterbaucheingriffen ist die Messung der Blasen-temperatur daher nicht sinnvoll. Die empfohlene kontinuierliche Messung am selben Messort ist aber nicht immer möglich – und während die sublinguale Messung

bei Erwachsenen prä-, intra- und postoperativ fast immer gelingt, ist dies bei kleinen Kindern oder unkooperativen Patienten oft nicht der Fall. Hier eröffnen neue Verfahren wie die Zero-Heat-Flux-Messung [38] oder die Doppel-Sensor-Technologie [39] ggf. neue Möglichkeiten. Der hohe Empfehlungsgrad für die sublinguale Messung ist wesentlich durch die gute Datenlage bedingt. Im Alltag wird die nasopharyngeale Messung jedoch viel häufiger durchgeführt [29], weil der Temperaturfühler besser zu fixieren ist; neuere Daten zeigen auch für die nasopharyngeale Messung eine sehr gute Verlässlichkeit. Die Infrarot-Messung im Gehörgang wird wegen zu großer Ungenauigkeit und schlechter Reproduzierbarkeit nicht empfohlen, obwohl sie weit verbreitet ist [29] und z. B. für unruhige Kinder im Aufwachraum das praktikabelste Verfahren darstellt.

Aktive Vorwärmung

Die aktive Vorwärmung wirkt als einziges Verfahren der ersten Phase der Hypothermieentwicklung – der Wärmeumverteilung nach Narkoseeinleitung – entgegen.

Eine effektive aktive Vorwärmung kann das thermische Ungleichgewicht vor Narkoseeinleitung verhindern. Der Wärmegehalt der Körperperipherie steigt auf normale Werte an und wird bei langer Vorwärmdauer noch darüber hinaus erhöht; auf diese Weise wird die Wärmeumverteilung aus dem Körperkern in die Peripherie nach Narkoseeinleitung reduziert, weil nur noch ein geringer Temperaturgradient zwischen Körperkern und Peripherie besteht [40]. In einer Metaanalyse [41] von 14 prospektiv-randomisierten Studien wurde gezeigt, dass die Vorwärmung die Häufigkeit von perioperativer Hypothermie effektiv reduziert. Vor allem abhängig von Verfahren [42] und Eingriff [43] wird eine perioperative Hypothermie zwar nicht bei allen Patienten sicher verhindert [44]; das Verfahren ist aber pathophysiologisch sinnvoll und bei den meisten Eingriffen effektiv.

Die aktive Vorwärmung wird in der Leitlinie zur Vermeidung von unerwünschter perioperativer Hypothermie daher explizit empfohlen [2]; dabei wurden auch die damals gültigen Empfehlungen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention des Robert Koch-Instituts [45] und damit die Vorgaben des Infektionsschutzgesetzes berücksichtigt:

- Patienten sollen vor Einleitung einer Allgemeinanästhesie für ca. 20 min (mindestens aber 10 min) aktiv gewärmt werden (Empfehlungsgrad A).
- Patienten sollen auch vor Anlage einer Epidural- oder Spinalanästhesie aktiv gewärmt werden (Empfehlungsgrad B).

Wärme kann durch Wärmeströmung (Konvektion), Wärmeleitung (Konduktion) oder Wärmestrahlung transportiert werden. Bei konvektiver Luftwärmung wird die Luft durch ein Gebläse erwärmt und über einen Schlauch in eine spezielle Decke geleitet. Im Gegensatz zu konduktiver Wärmung mittels Wärmematte ist kein intensiver Kontakt zwischen Wärmedecke und Haut erforderlich [2].

Die Vorwärmung kann auf der Normalstation, in der Wartzone oder im Einleitungsraum erfolgen (Abb. 6). Es können konvektive Luftwärmedecken, konduktive Wärmematten oder auch spezielle Wärmehemden [46] verwendet werden.

Das konkrete Vorgehen muss an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden. In Deutschland ist die Vorwärmung im Einleitungsraum am weitesten verbreitet; daneben wird auch die Vorwärmung in der Wartzone häufig genutzt, während die Vorwärmung auf Normalstation wegen des organisatorischen Aufwandes fast nicht realisiert wird [29]. Aus hygienischer Sicht können auf Normalstation oder in der Wartzone eingesetzte konvektive Luftwärmedecken oder Wärmehemden im OP weiter genutzt werden, sofern sie dort abgedeckt werden [47].

