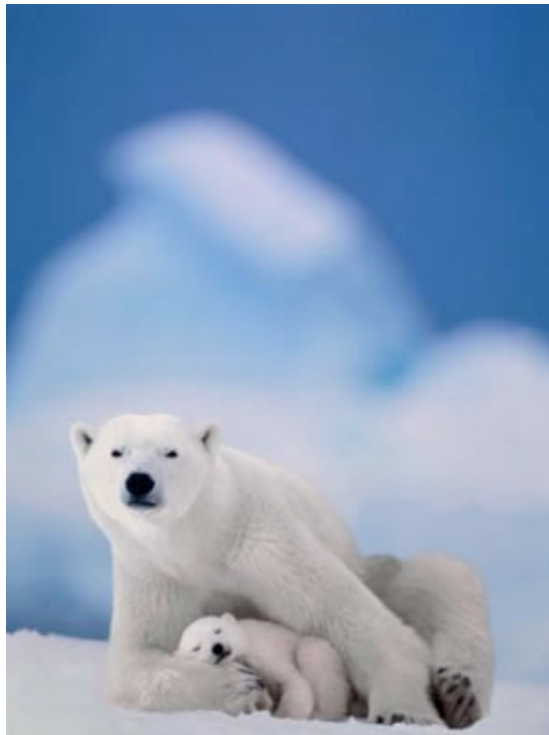


DIPLOMARBEIT von FRANZISKA BRAUN

MILDE HYPOTHERMIE



WEITERBILDUNGSKURS 2007

UNIVERSITÄTSSPITAL BASEL

Vorwort

Ich möchte mein Augenmerk auf die perioperative Hypothermie richten. Diese Problematik ist Alltag für das Anästhesie-Team.

Zu diesem Thema kam ich folgendermassen. Ich war für drei Monate im UKBB und durfte Kinder anästhesieren. Während diesen Wochen wurde mir sehr bewusst, wie schnell die Kleinen auskühlen und wie wichtig es ist, dass man sie gut wärmt. Natürlich verlieren auch die Erwachsenen perioperativ schnell an Wärme. Somit wollte ich mehr über dieses Thema bei erwachsenen Menschen erfahren. Ich begann mich mehr und mehr für dieses Gebiet zu interessieren. Bei meinen Forschungen kam ich zu sehr vielen Informationen und war erstaunt darüber, wie viel Wissenswertes es zu diesem Thema gibt. Es machte mir richtig Spass mehr darüber zu erfahren.

Ich entschied mich dazu, diese Thematik in meiner Diplomarbeit zu behandeln.

Beim Durchlesen vieler verschiedenen Arbeiten bemerkte ich, dass ich das Thema viel stärker eingrenzen musste. Ich entschloss mich das Augenmerk auf zwei Dinge zu beschränken. Einerseits wollte ich die Auswirkungen der Hypothermie auf die Wundheilung beschreiben, weil ich als diplomierte Pflegefachfrau für das Wundmanagement zuständig und sehr daran interessiert war. Andererseits wollte ich wissen, ob wir an der Universität Basel ein gutes perioperatives Wärmemanagement haben. Das Ziel meiner Arbeit ist das Wärmemanagement zu überprüfen und herauszufinden wie die milde Hypothermie auf die Wundheilung wirkt.

Für die Unterstützung und Hilfeleistungen im Vorfeld der Arbeit möchte ich mich speziell bei Christoph Schori bedanken. Herr Schori hat mich in meiner Themenwahl bestärkt und unterstützt.

