

Erfolgreiches Temperatur- management

Autor: S.D.J. van Beek, CRNA

Zweite Ausgabe: einschließlich Vorwärmung

VVAW

Anmerkung

Dieser Leitfaden richtet sich an Klinikpersonal, das mit der Vermeidung und Behandlung von Hypothermie befasst ist.

In die Beibehaltung der Präzision und Richtigkeit der in diesem Buch vermittelten Informationen wurde viel Sorgfalt investiert. Dennoch gewähren weder das Unternehmen The 37°Company und seine Mitarbeiter noch der Autor (a) eine ausdrückliche oder stillschweigende Garantie oder Zusicherung im Hinblick auf die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Zweckmäßigkeit der in diesem Buch enthaltenen Informationen; (b) Sie bieten weder eine Stellungnahme über die Vorzüge der Einzelfälle, hier zu Forschungszwecken zitiert (c) übernehmen keinerlei Haftung im Zusammenhang mit der Benutzung der hierin enthaltenen Informationen. Dieses Buch wird unter der Voraussetzung herausgegeben, dass weder der Herausgeber oder der Verlag noch der Autor als rechtliche, medizinische oder sonstige professionelle Dienstleister fungieren. Sollten Sie, lieber Leser, die Unterstützung eines derartigen Experten benötigen, wenden Sie sich bitte an einen kompetenten Sachkundigen.

Zweite Ausgabe - 2013

© 2013: The 37°Company, Beeldschemweg 6F, NL-3821 AH Amersfoort, Niederlande. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Buch ist urheberrechtlich geschützt. Kein Teil dieses Buches darf ohne vorherige schriftliche Zustimmung des Herausgebers oder Verlages reproduziert, in einem Datenabrufsystem gespeichert, in Maschinensprache übersetzt oder in irgendeiner Art und Weise übertragen werden, weder auf elektronischem noch auf mechanischem Wege, als Fotokopie, durch Aufnahme oder mittels eines sonstigen Mediums, mit Ausnahme kurzer Zitate in Testberichten oder Kritiken.

INT/P039-EN/1-11/13

Vorwort

Für alle, die in der perioperativen Patientenversorgung tätig sind, ist es ein wesentliches Anliegen, sich um die Stabilität lebenswichtiger Körperfunktionen zu kümmern. Besonders fühlen sich Anästhesisten und Anästhesiepflegepersonal verantwortlich dafür, dass in diesen Systemen keine länger andauernden Dysregulationen auftreten.

Warum ist es dann so schwierig, eine Stabilität in der Thermoregulation zu gewährleisten? Seit etwa 30 Jahren stehen uns anwenderfreundliche und effektive Methoden zur Aufrechterhaltung einer Normothermie zur Verfügung. Auch der medizinische Nutzen, den normotherme Patienten im Vergleich zu hypothermen Patienten erfahren, wurde wiederholt nachgewiesen. Davon abgesehen leben wir in einer Zeit, in welcher sich Patienten zunehmend ein Krankenhaus danach aussuchen, ob auch auf ihr Wohlbefinden geachtet wird.

Anscheinend reichen diese Argumente noch nicht aus, um beim Temperaturmanagement epidemologisch effektive Änderungen zu bewirken. Nur 40% aller operierten Patienten werden aktiv mit Wärme behandelt und bei 20% wird eine Körpertemperatur gemessen.

Das folgende Buch vermittelt eine ausführliche Einführung in die Grundlagen der Thermoregulation und Auswirkungen einer Hypothermie. Es stellt das erforderliche Wissen für eine erfolgreiche Therapie in kompakter Form zur Verfügung. Besonders die ausführliche Darstellung prophylaktischer Maßnahmen, wie der Vorwärmung, geben dem Leser effektive Methoden an die Hand, die bisher noch wenig genutzt wurden. Sehr nützlich ist auch die Zusammenfassung verschiedener international existierender Leitlinien zur Vermeidung einer Hypothermie.

Es lohnt sich sehr, diesen Leitfaden nicht nur in der Kitteltasche zu haben sondern die hier vorgestellten Maßnahmen für die eigene Anästhesie und für die eigene Klinik umzusetzen!

*Prof. Dr. med. W. Weyland, D.E.A.A
Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin
und Schmerztherapie
Florence Nightingale Krankenhaus
Kaiserswerther Diakonie
Düsseldorf, Deutschland*



Einleitung

Es gab Zeiten, in denen die unbeabsichtigte Hypothermie bei den chirurgischen Patienten als Phänomen hingenommen wurde, das ganz einfach akzeptiert werden musste. In den letzten Jahrzehnten wurden jedoch neue Verfahren entwickelt, die die Möglichkeiten zur Beherrschung dieser Komplikationen verbessern.

Wir wissen nicht genau, wie viele Patienten im Anschluss an eine Operation an Hypothermie leiden, dazu liegen ganz unterschiedliche Zahlen vor. Außerdem ist die Temperatur, bei der man von Hypothermie spricht, nicht in allen Zentren dieselbe. Tatsache ist jedoch, dass viele Patienten nach einer Operation eine extrem niedrige Kerntemperatur aufweisen und dass dieser Zustand ein potentiell Risiko darstellt.

Hypothermie wird mit einer Vielzahl von physiologischen Komplikationen in Verbindung gebracht, einschließlich Gefäßverengung, Gerinnungsstörungen, ischämischen Gewebeschäden, einer verminderten Stoffwechselaktivität, Angina pectoris, Herzinfarkt und Herzrhythmusstörungen. Darüber hinaus wird Hypothermie mit postoperativen Wundinfektionen und einem erhöhten Blutverlust assoziiert. Derartige Komplikationen führen auch zu einer Kostensteigerung, da der Patient möglicherweise länger auf der Intensivstation oder im Krankenhaus verbleiben muss. Die Anschaffung neuer Geräte in Verbindung mit der Bewusstmachung des Problems „Hypothermie“ erfordert natürlich auch Zeit und Geld, die Vorteile gleichen das allerdings mit Sicherheit wieder aus. Das Anästhesie-Team muss ein optimales Temperaturmanagement anstreben, um Normothermie zu gewährleisten.

Der Begriff der Temperatur ist wesentlich komplexer und tiefgründiger als es zunächst erscheinen mag. Ich habe mich bemüht, umfangreiche Erfahrungen, Daten und Studien zusammenzutragen, um eine Reihe von Handlungsanweisungen für all diejenigen zu erstellen, die bei ihrer Arbeit mit dem Phänomen der Hypothermie konfrontiert werden. Natürlich verfügt jedes Krankenhaus und jede Klinik über eigene relevante Standards, es ist dennoch äußerst wichtig, dass allen Betroffenen das Problem der Hypothermie vor, während und nach chirurgischen Eingriffen fortwährend bewusst ist.

September 2013

Bas van Beek, CRNA
Winterswijk, The Netherlands

Inhalt

[1.] Anatomie und Physiologie der Temperaturregulation	10
1.1 Kerntemperatur und periphere Temperatur	10
1.2 Thermosensoren	10
1.3 Temperaturschwankungen aufgrund von physiologischen Prozessen	11
1.4 Wärmeregulation	12
1.5 Das physikalische System	13
1.5.1 Radiation	13
1.5.2 Konvektion	14
1.5.3 Evaporation	14
1.5.4 Konduktion	15
1.6 Das chemische System	15
[2.] Was ist Hypothermie?	17
2.1 Definitionen	17
2.2 Induzierte Hypothermie	17
2.3 Grad der Hypothermie	18
2.4 Techniken	18
2.5 Akzidentelle Hypothermie	19
[3.] Die Auswirkung von Hypothermie auf die physiologischen Funktionen ...	21
3.1 Zirkulation	21
3.2 Atmung	22
3.3 Endokrines System	22
3.4 Leber	22
3.5 Nieren	22
3.6 Elektrolyte	22
3.7 Medikamente	22
3.8 Blut und Blutgerinnung	23
3.9 Zentrales Nervensystem	23
3.10 Magen-Darm-System	23
3.11 Immunsuppression	24
3.12 Der Effekt der Hypothermie auf das persönliche Wohlbefinden	24
[4.] Temperatur-Monitoring	24
[5.] Hypothermie: Risikogruppen und Risikofaktoren	26
5.1 Risikogruppen	26
5.2 Risiken während der Narkose	26
5.3 Wärmeverlust im klinischen Kontext in Bezug auf die physikalischen Prozesse	28
[6.] Hypothermie -Vorsorge- und Abhilfemaßnahmen	28
6.1 VORWÄRMUNG	28
6.1.1 Einleitung	28
6.1.2 Wie wird eine solche Vorwärmung erreicht?	30
6.1.3 Wie kann der Mistral-Air® Premium-Wärmeanzug bei der Vorwärmung genutzt werden?	32
6.1.4 Wie wird mit dem Mistral-Air® Premium-Wärmeanzug eine Vorwärmung erzeugt?	32
6.2 Passive Techniken	33
6.3 Aktive Techniken	33
6.3.1 Erwärmung durch konvektive wärmung	34
6.3.2 Blut und Flüssigkeitserwärmung	34
6.4 Welche Erwärmungstechnik ist die beste?	35

[7.] Leitlinien zum Temperaturmanagement	36
[8.] Klinische Praxisleitlinien der ASPAN	39
8.1 Ablaufdiagramm Wärmemanagement	39
8.2 Intraoperatives Patientenmanagement	40
8.3 Postoperatives Patientenmanagement: Phase I PACU	41
8.4 Postoperatives Patientenmanagement: Phase II PACU (ASU)	42
8.5 Temperaturäquivalenz-Schaubild	43

[1.] Anatomie und Physiologie der Temperaturregulation

1.1 Kerntemperatur und periphere Temperatur

Die Kerntemperatur von Säugetieren muss immer konstant bleiben. Das garantiert eine physiologische Homöostase, da Änderungen bei der Kerntemperatur sich negativ auf die Vitalfunktionen auswirken können. Es gibt diverse Mechanismen, die für ein Gleichgewicht zwischen Wärmeproduktion und Wärmeverlust verantwortlich sind, und die so gewährleisten, dass die Kerntemperatur konstant bleibt. Organismen, die ihre eigene Körpertemperatur regulieren, nennt man „homiotherm“. Die durchschnittliche Kerntemperatur des Menschen liegt zwischen 36,5°C und 37,5°C. Wir nennen diesen Zustand „normotherm“. Diese Temperatur bezieht sich auf die zentrale Körpertemperatur: die Kerntemperatur. Die Temperatur der umgebenden Strukturen wird als periphere Temperatur bezeichnet.