Aktive intraoperative Wärmezufuhr

Gemäß der deutschen Leitlinie [2] sollen alle Patienten mit einer Anästhesiedauer >30 min während der gesamten operativen Phase (vom Beginn der Narkoseeinleitung bis zum Ende der Narkose) aktiv gewärmt werden (Empfehlungsgrad A).

Dies empfiehlt auch die NICE-Leitlinie [26]: „Start forced air warming at induction of anaesthesia ... for all patients having anaesthesia for longer than 30 minutes“.

- Damit muss schon im Einleitungsraum eine Möglichkeit zur aktiven Wärmetherapie vorhanden sein – was wiederum die beschriebene Vorwärmung des Patienten vereinfacht.
- Eine aktive Wärmung erst nach Lagerung, Desinfektion des Operations-

feldes und Abdecken widerspricht diesem Vorgehen, verkürzt die Zeit der Wärmetherapie bedeutend und erhöht das Risiko einer perioperativen Hypothermie.

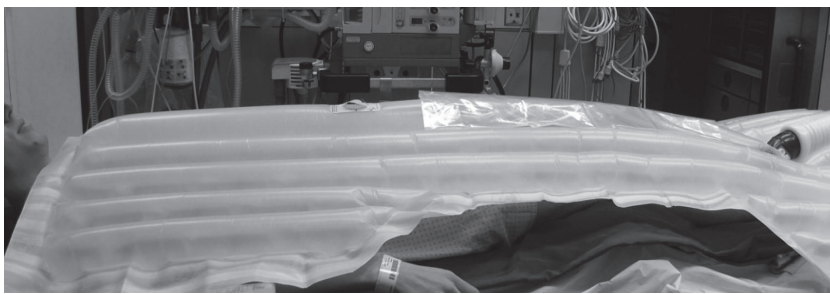
- Die Wärmedecke soll die größtmögliche luftexponierte Hautoberfläche bedecken [48]. Es gibt aber auch unter dem Patienten zu platzierende konvektive Deckensysteme, die zusammen mit der OP-Abdeckung eine Art Wärmezelt bilden, so dass auch auf diese Weise letztlich ein großer Teil der Körperoberfläche erreicht wird.
- Auch aus hygienischer Sicht spricht nichts dagegen, so frühzeitig wie möglich mit konvektiver Luftwärmung zu wärmen [48] – dies gilt auch für den Einsatz im Laminar-Air-Flow-OP [47].
- Zusätzlich zur aktiven Wärmung soll gemäß Leitlinie [2] die größtmögliche nicht aktiv gewärmte Körperoberfläche isoliert werden (Expertenkonsensus).

Infusionswärmung

Die deutsche Leitlinie [2] empfiehlt bei höheren Infusionsraten (>500 ml/h) eine ergänzende intraoperative Infusionswärmung (Expertenkonsensus).

- Die Infusionswärmung soll ergänzend zur aktiven Wärmetherapie eingesetzt werden – die Wärmeverluste über die Körperoberfläche sind fast immer größer als der negative Effekt ungewärmter Infusionen und müssen zuerst angegangen werden.
- Für die Erwärmung von Blutprodukten gilt die aktuelle Hämotherapie-Richtlinie [49], wonach das Anwärmen von Blutprodukten (auf maximal 42 °C) auf spezielle Indikationen beschränkt ist – dies sind Massivtransfusionen, Austauschtransfusionen bei Neugeborenen und Transfusionen bei Patienten mit Kälteantikörpern. Hier muss im Einzelfall entschieden werden, ob die Schwelle zur Massivtransfusion absehbar erreicht wird.

Abbildung 6



Konvektive Vorwärmung im Narkoseeinleitungsraum.