18.03.2008, Neuendorf

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	4
1.1 Methode des Vorgehens	5
2. Hauptteil	
2.1 Historisches zur Temperaturmessung	5
2.2 Temperaturmessung	6
2.2.1 Instrumente zur Temperaturmessung	7
2.3 Wärmeproduktion	7
2.4 Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe	8
2.5 Physiologie des Wärmehaushaltes beim wachen Patienten	9
2.5.1 Thermoregulationsmechanismen	10
2.6 Thermoregulation beim anästhesierten Patienten	11
2.7 Mögliche Auswirkung einer perioperativen Hypothermie	12
2.8 Wärmemassnahmen	12
2.9 Physiologie der normalen Wundheilung	15
2.10 Allgemeine Wundheilungsstörungen	17
2.11 Wundheilungsstörungen durch eine milde Hypothermie	18
2.12 Klinische Bedeutung der milden perioperativen Hypothermie für die Wundheilung	20
3. Schlussteil	20
4. Literaturverzeichnis	22

1. Einleitung

Aufbau der Arbeit:

Da das Thema "Hypothermie" sehr weitläufig ist, musste ich mich einschränken. Regionalanästhesien, Kinder und polytraumatisierte Patienten habe ich bewusst weggelassen, da dies den Rahmen der Arbeit gesprengt hätte.

Ich möchte mich in meiner Diplomarbeit auf den erwachsenen Menschen mit einer Allgemeinanästhesie konzentrieren.

Somit bin ich zu folgenden zwei Fragestellungen gekommen:

- ◆ Mit welchen wirkvollen Massnahmen können wir die milde perioperative Hypothermie bei einem erwachsenen Patienten in Allgemeinanästhesie vermeiden?
- ◆ Welche Auswirkungen hat die milde perioperative Hypothermie auf die postoperative Wundheilung bei einem erwachsenen Patienten in Allgemeinanästhesie?

Was heisst "**milde Hypothermie**"?

Die Hypothermie wird klinisch in eine milde, moderate und tiefe Hypothermie unterteilt. Zusätzlich unterscheidet sich die Klassifizierung in akzidentielle und kontrolliert therapeutische Hypothermie. Dies ist die gebräuchlichste Einteilung und ist in Abbildung 1 zusammengefasst.

Meist gebräuchliche Klassifizierungen der Hypothermie		
Hypothermie	Akzidentiell	Kontrolliert therapeutisch
Mild	32–35,9°C	34–35,9°C
Moderat	28–31,9°C	32–33,9°C
Tief	<28°C	<32°C

Abb 1. Quelle: Brück, A., Girbes, A.R.J., Polderman, K.H. (2005). Kontrollierte milde und moderate Hypothermie. *Der Anaesthetist. Zeitschrift für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfall- und Katastrophenmedizin, Schmerzmedizin*, 54, 225-244.

1.1. Methode des Vorgehens

Zum Recherchieren benutzte ich elektronische Datenbanken wie pub-med, Google und das Wikipedia.

Beim pub-med habe ich die Schlagwörter einzeln eingegeben, anschliessend versuchte ich verschiedene Kombinationen, indem ich in die „History“ ging und die Schlagwörter zuerst mit „or“ eingegeben habe und anschliessend mit „and“. Als ich dann noch die „Limits“ einschränkte auf „Deutsch“ und „nicht älter als 5 Jahre“, hatte ich das Glück, dass sich viele deutsche Studien fanden, welche ich für meine Arbeit gebrauchen konnte.

Des Weiteren suchte ich noch unter „Google“ mit denselben Wörtern und habe auch da gute Resultate erhalten.

2. Hauptteil

2.1. Historisches zur Temperaturmessung

Bereits im 5. Jahrhundert v. Chr. nahm Hippokrates Messungen vor um Wärme im Körper zu messen. Verschiedene Erfindungen wurden benutzt, um die Körpertemperatur zu messen. **Gallileo** erfand 1592 ein Thermoskop, welches 1714 von **Fahrenheit** noch verbessert wurde. (ZWAI, das online-Journal für Anästhesie- und Intensivpflege)



Kurze Erklärung zum Thermoskop (vgl. Abb. 2): Es besteht aus einem luftgefüllten Glaskolben A mit angesetzter Glasröhre B. Diese Röhre taucht mit ihrem offenen Ende in ein mit gefärbtem Wasser gefülltes Vorratsgefäss C. Erwärmt sich die Luft im Glaskolben, so dehnt sich diese aus und drückt die Wassersäule in der Glasröhre nach unten. Die Höhe des Wasserpegels wird zur Temperaturanzeige herangezogen. (Leifi Physik. Universität München)