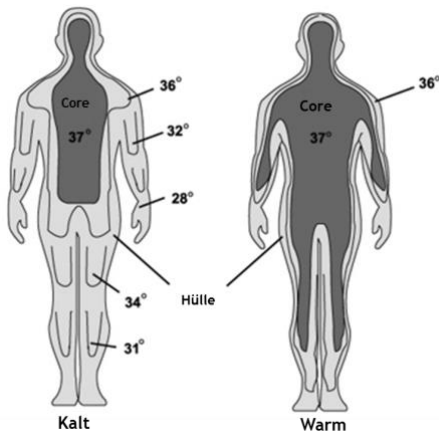


Abbildung 1: Der Unterschied zwischen Kerntemperatur und peripherer Temperatur

Eine konstante Kerntemperatur ist wichtig für eine optimale Funktion der physiologischen Enzymsysteme und -prozesse im menschlichen Körper. Deshalb muss ein Gleichgewicht zwischen der produzierten Wärme und dem Wärmeverlust bestehen.

1.2 Thermosensoren

Der menschliche Körper empfängt Informationen über Schwankungen der peripheren Temperatur von Thermosensoren, die in spezielle Kalt- und

Warmsensoren unterteilt sind. Die Warmsensoren sind über die Haut, die Hände und das Gesicht verteilt und befinden sich außerdem in den Schleimhäuten von Speiseröhre, Mund und Nasenhöhle. Diese Warmsensoren sind kleine, spiralförmige Organe, die aus freien Nervenendigungen in der Lederhaut bestehen. Diese Organe werden durch einen Temperaturanstieg stimuliert. Die Kaltsensoren befinden sich weit näher an der Oberfläche, im Deckgewebe. Es gibt auch Kaltrezeptoren im Mundrachenraum und in der Hornhaut. Die Kaltsensoren bezeichnet man als Krause-Körperchen (*Corpuscula bulboidea*). Sie werden von einem Temperaturabfall stimuliert. Durchschnittlich gibt es 25 Kaltsensoren und drei Warmsensoren pro 50 Berührungssensoren. Die Thermorezeptoren reagieren somit auf Temperaturänderungen. Die Impulse werden über die sensorischen Nerven an das Temperaturregulationszentrum im anterioren Hypothalamus übertragen. Der kaudale Teil des Hypothalamus steuert die Schweißdrüsen und Muskeln über Stammhirn, Knochenmark und die efferenten Nervenfasern. So führt der beobachtete Stimulus mittels eines komplizierten Systems der Reizübertragung zu einer Reaktion. Es gibt auch zentrale Thermosensoren, die ihre Temperaturinformationen hauptsächlich vom zirkulierenden Blut erhalten. Diese Informationen werden ebenfalls an den anterioren Hypothalamus gesendet und von dem kaudalen Teil verarbeitet. Ein Temperaturanstieg im menschlichen Körper führt zu einer Gefäßerweiterung in der Haut und zu vermehrter Schweißbildung und ermöglicht so eine Ableitung der Wärme. Das Absinken der Temperatur im menschlichen Körper verursacht eine Gefäßverengung in der Haut und Zittern. Dieses System der Wärmeregulation zielt darauf ab, eine konstante Kerntemperatur zu erhalten.

1.3 Temperaturschwankungen aufgrund von physiologischen Prozessen

Außer durch lokale Temperaturunterschiede aufgrund von lokalen Stoffwechselaktivitäten und dem Grad der Durchblutung kann die Kerntemperatur auch durch diverse physiologische Prozesse schwanken:

- Bei körperlicher Betätigung steigt die Temperatur proportional zum Ausmaß der Bewegung an.
- Während der Ovulation kann die Temperatur um ein halbes Grad variieren.
- Der Biorhythmus kann ebenfalls zu Veränderungen von einem halben Grad führen (besonders bei älteren Menschen).

1.4 Wärmeregulation

Wenn Wärmeproduktion und Wärmeverlust ausgeglichen sind, bleibt die Kerntemperatur konstant. Ist dies nicht der Fall, verändert sich die Kerntemperatur.

Dies kann in zwei Richtungen geschehen:

- Die Kerntemperatur steigt. Während körperlicher Betätigung beispielsweise steigt die Wärmeproduktion, der Wärmeverlust nimmt jedoch erst verzögert zu. Bei Fieber ist die Wärmeproduktion aufgrund einer Sollwertverstellung des Regelzentrums erhöht und die Wärmeabgabe vermindert.
- Die Kerntemperatur fällt, wenn der Wärmeverlust größer ist als die Wärmeproduktion und der menschliche Körper nicht in der Lage ist, diesen Verlust sofort zu kompensieren.

Der menschliche Körper verfügt über zwei Systeme zur Temperaturregulation:

- Das chemische System der Wärmeproduktion über Stoffwechselaktivität
- Das physikalische System der Wärmeübertragung im Körper und an der Körperoberfläche

Die Stoffwechselaktivität führt zur Wärmeproduktion in den betreffenden Organen. Gewebe mit einer geringeren Stoffwechselaktivität haben eine niedrigere Temperatur als Gewebe mit einer stärkeren Stoffwechselaktivität. Beide Systeme reagieren unabhängig voneinander oder gleichzeitig durch einen internen Wärmetransport und die Freisetzung von Wärme an die externe Umgebung. Der innere Wärmetransport verfügt über eine aktive und eine passive Komponente. Bei der passiven Komponente wird Wärme aus den tieferen inneren Organen dem Temperaturgefälle folgend zur Hautoberfläche transportiert. Die Freisetzung von Wärme über die aktive Komponente geschieht wie folgt: Das Blut nimmt die Wärme vom Kern auf und gibt sie an die Peripherie ab. Die Blutflussrate, Gefäßverengung und Gefäßerweiterung in der Haut sowie die Herztätigkeit spielen bei diesem Prozess eine Rolle. Im Körperinneren wird als Wärme chemisch produziert, die passiv über die Gewebe und aktiv über das Blut zur Haut transportiert und dort abgegeben wird. So wird ein Temperaturgefälle zwischen dem Kern und der Peripherie des menschlichen Körpers erhalten.

1.5 Das physikalische System

Das physikalische System hängt von folgenden Mechanismen ab:

- Radiation
- Konvektion
- Evaporation
- Konduktion



Abbildung 2: Wärmeverlust während der Anästhesie

1.5.1 Radiation

Während der Radiation gibt ein menschlicher Körper, der sich in der Nähe eines kalten Objekts befindet, über seine eigene infrarote Strahlung Wärme an dieses Objekt ab. Das Ausmaß des Wärmeverlusts hängt von der Oberfläche des menschlichen Körpers und dem Temperaturgefälle zwischen dem menschlichen Körper und der Umgebung ab. Die Radiation ist für 50%-70% des gesamten Wärmeverlustes verantwortlich.

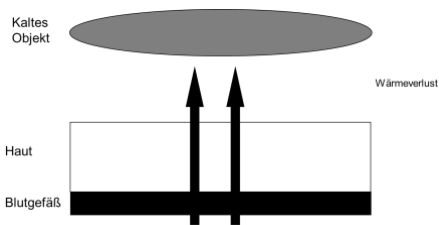


Abbildung 3: Radiation

1.5.2 Konvektion

Bei der Konvektion handelt es sich um einen Prozess, bei dem Wärme an einen vorbeiziehenden Luftstrom abgegeben wird. Die Umgebungstemperatur, die Luftdurchflussrate und die Größe der exponierten Oberfläche spielen bei diesem Vorgang eine wichtige Rolle. Etwa 15%-25% des gesamten Wärmeverlustes wird durch dieses Phänomen verursacht.

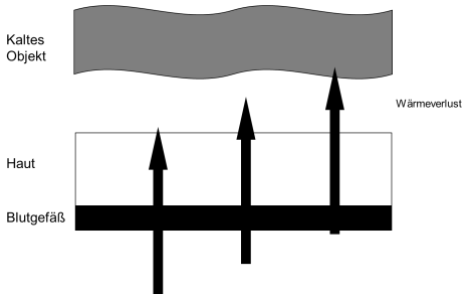


Abbildung 4: Konvektion

1.5.3 Evaporation

Im Allgemeinen verlieren wir Wärme durch die Evaporation von Flüssigkeiten, z. B. Schweiß, über den Atemtrakt (Atmung) und die Schleimhäute. 5%-22% des gesamten Wärmeverlustes sind auf Evaporation zurückzuführen. Alle offenen Körperhöhlen können die Wärmeverluste durch überwiegend Evaporation massiv steigern.

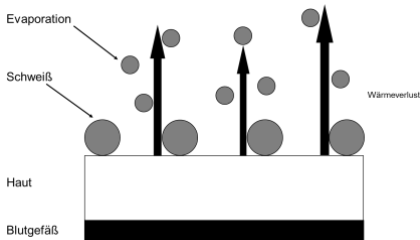


Abbildung 5: Evaporation

1.5.4 Konduktion

Bei Konduktion entsteht der Wärmeverlust aufgrund der Wärmeübertragung auf Objekte, mit denen der menschliche Körper in direktem Kontakt ist. Das Ausmaß der übertragenen Wärme hängt von der Kontaktfläche, dem Temperaturgefälle zwischen der Haut und dem Objekt und der Leitfähigkeit des Objekts ab. Die Konduktion ist für 3%-5% des gesamten Wärmeverlustes verantwortlich. Alle kalten Flüssigkeiten, die einem Patienten verabreicht werden, werden ebenfalls als leitungsbedingte Wärmeverluste definiert, da die Wärme nach der Verabreichung auf die kalten Flüssigkeiten übertragen wird.

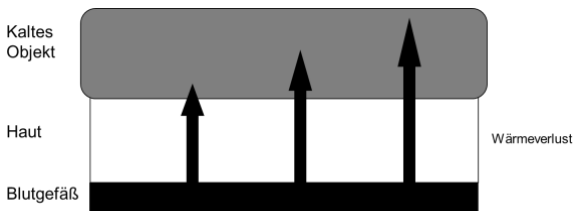


Abbildung 6: Konduktion

Die Temperaturregulation versucht mithilfe des oben beschriebenen physikalischen Prozesses, die in unterschiedlichem Umfang produzierte Wärme an die wechselnde Umgebung abzuleiten und Schwankungen der Kerntemperatur zu minimieren. Patienten, die bei Bewusstsein sind, werden ihr Verhalten anpassen, um die Temperatur zu erhalten, indem sie ihre Kleidung auf die gegebenen Verhältnisse abstimmen oder ihre Umgebung entsprechend ändern. Die Abgabe von Wärme wird durch Gefäßerweiterung und Transpiration gefördert. Wärmeverlust wird hauptsächlich durch eine Verengung der Blutgefäße in der Haut eingeschränkt. Die Horripilation (oder Gänsehaut), ein primitiver oder rudimentärer Reflex, wirkt sich nicht wirklich auf die Thermoregulation des Menschen aus.