Schwierig zu wärmende Patientengruppen

Mit der konsequenten Anwendung von Vorwärmung, aktiver Wärmetherapie während der Narkose und Infusionswärmung sind die meisten Patienten normotherm zu halten. Es gibt aber Patientengruppen, bei denen die perioperative Wärmetherapie an ihre Grenzen stößt. Dazu zählen insbesondere Notfallpatienten sowie Patienten, bei denen nur sehr wenig Körperoberfläche für eine Wärmetherapie zur Verfügung steht, was etwa bei Off-Pump-Bypass-Chirurgie [43], großflächigen Verbrennungen, ausgedehnten vaskulären und endovaskulären Hybrideingriffen sowie laparoskopischen Eingriffen in Steinschnittlage der Fall ist. Hier können im Einzelfall weitere Verfahren wie Wassermattenanzüge, adhäsive Wassermatten oder auch endovaskuläre Wärmetauscher eingesetzt werden.

Postoperative Probleme

Für Patienten, die trotz aller Maßnahmen hypotherm geworden sind, wird empfohlen [2], sie erst nach Wiederherstellung von Normothermie auszuleiten – was jedoch wenig praxisnah ist und bislang auch nicht gut mit Daten belegt werden konnte. Darüber hinaus können auch normotherme Patienten postoperativ durchaus Kältezittern entwickeln.

- Kältezittern soll in erster Linie mit aktiver Wärmezufuhr behandelt werden.
- Ergänzend kann eine medikamentöse Therapie – z. B. mit Clonidin (Erwachsene z. B. 0,075–0,15 mg i.v.) oder Pethidin (Erwachsene 25–50 mg i.v.) – erfolgen [2]. Diese Substanzen sind zwar nicht für diese Indikation zugelassen, aber erfahrungsgemäß gut wirksam.

Literatur

- Sessler DI: The thermoregulation story. *Anesthesiology* 2013;118:181–186
- S3-Leitlinie Vermeidung von perioperativer Hypothermie 2014. Version 8 vom 30.04.2014. Interdisziplinäre Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie, der Österreichischen Gesellschaft für Anästhesie, Reanimation und Intensivmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-018l_S3_Vermeidung_perioperativer_Hypothermie_2014-05.pdf (Zugriffsdatum: 16.04.2018)
- Tortorici MA, Kochanek PM, Poloyac SM: Effects of hypothermia on drug disposition, metabolism, and response: A focus of hypothermia-mediated alterations on the cytochrome P450 enzyme system. *Crit Care Med* 2007;35:2196–2204
- Heier T, Caldwell JE, Sessler DI, Miller RD: Mild intraoperative hypothermia increases duration of action and spontaneous recovery of vecuronium blockade during nitrous oxide-isoflurane anesthesia in humans. *Anesthesiology* 1991;74:815–819
- Beaufort AM, Wierda JM, Belopavlovic M, Nederveen PJ, Kleef UW, Agoston S: The influence of hypothermia (surface cooling) on the time-course of action and on the pharmacokinetics of rocuronium in humans. *Eur J Anaesthesiol Suppl* 1995;11:95–106
- Leslie K, Sessler DI, Bjorksten AR, Moayeri A: Mild hypothermia alters propofol pharmacokinetics and increases the duration of action of atracurium. *Anesth Analg* 1995;80:1007–1014