Abb. 2. Quelle:

http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph09/geschichte/01thermometer/thermometer_gesch.htm

Die Temperaturmessung während einer Anästhesie begann schon vor ca. 100 Jahren, als **Harvey Cushing** 1895 die erste anästhesistische Aufzeichnung machte. (ZWAJ, das online-Journal für Anästhesie- und Intensivpflege)

2.2. Temperaturmessung

Zu Beginn möchte ich zwei Begriffe kurz erläutern:

- Kerntemperatur
- Schalentemperatur

Als **Kerntemperatur** wird die an den Thermorezeptoren des Hypothalamus gemessene Temperatur definiert. Im Körperkern liegen die Organe mit hohem Energieumsatz. Dazu gehören neben dem Gehirn auch das Herz, die Nieren und die Leber. Hier ist die Temperatur konstant.

Die **Schalentemperatur** hingegen ist nicht konstant. In verschiedenen Körperregionen gibt es Unterschiede, die dem Temperaturgefälle zur Umwelt hin entsprechen. Das bedeutet, dass die Schalentemperatur von der Aussenwelt abhängig und somit wechselhaft ist. (Z.B. kalte Hände/Füsse im Winter).

Auch ohne Beachtung der Schalentemperatur ist bei der praktischen Durchführung der Temperaturmessung zu bemerken, dass im Körperkern weitere regionale Unterschiede gegeben sind. Abhängig vom Ort der Messung ergeben sich verschiedene Normwerte, die etwa die Differenz zur Kerntemperatur beschreiben (Kerntemperatur beträgt 37°C und die Schalentemperatur zwischen 32-35°C): Achselhöhle -0,4°C bis -0,6°C, Mundboden -0,7°C, Rektum -0,3°, Uterus 0°, Ösophagus -0,55°C und äusserer Gehörgang -0,1°C

(Wikipedia; Klinikum der Universität München, 2001; Silbernagel, S. & Despopoulos, A., 2003)

2.2.1 Instrumente zur Temperaturmessung

Ohrthermometer



Quecksilberthermometer



Temperatursonde:

Latexfreie Gummisonde, an dessen Spitze ein Temperatursensor sitzt. Diese Gummisonde kann an verschiedenen Orten am Körper platziert werden (rectal, oral, nasal, inguinal etc). Aus hygienischen Gründen wird ein Plastikschild über die Sonde gestülpt.

2.3. Wärmeproduktion

Der Körper produziert auf verschiedene Arten Wärme.

Einerseits durch den Metabolismus, die sogenannte obligate metabolische Wärme, welche in den Mitochondrien jeder einzelnen Zelle entsteht. Andererseits durch aktive Bewegung, Kältezittern und zitterfreie Wärmebildung.

Daraus lässt sich folgern, dass die Wärmeproduktion vom Energieumsatz abhängig ist. In Ruhe sind an der Wärmebildung zu ca. 59% die inneren Organe beteiligt und zu ca. 28% Muskulatur und Haut (vgl. Abb. 3). Bei Körperlicher Arbeit nimmt die Wärmebildung um ein Mehrfaches zu, wobei der Anteil der Muskulatur bis auf ca. 90% der Wärmebildung im Körper anwachsen kann. (Silbernagel, S. & Despopoulos, A., 2003; Wikipedia; Klinikum der Universität München, 2001)