1.6 Das chemische System

Wenn die Wärmeproduktion geringer ist als der Wärmeverlust, kann der Stoffwechsel stimuliert werden, um die Wärmeproduktion zu steigern. Das geschieht mittels chemischer Reaktionen, d. h., durch Wärmeproduktion in den Mitochondrien aufgrund von gesteigerter Aktivität, z. B. in den Muskeln. Das temperaturregulierende Zentrum im Hypothalamus reagiert

auf jeden Abfall der Kerntemperatur, indem es diverse Aktivitäten initiiert. Eine der wichtigsten Wärmequellen ist die Muskulatur: Die Muskeln sind gewöhnlich für die Bewegung zuständig, die wiederum von Wärmeentwicklung begleitet wird.

Im Ruhezustand oder in einer kalten Umgebung stellt der Muskelstoffwechsel jedoch eine wichtige Wärmequelle dar. Auch die folgenden Aktivitäten führen zu einer Erhöhung der Kerntemperatur:

- Gefäßverengung in der Haut zur Minimierung des Wärmeverlustes.
- Eine gesteigerte Aktivität des Sympathikus, die den Metabolismus stimuliert: Dies wird durch einen erhöhten Adrenalinausstoß aus dem Nebennierenmark und eine erhöhte Glukagonsekretion in der Bauchspeicheldrüse erreicht (Glukagon fördert die Umwandlung von Glykogen in Glukose).
- Durch Aktivierung der *Formatio reticularis* wird der Muskeltonus erhöht, und die Wärmeproduktion gesteigert.
- Eine bewußte Steigerung der Wärmeproduktion kann ebenso durch willkürliche Muskelkontraktion erreicht werden, z. B. durch Stampfen der Füße und ein schnelles Kreuzen der Arme über der Brust.
- Die Stimulation der Kaltsensoren in der Haut kann Reflexreaktionen herbeiführen, z. B. Zittern und Zähneklappern.
- Gesteigerte Schilddrüsenaktivität: Die Absonderung von TSH (Thyreoidea stimulierendes Hormon) wird angeregt, hierdurch erhöht sich der Grundumsatz. Dieses Phänomen wirkt sich allerdings nur langfristig aus, z. B. wenn der menschliche Körper sich an eine permanent niedrigere Umgebungstemperatur anpasst.

Subkutanes Fett und die Kleidung wirken sich ebenfalls auf die Temperaturregulation aus. Fettgewebe hemmt den passiven Wärmetransport vom Kern zur Haut, und die Kleidung verhindert die Übertragung von Wärme von der Hautoberfläche an die Umgebung.

[2.] Was ist Hypothermie?

2.1 Definitionen

Normothermie	Unter normalen Bedingungen beträgt die Kerntemperatur 36,5-37,5°C. Dieser Zustand wird vom Sollwert im hypothalamischen thermoregulatorischen Zentrum gesteuert.
Sollwert	Der Thermostat im menschlichen Körper sorgt für eine Aufrechterhaltung einer Idealtemperatur von 36,8-37°C. Der Biorhythmus kann zu einer Abweichung von 0,6°C führen.
Fieber oder Pyrexie	Eine Erhöhung der Kerntemperatur infolge einer pathologischen Veränderung des Sollwerts des hypothalamischen thermoregulatorischen Zentrums.
Hyperthermie	Eine Erhöhung der Kerntemperatur infolge einer Überproduktion oder eines verminderten Verlustes von Wärme, obwohl das hypothalamische thermoregulatorische Zentrum normal funktioniert. > 37,5°C.
Hypothermie	Eine Senkung der Kerntemperatur infolge von Kälteeinwirkung. Das hypothalamische thermoregulatorische Zentrum funktioniert noch immer normal. Hypothermie kann auch durch eine Veränderung des Sollwertes des hypothalamischen thermoregulatorischen Zentrums aufgrund von Krankheit oder Medikamenten ausgelöst werden. Normalerweise gelten Temperaturen < 36,0°C in der perioperativen Phase als hypotherm.

2.2 Induzierte Hypothermie

Induzierte Hypothermie bezeichnet einen Zustand von kontrollierter niedriger Kerntemperatur, die in der Regel vorsätzlich herbeigeführt wird, in Kombination mit einer Form von Anästhesie. Induzierte Hypothermie wird eingesetzt um durch biochemische Veränderungen und Reduktion des Stoffwechsels hypoxiegefährdete Gewebe vor einer Gewebeschädigung zu schützen, die bei bestimmten Operationen und/oder pathologischen klinischen Zuständen auftreten können.

Es gibt zwei Indikationsgebiete von therapeutischer Hypothermie: eine allgemeine medizinische und eine speziell chirurgische Hypothermie.

Medizinische Indikationen für eine aktive Kühlung und/oder präventive milde Hypothermie:

- Anästhesiologische Komplikationen, z. B. maligne Hyperthermie.
- Nach Herzstillstand zur Begrenzung einer möglichen neurologischen Schädigung.

Chirurgische Indikationen:

- Herzchirurgie
- Neurochirurgie

2.3 Grad der Hypothermie

Je nach Ausmaß der angestrebten Kerntemperatursenkung sprechen wir von:

- milder Hypothermie (33-35 °C)
- moderater Hypothermie (28-32 °C)
- tiefer Hypothermie (unter 28 °C)

Diese Werte sind nicht absolut festgelegt; in der Literatur sind verschiedene Angaben zu den Grenzwerten zu finden.

2.4 Techniken

Es gibt eine Reihe von Techniken zum Erreichen eines bestimmten Hypothermiegrades:

- Die Verabreichung eines kalten Flüssigkeitsbolus kann den Prozess initiieren.
- Oberflächenkühlung: Hier wird ein Patient unter Allgemeinanästhesie in eine kalte Umgebung gebracht oder mithilfe einer Kaltwassermatratze oder mit Eis und einem Ventilator aktiv gekühlt. Über die gleichzeitig induzierte Anästhesie/Sedierung soll eine periphere Vasokonstriktion vermieden und idealerweise sogar eine Gefäßerweiterung erreicht werden; pharmakologisch soll so auch der thermoregulatorische Grenzwert zur Auslösung von Zittern verstellt werden.
- Spezielle haftfähige Kühlkompressen können verwendet werden (mit Hydrogel beschichtete Pads).
- Intravenöse Wärmeaustauschkatheter sind sehr effizient, aber teuer.
- Kühlung durch extrakorporale Zirkulation: Das Blut wird mithilfe einer Herz-Lungen-Maschine gekühlt.
- Kürzlich wurde eine intranasale Kühlung eingeführt.

2.5 Akzidentelle Hypothermie

Akzidentelle Hypothermie ist ein unerwünschter Abfall der Kerntemperatur infolge der Einwirkung einer kalten Umgebung oder des Unvermögens des menschlichen Körpers, die normale Kerntemperatur aufrechtzuerhalten. Dieser Zustand kann auch als Folge einer Vollnarkose und/oder Regionalanästhesie auftreten. Dies ist als anästhesiologische Komplikation zu bewerten.

Der Temperaturabfall bereits vor der Operation einsetzen bedingt durch folgende Faktoren:

- Kaltes Bett und kalter Transport
- Unzureichende Kleidung oder mangelnde Dicke der Kleidung
- Kalte Räume
- Gefäßerweiterung aufgrund der Prämedikation
- Verabreichung von Sedativa zur Prämedikation vor der Narkose, besonders in einer kalten Umgebung; der Patient schläft möglicherweise ein und verliert Isolation.

Ein Wärmeverlust des Patienten während der Operation entsteht zusätzlich durch folgende Faktoren:

- Ungenügende Umgebungstemperatur, besonders gravierend in Zusammenhang mit hohen konvektiven Verlusten (aufgrund der laminar Flow Technik um den OP-Tisch herum)
- Art, Ort und Dauer des Eingriffs
- Infusion von Flüssigkeiten, die kälter als die Kerntemperatur sind
- Die Anwendung einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie; verursacht eine intensive Vasodilatation
- Spülung mit Flüssigkeiten, die unter der Kerntemperatur liegen
- Künstliche Beatmung mit kalten Gasen (dieser Effekt scheint beim Einsatz von Low-Flow-Beatmungsgeräten allerdings nebensächlich)
- Nichteinsatz von Wärme- und Feuchtigkeitsaustauschern (HME)
- Fehlende Muskelbewegungen beim Patienten
- Der thermoregulatorische Schwellenwert für Vasokonstriktion wird von allen Anästhesieverfahren beeinflusst. Dies ist die Ursache für die in der perioperativen Phase beobachtete Vasodilatation.
- Entfernung von Isolation, unbedeckte Körperbereiche, z. B. der Arm, an dem die Infusion gelegt ist

Wir haben bereits gesehen, dass Radiation, Konvektion, Evaporation und Konduktion bei der Aufrechterhaltung der Temperatur eine Rolle spielen. Darüber hinaus ist auf den Temperaturabfall zu achten, der in dem Zeitraum zwischen dem Operations- oder Anästhesieende und dem Eintreffen des Patienten im Aufwachraum eintritt. Dieser Temperaturabfall darf keinesfalls missachtet werden. Er ist hauptsächlich der Tatsache zuzuschreiben, dass die Abdeckungen entfernt werden (der Patient ist also nun unbedeckt) und dass auf Wärmegeräte und/oder wärmendes Material verzichtet wird. „Die beste Möglichkeit einen Menschen zu kühlen besteht darin, ihn einer Anästhesie zu unterziehen“ (Pickering 1956).

[3.] Die Auswirkung von Hypothermie auf die physiologischen Funktionen

Hypothermie wirkt sich auf die Funktionen aller Organsysteme aus. Die auftretenden Änderungen hängen vom Ausmaß der Temperatursenkung ab. Temperaturen unter 34 °C werden in der perioperativen Phase nicht beobachtet.

Kern-temperatur	Symptome
>36 °C	Normale Kerntemperatur
35 °C	Gefäßverengung (peripher), maximales Zittern, Sprachstörungen und Hyperreflexie
34 °C	Noch bei Bewusstsein, aber Bewegungen fallen schwer
33-31 °C	Retrograde Amnesie, kein Schüttelfrost oder Zittern, Hypotonie und Erweiterung der Pupillen, Vorhofflimmern
30-28 °C	Bewusstlosigkeit, Muskelstarre, Bradykardie und Bradypnoe
27-25 °C	Verlust der Reflexe, Kammerflimmern und Herzstillstand
17 °C	isoelektrisches EKG

3.1 Zirkulation

Kälte wirkt sich nachteilig auf das Herz aus und bewirkt eine deutliche Verminderung der Herzfrequenz, des Schlagvolumens und der kardialen Kontraktilität. Gleichzeitig steigt die Erregbarkeit des Herzmuskels. Wenn keine vorbeugenden Maßnahmen ergriffen werden, neigt das Herz zu morbiden kardialen Ereignissen, bei Temperaturen zwischen 27 °C und 25 °C besteht ein erhöhtes Risiko für Kammerflimmern und Kreislaufstillstand. Schon bei moderater Hypothermie ist die Gefahr des Auftretens unerwünschter kardialer Ereignisse erhöht. Eine Studie zeigt, dass der Katecholaminspiegel (hauptsächlich Noradrenalin) erhöht ist, wenn der Patient mit einer niedrigen Temperatur aus der Allgemeinanästhesie erwacht. Dies erklärt auch die häufig beobachtete Hypertonie und Bradykardie. Perioperative Hypothermie wird jedoch auch zum Schutz des Herzens eingesetzt. In diesem Fall ist es wichtig, dass die Kerntemperatur beim Aufwachen aus der Narkose im Normbereich liegt.