- Valeri CR, Feingold H, Cassidy G, Ragno G, Khuri S, Altschule MD: Hypothermia-induced reversible platelet dysfunction. *Ann Surg* 1987;205:175–181
- Rohrer MJ, Natale AM: Effect of hypothermia on the coagulation cascade. *Crit Care Med* 1992;20:1402–1405
- Dirkmann D, Hanke AA, Görlinger K, Peters J: Hypothermia and acidosis synergistically impair coagulation in human whole blood. *Anesth Analg* 2008;106:1627–1632
- Rajagopalan S, Mascha E, Sessler DI: The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. *Anesthesiology* 2008;110:71–77
- Kurz A, Sessler DI, Narzt E, Bekar A, Lenhardt R, Huemer G, et al: Postoperative hemodynamic and thermoregulatory consequences of intraoperative core hypothermia. *J Clin Anesth* 1995;7:359–366
- Frank SM, Fleisher LA, Olson KF, Gorman RB, Higgins MS, Breslow MJ, et al: Multivariate determinants of early postoperative oxygen consumption in elderly patients. Effects of shivering, body temperature, and gender. *Anesthesiology* 1995;83:241–249
- Frank SM, Beattie C, Christopherson R, Norris EJ, Perler BA, Williams GM, et al: Unintentional hypothermia is associated with postoperative myocardial ischemia. The Perioperative Ischemia Randomized Anesthesia Trial Study Group. *Anesthesiology* 1993;78:468–476
- Heier T, Caldwell JE: Impact of hypothermia on the response to neuromuscular blocking drugs. *Anesthesiology* 2006;104:1070–1080
- Lenhardt R, Marker E, Goll V, Tschernich H, Kurz A, Sessler DI et al: Mild intraoperative hypothermia prolongs postanesthetic recovery. *Anesthesiology* 1997;87:1318–1323
- Bauer M, Bock M, Martin J, Schaper C, Chamaly M, Mahla E et al: Ungeplante postoperative Aufnahme elektiver Patienten auf Intensivstation: Eine prospektive Multi-Center-Analyse von Inzidenz, Kausalität und Vermeidbarkeit. *Anästh Intensivmed* 2007;48:542–550
- Carli F, Emery PW, Freemantle CA: Effect of perioperative normothermia on postoperative protein metabolism in elderly patients undergoing hip arthroplasty. *Br J Anaesth* 1989;63:276–282
- Carli F, Itiaba K: Effect of heat conservation during and after major abdominal surgery on muscle protein break-down in elderly patients. *Br J Anaesth* 1986;58:502–507
- Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R: Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. Study of wound infection and temperature group. *N Engl J Med* 1996;334:1209–1215
- Melling AC, Ali B, Scott EM, Leaper DJ: Effects of preoperative warming on the incidence of wound infection after clean surgery: A randomised controlled trial. *Lancet* 2001;358:876–880
- Van Oss CM, Absolom DR, Moore LL, Park BH, Humbert JR: Effect of temperature on the chemotaxis, phagocytotic engulfment, digestion and O₂ consumption of human polynuclear leukocytes. *J Reticuloendothelial Soc* 1980;27:561–565
- Beilin B, Shavit Y, Razumovsky J, Wolloch Y, Zeidel A, Bessler H: Effects of mild perioperative hypothermia on cellular immune responses. *Anesthesiology* 1998;89:1133–1140