3.2 Atmung

Hypothermie beeinträchtigt das Atemzentrum. Während einer milden Hypothermie erhöhen sich die Atemfrequenz und das Atemzugvolumen, aber auch der Totraum wird aufgrund einer Erweiterung der Atemwege vergrößert. Wenn die Temperatur weiter sinkt, nehmen Minutenvolumen und Atemfrequenz zu, bis es zu einer Apnoe kommt. Die CO₂-Produktion sinkt, während die Löslichkeit des CO₂ im Blut zunimmt. Die Löslichkeit von Sauerstoff im Blut nimmt ebenfalls zu, wodurch das Gewebe dem Blut weniger Sauerstoff entziehen kann.

3.3 Endokrines System

Bei einer Temperatur von 30°C entwickelt sich eine Hyperglykämie infolge einer verzögerten Glukoseaufnahme durch die Zellen und einer verminderten Glukoseausscheidung durch die Nieren.

3.4 Leber

Wenn die Temperatur sinkt, verliert die Leber zunehmend ihre Entgiftungskapazität. Bei 30°C entwickelt sich eine Hyperglykämie. Bei 28°C sinkt die metabolische Kapazität auf 40% des Normalwertes. Wir sehen außerdem eine erhöhte Synthese von Milchsäure und einen Rückgang des Metabolismus.

3.5 Nieren

Hypothermie kann die Freigabe von antidiuretischen Hormonen inhibieren, die oxidative Aktivität der Nierentubuli verringern und so zu Diurese und Volumendepletion führen. Eine Kältediurese entwickelt sich und führt zu einer Ausscheidung von Na⁺, K⁺, Mg⁺ und Phosphat; diese Defizite müssen durch Verabreichung dieser Stoffe kompensiert werden.

3.6 Elektrolyte

Veränderungen des Kalium- und Magnesiumspiegels sind kritisch. Ein kaltes Herz ist empfindlicher gegenüber Veränderungen dieser Elektrolytspiegel, Herzrhythmusstörungen können somit leichter eintreten.

3.7 Medikamente

Es gibt erhebliche Auswirkungen auf Medikamente, z. B. sind gasförmige Anästhetika bei einer niedrigen Kerntemperatur löslicher, und es kann länger dauern, bis die Patienten bei einer Ausleitung wieder aufwachen. Der Fentanyl- und Propofol-Metabolismus wird beeinflusst und es hat sich

gezeigt, dass der Wert des Bispectral-Index-Monitors (BIS-Monitor) für jedes Grad an Temperaturabfall um ca. 2 Einheiten sinkt. Muskelrelaxantien können bei geringen Temperaturreduktionen bis zu doppelt so lange wirken.

3.8 Blut und Blutgerinnung

Die Blutgerinnung wird durch eine geringere Aktivität der Gerinnungsfaktoren vermindert. Bedingt durch eine beeinträchtigte Thrombozytenfunktion (obwohl sich die tatsächliche Thrombozytenanzahl erst bei einer schwerwiegenden Hypothermie verringert [hypothermiebedingte Thrombozytopenie]) besteht eine erhöhte Blutungsneigung. Der Gerinnungsstatus wird durch milde Hypothermie wenig beeinflusst, wohingegen die Gerinnung bei tiefer Hypothermie prolongiert sein kann. Der Hämatokritwert kann infolge einer Dehydrierung erhöht sein und es wurde beobachtet, dass die Milzkontraktion und die Plasmaviskosität zunehmen, wenn die Kerntemperatur unter 27°C fällt. Die Blutviskosität ist somit erhöht, und es besteht ein erhöhtes Risiko der Zellagglutination in der Mikrozirkulation. Es ist erwiesen, dass Patienten eher eine Bluttransfusion benötigen, wenn eine Auskühlung während der OP nicht verhindert wurde. Das Aufrechterhalten einer Körperkerntemperatur von 36,5°C (anstelle einer Temperatur von 36°C) ist vorteilhaft.

3.9 Zentrales Nervensystem

Die Hirndurchblutung nimmt mit jedem Grad, um das die Kerntemperatur sinkt, um 7% ab. Hypothermie beeinträchtigt die Leitfähigkeit in den Nerven. Bei 33°C treten ein Verlust der höheren Hirnfunktionen und eine retrograde Amnesie ein. Bei einer Temperatur zwischen 30°C und 28°C verliert ein Mensch das Bewusstsein.

3.10 Magen-Darm-System

Bei einer Temperatur von 30°C entwickelt sich infolge einer verzögerten Glukoseaufnahme durch die Zellen und einer Verminderung der Insulinsekretion eine Hyperglykämie. Längeres Zittern oder Schüttelfrost kann auch eine Hypoglykämie auslösen, da die Glykogenspeicher völlig aufgebraucht werden können. Hypoglykämie kann bei Patienten, die einer langandauernden physischen Belastung und Erschöpfung ausgesetzt waren, auch einen initialen Laborbefund darstellen. Eine Hypoglykämie tritt oft auch bei alkoholabhängigen Patienten auf, deren Glykogenvorräte bereits vermindert sind.

3.11 Immunosuppression

Es besteht ein bis zu dreifach erhöhtes Infektionsrisiko im Vergleich zu normothermen Patienten. Laut IPH (Inspectorate for Public Health) zeigen entsprechende Studien ein dreifach erhöhtes Auftreten von postoperativen Infektionen.

3.12 Der Effekt der Hypothermie auf das persönliche Wohlbefinden

Hypothermie wirkt sich auf den „Zitter-Mechanismus“ eines Patienten aus. Infolge des durch die Hypothermie ausgelösten Zitterns steigt der Sauerstoffgrundumsatz; er kann bis zu 400% des normalen Verbrauchs betragen. Auf jeden Fall führt dieser Anstieg zu einer höheren Belastung des kardiopulmonalen Systems. Zittern wirkt sich außerdem negativ auf das Schmerzempfinden aus.

[4.] Temperatur-Monitoring

Es gibt verschiedene Stellen, an denen wir die Temperatur messen können:

- Oral
- Im Nasen-Rachen-Raum
- In der Speiseröhre
- Rektal
- In der Blase
- Im Mittelohr
- In den Achselhöhlen
- Im Blut

Messstelle	Vorteile	Einschränkungen
Oral	Einfache Durchführung bei wachen Patienten	„Goldstandard“, nahezu vergleichbar mit Messungen über einen Swan-Ganz-Katheter
Nasen-Rachen-Raum	Leichte Einführung	Messfehler aufgrund von Luftaustritt; Komplikation: Nasenbluten; Kerntemperatur wird nicht genau erfasst
Speiseröhre	Zuverlässig	Dislokation; Magensonde
Rektal	Leichte Einführung	Nicht immer präzise; Faeces agieren als Isolierung; die Kerntemperatur wird nicht genau

		erfasst
In der Blase	Bei Allgemeinanästhesie und Lokal-/Regional-Anästhesie durchführbar	Geringer Urinfluss beeinträchtigt die Temperaturmessung geringfügig; es kann zu einer kurzen Verzögerung der Ergebnisanzeige kommen
Im Mittelohr	Bei Allgemeinanästhesie und Lokal-/Regional-Anästhesie durchführbar	Potentiell traumatisch; unzuverlässig, wenn die Messung nicht von einem Experten vorgenommen wird
In der Achselhöhle	Leichte Einführung	Nur mäßig zuverlässig; die Kerntemperatur wird nicht genau erfasst
Über das Blut, Spitze eines Swan-Ganz-Katheters oder ZVK, Lungenarterie	Kerntemperatur	Nur bei invasiver Druckmessung

[5.] Hypothermie: Risikogruppen und Risikofaktoren

5.1 Risikogruppen

Die folgenden Personengruppen unterliegen einem erhöhten Hypothermierisiko:

- Kinder: aufgrund eines ungünstigen Verhältnisses zwischen Körpervolumen und Oberfläche.
- Ältere Patienten: aufgrund einer verminderten Fähigkeit zur Vasokonstriktion, einer herabgesetzten kompensatorischen Kapazität des Herzens, einem geringeren Muskelvolumen und einer gestörten Hypothalamusfunktion.
- Kachektische Patienten: aufgrund ihres schlechten Allgemeinzustandes, Muskelatrophie und Anämie.
- Patienten mit Hypoglykämie und Schilddrüsenunterfunktion: aufgrund einer niedrigeren Stoffwechselrate.
- Betrunkene Patienten: Alkohol führt zu einer Gefäßerweiterung, sodass der Körper eine große Wärmemenge verliert.
- Patienten, die an der Raynaud-Krankheit leiden: Diese Patienten haben bereits ausgekühlte Extremitäten.
- Patienten mit Verbrennungstrauma: Aufgrund der (großen) Wundfläche verlieren diese Menschen (eine große Menge) Feuchtigkeit durch Verdunstung. Diese Wundflächen liegen bei der Behandlung auch oftmals frei.
- Traumapatienten: Die Kerntemperatur dieser Patienten ist oftmals bereits niedrig, wenn sie in der Notaufnahme eintreffen, und ihnen werden häufig kalte Flüssigkeiten verabreicht. Während der Untersuchung und der Behandlung sind sie oft längere Zeit unbedeckt.
- Dank einer durchschnittlich dickeren Fettschicht und einer günstigeren Morphologie verfügen Frauen über eine bessere Wärmeisolierung.
- Nach einer sedierenden Prämedikation können Patienten, die versehentlich in einer kalten Umgebung verbleiben, nicht darauf reagieren und somit eine Hypothermie entwickeln.

5.2 Risiken während der Narkose

Die Einleitung der Narkose ist ein hoher Risikofaktor im Hinblick auf eine Hypothermie. Immerhin hemmt eine Vollnarkose die thermoregulatorischen Zentren und erzeugt eine Gefäßerweiterung und eine Muskelentspannung. Während einer Lokal- oder Regionalanästhesie besteht eine eingeschränkte Vasokonstriktion im nicht-blockierten Bereich, begleitet von einer

ausgeprägten Gefäßerweiterung im blockierten Bereich, bis die Wirkung der Blockade abklingt. Auch eine örtlich/ regionale Anästhesie kann eine Hypothermie begünstigen.