Review Articles

Medical Education

23. Frank SM, Fleisher LA, Breslow MJ, Higgins MS, Olson KF, Kelly S, et al: Perioperative maintenance of normothermia reduces the incidence of morbid cardiac events. A randomized clinical trial. *JAMA* 1997;277:1127–1134
24. Di Marco P, Canneti A: Normothermia perioperatoria. <http://www.ipotermia.org/normothermia-perioperatoria/> (Zugriffsdatum: 08.05.2018)
25. Hooper VD, Chard R, Clifford T, Fetzer S, Fossum S, Godden B, et al: ASPAN's evidence-based clinical practice guideline for the promotion of perioperative normothermia: Second edition. *J Perianesth Nurs* 2010; 25:346–365
26. NICE: Inadvertent perioperative hypothermia. The management of inadvertent perioperative hypothermia in adults. NICE Clinical Guideline 65; 2008. <https://www.nice.org.uk/guidance/cg65> (Zugriffsdatum: 31.08.2018)
27. Forbes SS, Eskicioglu C, Nathens AB, Fenech DS, Laflamme C, McLean RF, et al: Evidence-based guidelines for prevention of perioperative hypothermia. *J Am Coll Surg* 2009;209:492–503
28. Pedersen CM, Andersen-Stampe K, Richard R, Jacobsen K, Kristensen HG: Klinisk retningslinje for nonfarmakologisk forebyggelse af perioperativ utilsigtet hypotermi. http://www.cfkr.dk/media/346016/hypotermi_final.pdf (Zugriffsdatum: 10.05.2018)
29. Bräuer A, Russo M, Nickel EA, Bauer M, Russo SG: Anwendungsrealität des perioperativen Wärmemanagements in Deutschland. Ergebnisse einer Online-Umfrage. *Anästh Intensivmed* 2015;56:287–297
30. Karalapillai D, Story D, Hart GK, Bailey M, Pilcher D, Schneider A, et al: Postoperative hypothermia and patient outcomes after major elective non-cardiac surgery. *Anaesthesia* 2013;68:605–611
31. Karalapillai D, Story D, Hart GK, Bailey M, Pilcher D, Cooper DJ, et al: Postoperative hypothermia and patient outcomes after elective cardiac surgery. *Anaesthesia* 2011;66:780–784
32. Sessler DI: Perioperative thermoregulation and heat balance. *Lancet* 2016;387:2655–2664
33. Bräuer A, Perl T, Quintel M: Perioperatives Wärmemanagement. *Anaesthesist* 2006;55:1321–1340
34. Wetz AJ, Perl T, Brandes IF, Harden M, Bauer M, Bräuer A: Unexpectedly high incidence of hypothermia before induction of anesthesia in elective surgical patients. *J Clin Anesth* 2016;34:282–289
35. Frank SM, Kluger MJ, Kunkel SL: Elevated thermostatic setpoint in postoperative patients. *Anesthesiology* 2000;93:1426–1431
36. Mehta OH, Barclay KL: Perioperative hypothermia in patients undergoing major colorectal surgery. *ANZ J Surg* 2014;84:550–555
37. Coburn M, Rossaint R, Bause H, Biscopling J, Fries M, Henzler D al: Qualitätsindikatoren Anästhesiologie 2015. *Anästh Intensivmed* 2016;57: 219–230
38. Brandes IF, Perl T, Bauer M, Bräuer A: Evaluation of a novel noninvasive continuous core temperature measurement system with a zero heat flux sensor using a manikin of the human body. *Biomed Tech (Berl)* 2015;60:1–9
39. Kimberger O, Saager L, Egan C, Sanchez IP, Dizili S, Koch J, et al: The accuracy of a disposable noninvasive core thermometer. *Can J Anaesth* 2013;60:1190–1196
40. Bräuer A, Brandes IF, Perl T, Wetz AJ, Bauer M: Vorwärmung. Von der Kür zur Pflicht. *Anaesthesist* 2014;63:406–414
41. de Brito Poveda V, Clark AM, Galvao CM: A systematic review on the effectiveness of prewarming to prevent perioperative hypothermia. *J Clin Nurs* 2013;22:906–918
42. Brandes IF, Müller C, Perl T, Russo SG, Bauer M, Bräuer A: Effektivität einer neuen Wärmedecke. Prospektiv randomisierte Studie. *Anaesthesist* 2013;62:137–142
43. Bräuer A, Zink W, Timmermann A, Perl T, Quintel M: Strategien zur Vermeidung von perioperativer Hypothermie bei Off-Pump-Bypass-Chirurgie. *Anästh Intensivmed* 2011;52:251–262
44. Vanni SMD, Castiglia YMM, Ganem EM, Rodrigues Júnior GR, Amorim RB, Ferrari F, et al: Preoperative warming combined with intraoperative skin-surface warming does not avoid hypothermia caused by spinal anesthesia in patients with midazolam premedication. *Sao Paulo Med J* 2007;125:144–149
45. Prävention postoperativer Infektionen im Operationsgebiet – Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (KRINKO). *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 2007;50:377–393 (ersetzt durch *Bundesgesundheitsblatt* 2018;61:448–473)
46. Perl T, Peichl LH, Reyntjens K, Deblaere I, Zaballos JM, Bräuer A: Efficacy of a novel prewarming system in the prevention of perioperative hypothermia. A prospective, randomized, multicenter study. *Minerva Anestesiol* 2014;80:436–443
47. Bräuer A, Scheithauer S: Prävention der unbeabsichtigten perioperativen Hypothermie. *Krankenhaushygiene Up2date* 2016;11:291–303
48. Bräuer A, Quintel M: Forced-air warming: Technology, physical background and practical aspects. *Curr Opin Anaesthesiol* 2009;22:769–774
49. Richtlinie zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Richtlinie Hämotherapie). Aufgestellt gemäß §§ 12a und 18 Transfusionsgesetz von der Bundesärztekammer im Einvernehmen mit dem Paul-Ehrlich-Institut. http://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/MuE/Richtlinie_Haemotherapie_2017.pdf (Zugriffsdatum: 18.05.2018).

Korrespondenz- adresse



**Prof. Dr. med.
Anselm Bräuer**

Klinik für Anästhesiologie
Universitätsklinikum Göttingen
Robert-Koch-Straße 40
37075 Göttingen, Deutschland
Tel.: 0551 39-8826
Fax: 0551 39-8676
E-Mail: abraeue@gwdg.de