Weitere Risikofaktoren:

- Eine Umgebungstemperatur von 16-18°C ist eine angenehme Arbeitstemperatur für einen gut isolierten und manuell arbeitenden Chirurgen, aber ein Patient braucht eine Umgebungstemperatur von 24-26°C, um seine Wärmebilanz ausgeglichen zu halten.
- Dauer und Art des chirurgischen Eingriffs: Ein Temperaturabfall um 1,5°C in der ersten Stunde, gefolgt von 0,5-1°C pro Stunde bei fehlenden Hypothermie verhütenden Maßnahmen, bis der Patient eine Kerntemperatur von 34°C erreicht. Auf diesen Zustand folgt eine sogenannte Plateau-Phase.
- Infusion von kalten Flüssigkeiten: Wir können davon ausgehen, dass 1 Liter bei Zimmertemperatur die Temperatur eines Patienten mit einem Gewicht von 70 kg um 0,25°C senkt.
- Künstliche Beatmung mit kalten trockenen Gasen (hohe Flußraten) und die Einleitung von CO₂ in das Abdomen mit hohen Flussraten.
- Eröffnung und Spülung der menschlichen Körperhöhlen und/oder anderer Bereiche, an denen ein chirurgischer Eingriff vorgenommen wird: Besonders TUR-Patienten sind einem erheblichen Hypothermie-Risiko ausgesetzt.
- Desinfektion des Bereichs, in dem der Eingriff stattfindet.
- Nichtbedecken bestimmter Körperbereiche, z. B. des Arms, an dem die Infusion gelegt wird.
- Beendigung einer Blutleere z.B. an großen Extremitäten, die länger als eine Stunde angedauert hat. Zum Zeitpunkt der Beendigung reperfundiert das Blut wieder die ausgekühlten Extremitäten und gelangt mit einer geringeren Temperatur zum Herzen. Das wiederum führt zu einem Abfall der Kerntemperatur.

5.3 Wärmeverlust im klinischen Kontext in Bezug auf die physikalischen Prozesse

	Radiation	Konduktion	Konvektion	Evaporation
Unbedeckte Körperstellen Narkosemittel (gefäßerweiternde Agenzien)	✓		✓	
Kalte Geräte im OP, z. B. OP-Tische	✓	✓		
Klimaanlage	✓	✓	✓	✓
Kalte Infusionsflüssigkeiten, Blut		✓	✓	
Kalte Spülmittel		✓		✓
(Künstliche) Beatmung				✓
Offene Körperhöhlen	✓			✓
Desinfektionsmittel		✓		✓
Nasser Verbandmull		✓		✓
Kalte Narkosegase			✓	✓

[6.] Hypothermie -Vorsorge- und Abhilfemaßnahmen

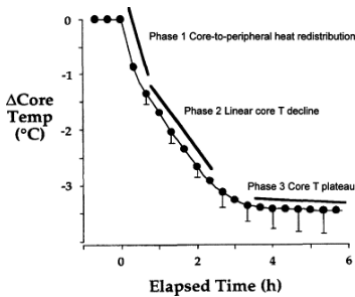
Natürlich ist es am besten, wenn eine Hypothermie verhindert wird. Dies können wir mithilfe von aktiven oder passiven Wärmetechniken erreichen.

6.1 VORWÄRMUNG

6.1.1 Einleitung

Durch Vorwärmung wird die Wärmemenge des kälteren peripheren Kompartiments des Patienten aktive vor dem Eingriff erhöht. Der Grund für einen geringeren Abfall der Kerntemperatur besteht darin, dass dann durch die Umverteilung der Abfall der Kerntemperatur wesentlich geringer ausfällt und im Idealfall ganz vermieden werden kann^a.

Abbildung:



Durch Anhebung der mittleren Hauttemperatur über die Kerntemperatur kann eine schnelle Wärmeübertragung in den Patienten erreicht werden. Ein Temperaturanstieg des peripheren Kompartimentes trägt zu einer Minimierung des normalen Kern-Peripherie-Temperaturgefälles bei und führt zu einer Gefäßerweiterung vor der Einleitung der Narkose; der Wärmeflussabfluss zur Peripherie durch die Narkoseeinleitung ist dadurch geringer. Um diesen Temperaturanstieg in der Peripherie zu erreichen, müssen in der präoperativen Zone oder im Einleitungsraum aktive Wärmegeräte, z. B. Luftwärmungsgeräte mit Gebläse, eingesetzt werden.

Das Auftreten von intraoperativer oder postoperativer Hypothermie wird bei vorab erwärmten Patienten erheblich seltener beobachtet. Dies sollte vor allem bei Patienten berücksichtigt werden, die einem hohen Hypothermie-Risiko und den damit verbundenen Komplikationen ausgesetzt sind. Das American College of Surgeons empfiehlt eine Vorwärmung bei allen Patienten, die sich einem Eingriff unterziehen müssen, der voraussichtlich länger als 30 Minuten dauert.

Wenn ein routinemäßiges Vorwärmungsprotokoll nicht für alle zu operierenden Patienten umzusetzen ist, wird eine Vorwärmung für diejenigen Patienten empfohlen, die am meisten davon profitieren. Hypothermie wird postoperativ häufig bei Patienten beobachtet, die (meist nach einem umfangreichen chirurgischen Eingriff) auf die Intensivstation verlegt werden (AAA, Thorax- oder onkologische Chirurgie), oder bei Patienten, die im Allgemeinzustand reduziert sind. Schwerkranke Patienten gelten auch als besonders anfällig für Komplikationen infolge von Hypothermie, die sich als perioperative kardiale Ereignisse, Infektionen im

OP-Bereich und Komplikationen im Zusammenhang mit Transfusionen zeigen.

Vorwärmung schränkt die Verteilung der Körperwärme mithilfe zweier Mechanismen ein:

- Durch Erhöhung der Hauttemperatur nimmt das Kern-Peripherie-Temperaturgefälle ab.
- Der Einsatz von externer Wärme führt schon vorab zu einer Gefäßerweiterung. Die Sympathikolyse und folgende Gefäßerweiterung nach der Narkoseeinleitung wirkt sich so weniger auf die Kerntemperatur aus.

6.1.2 Wie wird eine solche Vorwärmung erreicht?

Um die Umverteilungs-Hypothermie zu verhindern oder abzuschwächen, sollte das Temperaturgefälle Kern-Peripherie so gering wie möglich sein. Mit anderen Worten: Die Hauttemperatur sollte so weit wie möglich mit der Kerntemperatur übereinstimmen. Besonders die Arme und Beine müssen bedeckt werden. Diese Körperteile, die normalerweise kälter als der Kern sind, können zusätzliche Wärme aufnehmen und spielen eine wichtige Rolle bei der Verhütung und Einschränkung einer Umverteilungs-Hypothermie.

Die optimale Dauer oder Temperatur der Vorwärmung kann bei den Patienten variieren, aber klinische Befunde haben gezeigt, dass die Wärme, die während einer 30-minütigen Erwärmung durch Gebläseluft bei 40°C bis 43°C entsteht, im Allgemeinen die Wärmemenge übersteigt, die sich während der ersten Stunde der Vollnarkose umverteilt. Vom praktischen Standpunkt aus sollte die Vorwärmung so kurz wie möglich dauern. Eine kürzlich durchgeführte Studie zeigt, dass sich 10 bis 30 Minuten aktive kutane Erwärmung durch Gebläseluft als effektiv erwiesen haben. Eine höhere Zimmertemperatur und isolierende Materialien können in diesem Zeitraum zur Verminderung von Wärmeverlusten beitragen und so die Wärmespeicherung unterstützen.

Die Hautoberfläche muss unbedingt so weit wie möglich isoliert und/ oder aktiv gewärmt werden. Decken Sie den Patienten also abgesehen vom Gesicht vollständig ab. Beginnen Sie mit der Vorwärmung, sobald der Patient im Warteraum eintrifft. Der die aktive Wärmung soll möglichst fortgeführt werden, bis die Patienten in den OP gebracht werden. Während des Transports sollte der Patient mit einem gut isolierenden Material bedeckt werden, um die gespeicherte Wärmemenge zu erhalten. Die

Isolationsstrategie soll fortgeführt werden, bis der Patient im Operationsaal eintrifft.

Das Management der Kerntemperatur eines Patienten sollte beginnen, wenn er im präoperativen Warteraum eintrifft; Patienten können je nach Art des zur Verfügung stehenden Verfahrens oder ihrem Zustand angemessen isoliert oder aktiv gewärmt werden.

Die aktive Wärmung während des Eingriffs nicht unterbrochen werden sollte. Vorwärmung durch Gebläseluft ist hier die beste Entscheidung für ein effektives Ergebnis.

Fazit:

- Es hat sich gezeigt, dass sich Vorwärmung positiv auf die Wärmeverteilung auswirkt, die mit ursächlich für die Hypothermie ist.
- Die Erwärmung eines Patienten ist vor Beginn einer Operation einfacher, weil die gesamte Körperoberfläche vollständig abgedeckt werden kann, ohne dass die Position oder der Operationszugang beeinträchtigt wird.
- Die Gefäßerweiterung aufgrund der Vorwärmung erleichtert die Einführung von peripher-venösen Zugängen.
- Vorwärmung wirkt sich positiv auf das Befinden des Patienten aus. Präoperative aktive Erwärmung ist eine kostengünstige, leicht durchführbare Methode, die zumindest bei Patienten angewandt werden sollte, die eine Risikogruppe in Bezug auf Komplikationen im Zusammenhang mit Hypothermie darstellen.

Die Gefahr einer Hypothermie ist immer dann besonders hoch, wenn der Patient geschwächt ist, z. B. vor, während und nach großen chirurgischen Eingriffen. Zu den Faktoren, die zu einer Hypothermie beitragen können, gehören unter anderem die Dauer des chirurgischen Eingriffs, der Ort der Operation, die Höhe des Blutverlustes, die Wundfläche, die Umgebungstemperatur sowie die Anästhesietechnik. Deshalb reicht es nicht aus, erst in der direkten perioperativen Phase mit der aktiven Erwärmung zu beginnen. Um eine durch Umverteilung ausgelöste Hypothermie zu verhindern, sollte früher begonnen werden, da die Wärmeübertragung wesentlich mehr Zeit in Anspruch nimmt.

Es sollte aber auch die Tatsache berücksichtigt werden, dass sogar kurzzeitige Verfahren dazu führen, dass Patienten eine Hypothermie entwickeln.

Es steht fest, dass die Vorwärmung (aktiv und passiv) sich als gutes oder gar hervorragendes Mittel erwiesen hat, eine Hypothermie und die damit verbundenen Komplikationen bei bestimmten OPs vollständig zu verhindern.

6.1.3 Wie kann der Mistral-Air® Premium-Wärmeanzug bei der Vorwärmung genutzt werden?

Der Mistral-Air® Premium-Wärmeanzug kann als normales Patientenhemd genutzt werden oder als Kleidungsstück für konvektive Wärmung, indem das Mistral-Air®-Wärmegerät direkt mit dem Wärmeanzug verbunden wird. Die Erwärmungsleistung ist vergleichbar mit der Leistung einer Erwachsenen-/Ganzkörperdecke. Während des Transports, wenn keine warme Gebläseluft zugeführt wird, fungiert der Mistral-Air® Premium-Wärmeanzug als Isolation. Die reflektierende Beschichtung und das gedoppelte Material hat einen Isolationsfaktor, der mit einer Bettdecke vergleichbar ist.

6.1.4 Wie wird mit dem Mistral-Air® Premium-Wärmeanzug eine Vorwärmung erzeugt?

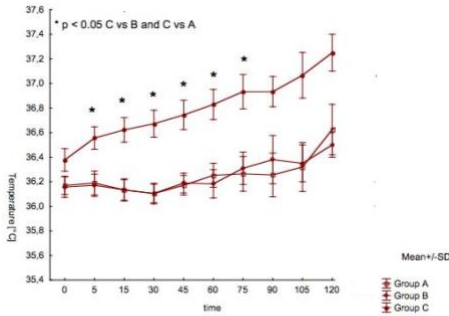
Es wurde eine multizentrische Studie mit dem Premium-Wärmeanzug durchgeführt.

90 ASA I-III-Patienten, die sich Eingriffen mit einer Dauer von 30 bis 120 Minuten unter Vollnarkose unterzogen haben, wurden randomisiert drei Gruppen zugeordnet:

- A. Standardmäßige präoperative Isolierung mit Baumwolldecken (30-40 Min)
- B. Passive präoperative Vorwärmung mit dem Premium-Wärmeanzug (30-40 Min)
- C. Aktive präoperative konvektive Vorwärmung mit dem Premium-Wärmeanzug (30-40 Min)

Die Ergebnisse der multizentrischen Studie mit dem Premium-Wärmeanzug und konvektiver Vorwärmung (Gruppe C) lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Eine höhere orale Temperatur vor Einleitung der Narkose
- Eine erheblich höhere Kerntemperatur, im normothermen Bereich, während der Narkose, am Ende des Eingriffs und auch in der postoperativen Phase
- Eine geringere Anzahl von Patienten mit intraoperativer Hypothermie
- Keine Patienten mit Hypothermie am Ende des Eingriffs oder bei Ankunft im Aufwachraum



Intraoperative temperature course

Abbildung 3 Intraoperative Temperatur in der Speiseröhre (Mittelwert +/- SD)

6.2 Passive Techniken

- Erhöhung der Umgebungstemperatur.
- Kleidung aus Wolle und aus synthetischen Wollersatzstoffen.
- Decken und Bettunterlagen aus vorgewärmten Deckenschränken.
- Isolierende Materialien, z. B. Thermoflect.
- Vorgewärmte Betten.
- Beatmungsfiler (HMEs).
- Es ist außerdem wichtig, dass der gesamte Körper bedeckt bleibt (besonders der Kopf); so wird der Wärmeverlust um ca. 30% reduziert.

Diese Maßnahmen helfen bei der Vermeidung hoher Wärmeverluste. Passive Techniken sind weniger effizient als aktive Erwärmungsmethoden, bei denen der Körper aktiv mit Wärme versorgt wird.

6.3 Aktive Techniken

Die drei gängigsten aktiven Erwärmungstechniken sind:

- Erwärmung durch Luftströmung mithilfe eines Geräts, das warme Luft in eine Decke zur Luftverteilung bläst.
- Intravenöse Flüssigkeitserwärmung mittels eines Inline-Wärmeegeräts für alle Flüssigkeiten (einschließlich Bluttransfusionen) bei niedrigen, moderaten und hohen Flussraten.
- Erwärmung der Spülflüssigkeit, z. B. während einer TUR-Operation.

Auch mit einer Verabreichung von erwärmten Flüssigkeiten sollte vorzugsweise präoperativ begonnen werden, da die besten Ergebnisse mit

diesen Techniken bei der Verhütung von Hypothermie erzielt werden. Auch wenn die jeweiligen Techniken einzeln anzuwenden sind, wird die größte Wirkung erzielt, wenn verschiedene Methoden miteinander kombiniert werden.

6.3.1 Erwärmung durch konvektive wärmung

Dieses System besteht aus einem Gerät, das warme Luft durch eine spezielle Decke bläst, die über oder unter dem Patienten positioniert wird. Die warme Luft entweicht durch kleine Perforationen oder eine Diffusionsschicht, die die Haut des Patienten bedeckt. Das Gebläse kann auf verschiedene Temperaturen eingestellt werden. Derzeit ist die konvektive Wärmung eine der besten Möglichkeiten zur Bekämpfung von perioperativer Hypothermie. Sie kann sowohl bei wachen als auch bei schlafenden Patienten eingesetzt werden. Konvektive Wärmung ist eine aktive Methode, die den Wärmeverlust durch Radiation und Konvektion begrenzt.

Vorteile:

- Relativ kostengünstig.
- Die Decken werden in verschiedenen Ausführungen und Größen angeboten.
- Die Decken wärmen große Körperbereiche.
- Das Gerät und die Decken sind benutzer- und patientenfreundlich.

Nachteile:

- Eine schnelle aktive Erwärmung hängt stark von der peripheren Zirkulation ab.

6.3.2 Blut und Flüssigkeitserwärmung

Kalte Flüssigkeiten werden erwärmt, bevor sie dem Patienten per Infusion oder als Spülung verabreicht werden. Erwärmte Infusionen oder Spülungen können nur einen weiteren Abfall der Kerntemperatur verhindern und nicht die Wärmemenge im Körper erhöhen. Diese Methoden haben ihren Wert und Nutzen in Kombination mit anderen Ansätzen besonders dann gezeigt, wenn große Volumina infundiert werden müssen. Die Erwärmung von Blut und Blutprodukten muss mit einem geeigneten Gerät durchgeführt werden. Von einer unkonventionellen Methode zur Erwärmung von Blut (z. B. in der Mikrowelle) ist stark abzuraten, um zu meiden, dass die Erythrozyten geschädigt werden: Eine Lyse der Zellen und Freisetzung von Mediatoren können das Blut unbrauchbar machen.

Das Problem bei den meisten Flüssigkeits-Wärmegeräten besteht darin, dass die Temperatur flussabhängig im patientennahen Infusionssystem nicht mehr der vom Gerät angegebenen Temperatur entspricht. Der Fluido Infusionswärmer bildet hier eine Ausnahme: Das Gerät zeigt die Temperatur an, die am Ende der Leitung tatsächlich erreicht wird. Dies hängt mit der Erwärmungstechnik im Fluido zusammen. Die Infrarotenergie des Heizelementes wird mittels eines Algorithmus an den Fluss angepasst und so die Temperatur am Ende des Infusionssystems über einen weiten Bereich konstant gehalten.

Vorteile:

- Ein Wärmeverlust wird verhindert.
- Besonders praktisch und effektiv in Kombination mit anderen Methoden.
- Auch anzuwenden zur inline Erwärmung von Spüllösungen während hysteroskopischer Eingriffe, arthroskopischer Operationen, transurethraler Resektionen und Peritonealspülungen.

Nachteile:

- Durchfluss- und Temperatur-Verhältnis
- Die zum Starten des Gerätes erforderliche Zeit
- Die Einstellungsmöglichkeiten

6.4 Welche Erwärmungstechnik ist die beste?

Der klinische Effekt von konduktiven und passiven Erwärmungsmethoden ist gering; diese Verfahren verzögern den Temperaturabfall lediglich und wirken sich primär auf den Patientenkomfort aus. Passive Erwärmungsmethoden, reflektierende Laken und Baumwolldecken werden verwendet, um die Strahlungswärme zu reflektieren, den konvektiven Abtransport von Wärme zu reduzieren und so den Patienten gegen eine kalte Umgebung zu isolieren und den Wärmeverlust zu verringern. Diese Techniken sind gängig, weil sie kostengünstig und relativ einfach anzuwenden sind.

Intravenöse Infusionen oder Spülung mit Flüssigkeiten bei Zimmertemperatur führen zu einer Senkung der Kerntemperatur. Um dies zu verhindern, werden in der Regel inline Blut- und Flüssigkeits-Wärmer eingesetzt. Die Kapazität eines Wärmegeräts zur Erhaltung oder sogar zur Erhöhung der Kerntemperatur hängt von der Effizienz des Geräts und der infundierten Flüssigkeitsmenge ab.

Aktive Erwärmung mit einem Gebläse ist die anwenderfreundlichste effektive Methode zur Erhaltung der perioperativen Normothermie bei

Kindern und Erwachsenen. Es ist möglich, ein Abfallen der Kerntemperatur während einer kombinierten PDA/Vollnarkose zu verhindern. Die Erwärmung durch Decken mit Gebläseluft ist leicht umsetzbar; es werden zahlreiche Deckenmodelle angeboten (Oberkörperdecke, halbe Oberkörperdecke, Unterkörperdecke etc.). Derzeit erscheint diese Erwärmungstechnik als effektivste einfach anzuwendende Methode.

[7.] Leitlinien zum Temperaturmanagement

Es ist offenkundig, dass ein Patient, der sich einem chirurgischen Eingriff unterzieht, Wärme verliert. Das beginnt bereits zu einem frühen Zeitpunkt. Wir müssen deshalb eine Reihe von Faktoren beachten, um diesen Wärmeverlust zu begrenzen. Einige Aspekte, die wir berücksichtigen können und sollten, sind bereits vor der Operation bekannt:

- Der Gesundheitszustand des Patienten
- Die Art und Weise des Eingriffs
- Die Dauer des Eingriffs
- Die Art der Narkose

Die anzuwendenden Erwärmungstechniken können möglicherweise bereits auf der Grundlage dieser Informationen festgelegt werden. Es gibt sehr wenige nationale oder internationalen Leitlinien zur Vermeidung von Hypothermie;

- 1998 erschien eine von der American Society of PeriAnesthesia Nurses (ASPAN) verfasste Leitlinie. Diese Leitlinie, die „Clinical Practice Guideline for the prevention of unplanned peri-operative Hypothermia“ (etwa: Klinische Praxisleitlinie zur Verhütung unbeabsichtigter perioperativer Hypothermie), ist sehr nützlich und relativ umfangreich. Im nächsten Kapitel finden Sie veranschaulichende Ablaufdiagramme zu dieser Leitlinie. Die vollständige Richtlinie können Sie unter der folgenden Adresse lesen und drucken: www.aspan.org
- Das National Institute for Health and Clinical Excellence (Nationales Institut für Gesundheit und Klinische Exzellenz (NICE)) und das National Collaborating Centre for Nursing and Supportive Care (NCC NSC) haben am 23. April 2008 auch eine Orientierungshilfe für den NHS (den staatlichen Gesundheitsdienst) in England und Wales zur Vermeidung von Hypothermie bei Patienten vor, während und bis zu 24 Stunden nach einer Operation (auch unter dem Begriff „perioperative Hypothermie“ bekannt) veröffentlicht.

Diese Leitlinie wurde vom National Collaborating Centre for Nursing and Supportive Care (NCCNSC) im Auftrag des National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE, April 2008) entwickelt. Die Leitlinie wurde vom NICE in Auftrag gegeben und finanziert und gemäß den NICE-Prozessen und -Methoden entwickelt.

Die klinischen Leitlinien von NICE sind Empfehlungen in Bezug auf die Behandlung und Pflege von Menschen mit speziellen Erkrankungen und Zuständen im Rahmen des staatlichen Gesundheitssystems in England und Wales.

In dieser Leitlinie wird Hypothermie als eine Kerntemperatur beim Patienten definiert, die unter 36,0°C liegt. Im Folgenden wird der Begriff „Temperatur“ verwendet, um die Kerntemperatur zu bezeichnen. Erwachsene OP-Patienten unterliegen während des gesamten perioperativen Zeitraums dem Risiko einer Hypothermie. In der Leitlinie wird der perioperative Pfad in drei Phasen unterteilt: Als präoperative Phase gilt der einstündige Zeitraum vor Einleitung der Narkose (wenn der Patient auf der Station oder in der Notaufnahme für den Eingriff vorbereitet wird), die gesamte Narkosezeit wird als intraoperative Phase definiert und die postoperative Phase umfasst die 24 Stunden nach Eintreffen im Aufwachraum in der OP-Abteilung (hierzu gehört auch der Transfer zur Station und die dort verbrachte Zeit). Der Ausdruck „angenehm warm“ wird in der Empfehlung benutzt in Bezug auf die präoperative als auch auf die postoperative Phase; er bezieht auf das Wärmeempfinden der Patienten im Sinne thermischer Bedaglichkeit).

<http://www.nice.org.uk/nicemedia/live/11962/40396/40396.pdf>

Die NICE-Leitlinien beinhalten folgende Empfehlungen:

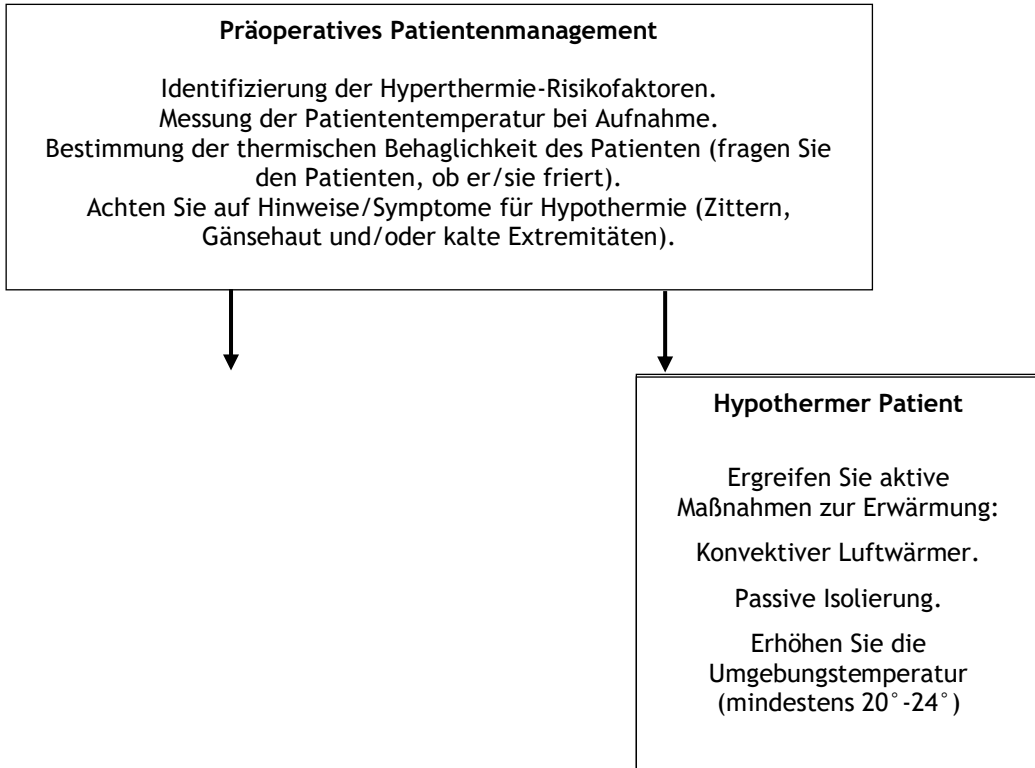
- Halten Sie die Patienten in der präoperativen Phase „angenehm warm“. Verwenden Sie warme Decken und sorgen Sie für eine warme Umgebungstemperatur auf der Station.
- Fordern Sie die Patienten auf, dem Personal sofort mitzuteilen, wenn sie frieren, und erlauben Sie es ihnen, selbst zu den Operationssälen zu laufen (wenn möglich).
- Die Referenzwerte der Thermometer variieren. Es ist wichtig, dass die betroffenen Mitarbeiter auf die Anwendung geschult werden. Das Personal muss sich der elektronischen Korrekturen bewusst sein, die die Geräte automatisch vornehmen.

- Die Narkose sollte erst eingeleitet werden, wenn die Temperatur des Patienten über 36°C liegt.
- Ein Wärmergerät mit Gebläse (Forced Air Warmer, FAW) sollte nach der Anästhesieeinleitung in allen Fällen eingesetzt werden, bei denen die Narkose voraussichtlich länger als 30 Minuten dauert. Es sollte anfänglich auf mindestens 38 °C eingestellt werden.
- Patienten, die unter die Kategorie ASA 2 oder höher fallen, sollten alle ab Anästhesieeinleitung mithilfe von konvektiven Luftwärmern gewärmt werden
- Alle intravenös verabreichten Flüssigkeiten sollten auf mindestens 37°C erwärmt werden.
- Spülflüssigkeiten sollten auf 40°C erwärmt werden.
- Der Erwärmungsvorgang sollte fortgesetzt werden, bis eine Temperatur von 36,5°C erreicht ist (intra- und postoperativ)

[8.] Klinische Praxisleitlinien der ASPAN

ASPAN: American Society of PeriAnesthesia Nurses
(etwa: Amerikanische Gesellschaft des Pflegepersonals im Bereich der perioperativen Betreuung)

8.1 Ablaufdiagramm Wärmemanagement



8.2 Intraoperatives Patientenmanagement

Beurteilung

Identifizieren Sie die Hypothermie-Risikofaktoren des Patienten.
Überwachen Sie die Temperatur des Patienten (siehe Leitlinie).
Erfragen Sie die thermische Behaglichkeit des Patienten (fragen Sie den Patienten, ob er/sie friert).
Achten Sie auf Hinweise/Symptome für Hypothermie (Zittern, Gänsehaut und/oder kalte Extremitäten).



Intervention

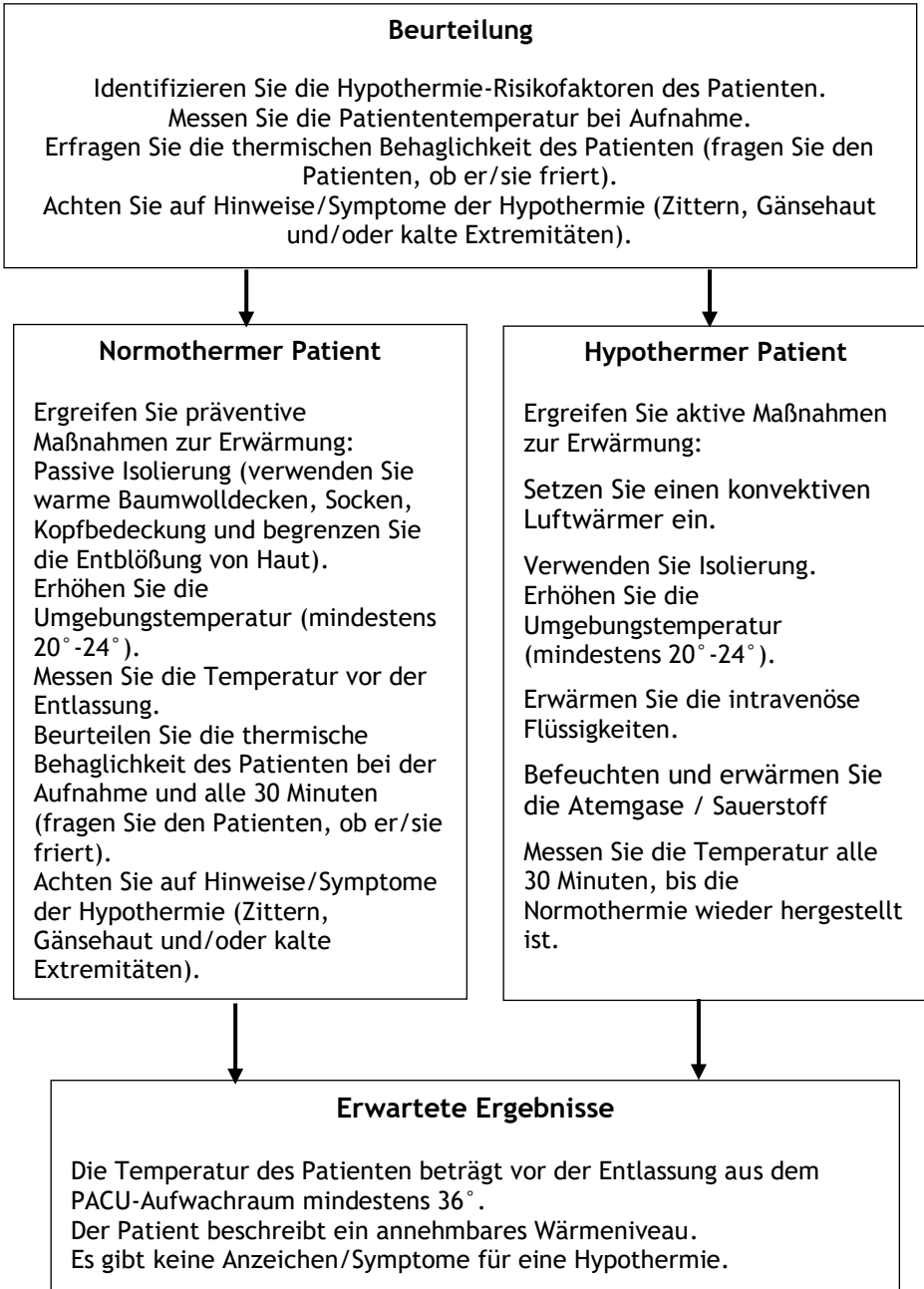
Passive Isolierung (verwenden Sie warme Baumwolldecken, Socken, Kopfbedeckung und begrenzen Sie die Entblößung von Haut).
Erhöhen Sie die Umgebungstemperatur (mindestens 20° -24°).
Ergreifen Sie aktive Maßnahmen zur Wärmung: Setzen Sie konvektive Luftwärmer ein.
Erwärmen Sie die Flüssigkeiten: intravenöse Infusionen und Spüllösungen.
Befeuchten und erwärmen Sie die Beatmungsgase.



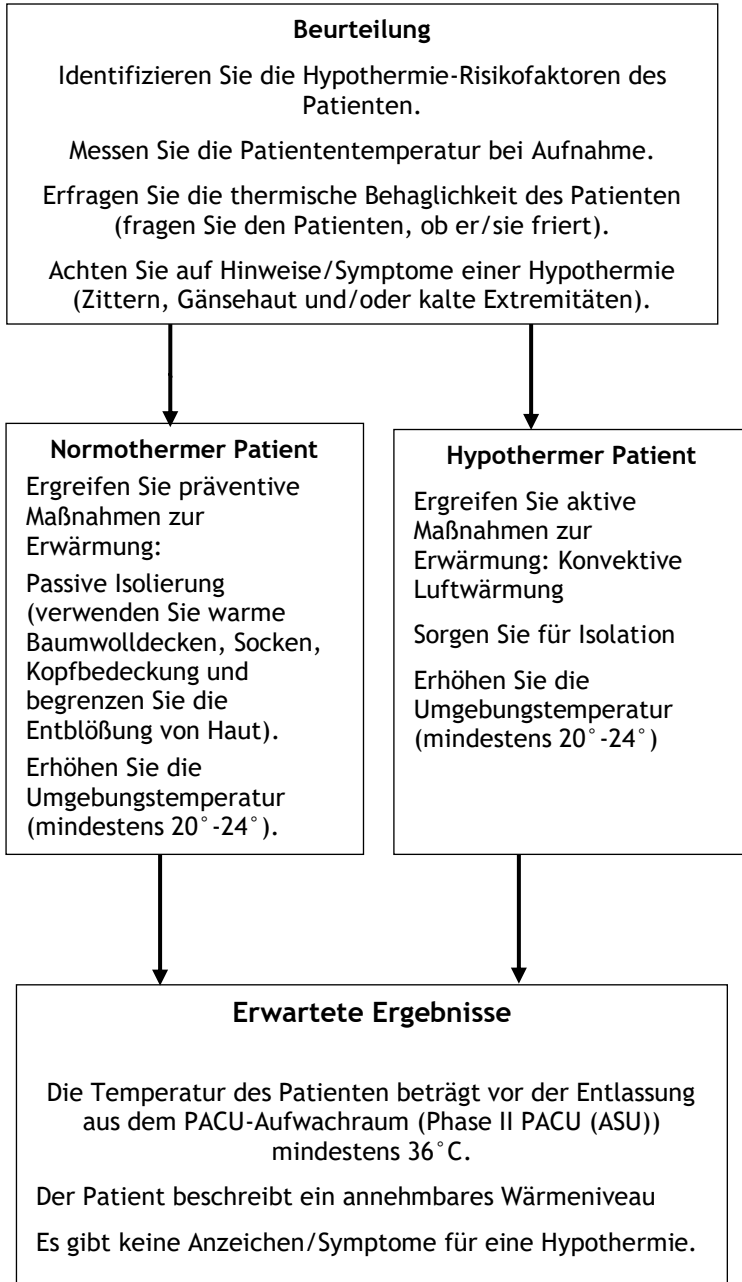
Erwartete Ergebnisse

Die Kerntemperatur des Patienten sollte während der intraoperativen Phase bei 36° oder höher gehalten werden, es sei denn eine Hypothermie ist indiziert

8.3 Postoperatives Patientenmanagement: Phase I PACU



8.4 Postoperatives Patientenmanagement: Phase II PACU (ASU)



8.5 Temperaturäquivalenz-Schaubild

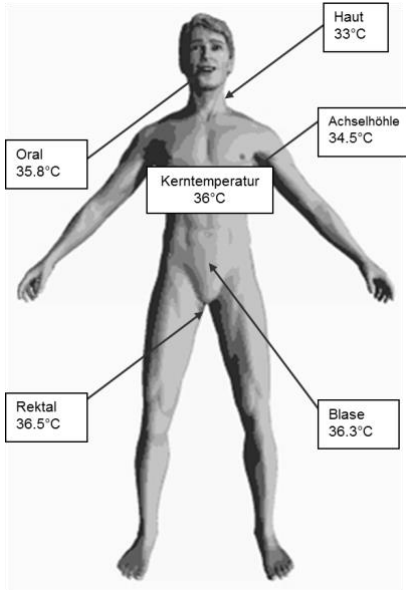


Abbildung 7: Temperaturäquivalenz-Schaubild

Orte zur Messung der **Kerntemperatur**: Lungenarterie, Trommelfell*, Nasenrachenraum und Speiseröhre. **Orte zur Abschätzung der Kerntemperatur** -oral, in der Achselhöhle, Haut, Blase und Rektum.*

* Die rektalen Temperaturen entsprechen der Kerntemperatur, wenn der Patient normotherm ist. Die rektalen Temperaturen werden unzuverlässig, wenn eine Temperaturänderung erwartet wird.

* Die Genauigkeit der Trommelfelltemperaturmessungen kann je nach Instrument, Bediener und Patient variieren.

[-] Literaturhinweise

- American Society of Perianesthesia Nurses.
Clinical guideline for the prevention of unplanned peri-operative hypothermia.
- Atkinson RS, Rushman GB, Lee JA. A synopsis of anaesthesia; 9th ed. Bristol: Wright, 1982.
- Bastiaansen CA, et al. Mens, bouw en functie van het lichaam; 3rd ed. Utrecht: Bohn Scheltema & Holkema, 1988.
- Beek SDJ van. Hypothermie een koud kunstje. Winterswijk, 1992.
- Berti M, Casati A, Aldegheri G, et al. Active warming, not passive heat retention, maintains normothermia during combined epidural-general anesthesia for hip and knee arthroplasty. *J Clin Anesth* 1997; 9: 482-6.
- Berti M, Lenhardt R. Thermoregulation in Anesthesia. ISBN 88-88222-05-7 MADEIA S.N.C. Juni 2002.
- Booy LHDJ, et al, eds. Anesthesiologie. Utrecht: Bunge, 1989.
- Booy LHDJ, et al. Perioperatieve zorg. Principes en praktijk; 2nd ed.. Maarssen, 1998.
- Bowens Feldman ME. Inadvertent hypothermia: A threat to homeostasis in the post anaesthetic patient. *J Post An Nursing* 1988; 3 (2 April): 82-7.
- Carpenter A. Hypothermia during transurethral resection of prostate. *Urology* 1984; 22(2): 122-4.
- Flancbaum L, Trooskin SZ, Pedersen H. Evaluation of blood-warming devices. *Ann Emerg Med.* 1989; 18(4 April), 355/47-359/51.
- Frank SM, El-Rahmany HK, Cattaneo CG, Barnes RA. Predictors of hypothermia during spinal anesthesia. *Anesthesiology* 2000; 92: 1330-4.
- Frank SM, Nguyen J, Garcia C, Barnes RA. Temperature monitoring practices during regional anesthesia. *Anesth Analg* 1999; 88: 373-7.
- Frank SM, Beattie C, Christopherson R, et al. Epidural versus general anesthesia, ambient operating room temperature, and patient age as predictors of inadvertent hypothermia. *Anesthesiology* 1992; 77: 252-7.
- Gendron F. 'Burns' occurring during lengthy surgical procedures. *J Clin Engineer* 1980; 5(1 Jan/March).
- Grigore AM, et al. Temperature regulation and manipulation during surgery and anesthesia. *Anesthesiology online*, May 1998.
- Have F ten. *Kliniekboek anesthesie. Een praktisch naslagwerk.* Utrecht: De Tijdstroom, 1995.

[-] Literaturhinweise

- Holdcroft A, Hall GM. Heat loss during anaesthesia. *Br J Anaesth* 1978; 50: 157-64.
- Holdcroft A. Body temperature control in anaesthesia, surgery and intensive care. London: Baillière Tindall, 1982.
- Imrie MM, Hall GM. Body temperature and anaesthesia. *Br J Anaesth* 1990; 64: 346-54.
- Jurkovich GJ, Hall GM. Hypothermia in trauma victims an ominous predictor of survival. *J Trauma* 1987; 27(9 Sept): 1019-24.
- Kahle W, et al. Anatomie van het zenuwstelsel en de zintuigen; 8th ed. Sesamatlas part 3. Baarn: Bosch en Keuning, 1988.
- Knape JTA, Kipperman AHVA. Matrasverwarming bij operatiepatiënten. Manuscript for *Ned Tijdschr Anesth*.
- Knape JTA. Mechanismen van warmteverlies bij operatiepatiënten en de behandeling daarvan. *Ned Tijdschr Anesth* 1990.
- Kouchlaa M, Hoeks W. Hypothermie een begrip waar je koud van wordt. *NTVA* 2003; 20(6 Nov).
- Kurz A, Sessler D, Lenhardt R, and the Study of Wound Infection and Temperature Group. Peri-operative normothermia to reduce the incidence of surgical wound infection and shorten hospitalisation. *New Engl J Med* 1996; 334: 1209-15.
- Larsen R. Anästhesie und Intensivmedizin für Schwester und Pfleger; 2nd ed. Berlin: Springer Verlag, 1999.
- Miranda DR, et al. Core temperature monitoring in the critically ill patient. Groningen: Scientific Edition 8/86 [Copyright Mallinckrodt GmbH, Germany].
- Montanini S, et al. Recommendations on peri-operative normothermia. Working Group Peri-operative Hypothermia, Italian Society for Anaesthesia, Analgesia, Resuscitation, and Intensive Care. *Minerva Anesthesiol* 2001; 67: 157-8.
- Sessler DI. Mild peri-operative hypothermia. *New Engl J. Med* 1997; 336:1730-7.
- Sessler DI. Peri-operative Heatbalance. *Anesthesiology* 2000; 92: 578-96.
- Sessler DI. Temperature monitoring. *Anesthesia* 1994; 1363 -1382.
- Sessler DI. Current concepts. Mild intra-operative hypothermia. *N Eng J Med* 1997; 336: 1730-7.
- Snow JC. Handboek Anesthesie. Lochem, De Tjdstroom, 1983.
- Spierdijk J. Inleiding Anaesthesiologie. Alphen a/d Rijn: Stafleu, 1982.
- Website The 37Company (www.the37company.com).

Zaballos J.M. et. al., Efficacy of a New Convective Pre-warming System in the Prevention of Peri-operative Hypothermia”, Poster presented at ASA 2012