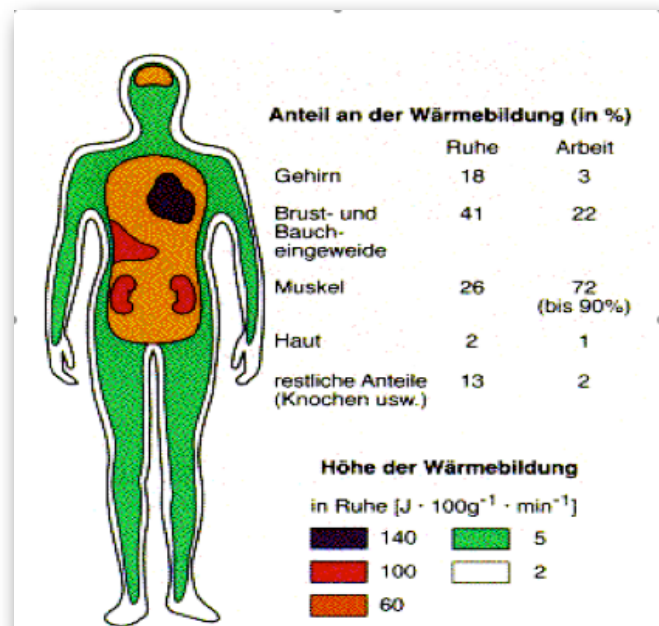


Abb. 3.: Wärmeproduktion der einzelnen Organe

2.4. Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe

Die Wärme, die im Körper gebildet wird, wird durch den Blutstrom zur Körperoberfläche transportiert. Dieser Wärmestrom ist nur möglich, wenn die Temperatur der Haut kleiner ist als die des Körperkerns. Ist die Umgebungstemperatur höher als die Kerntemperatur passiert das Umgekehrte, d.h. Wärme wird von der Körperoberfläche zum Kern geleitet (Sauna). Entscheidend für den Wärmetransport zur Haut ist vor allem die Hautdurchblutung. (Silbernagel, S. & Despopoulos, A., 2003)

An der Wärmeabgabe sind vier physikalische Mechanismen beteiligt (vgl. Abb. 4):

- **Konduktion** = Wärmeleitung. Die Wärmeübertragung durch direkten Kontakt zwischen Objekten (Menschen oder Gegenstände der Umgebung). Sind diese heißer als die Haut, nimmt der Körper von dort Strahlungswärme auf, sind sie kälter, kann die Haut in diese Richtung Strahlungswärme abgeben.

- **Konvektion** = Wärmeabgabe an vorbeiströmende Luft. In einem geschlossenen Raum steht die Luftschicht um uns herum. Bei Zugluft werden diese warmen Luftmassen von uns weggetragen und durch kalte Luft ersetzt, die wir wieder mit unserer Körperwärme aufheizen müssen. Bei Zugluft verlieren wir also ständig Wärme an die vorbeiströmende Luft. Dieser Effekt wird auch "Chill-Faktor genannt.

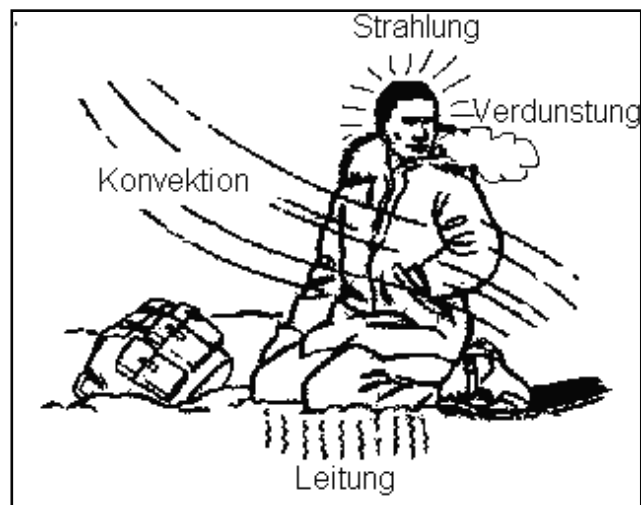


Abb. 4. Quelle:

<http://www.abenteuerurlaub-online.de/survival/ausruerst/wetter.htm>

- **Evaporation** = Verdunstung. Der physikalische Übergang von flüssigen in gasförmige Medien braucht Energie. Diese Energie wird dem Körper entzogen. Diese Eigenschaft macht man sich zu Nutzen um bei Fieber mit Wadenwickel die überschüssige Energie/Temperatur abzuleiten. Wasserverdunstung über Haut

macht 90% aus. (Sichtbare Schweißsekretion = Perspiratio sensibilis). Wasserverdunstung über Schleimhaut und Atemtrakt macht 10% aus. (Unsichtbares Verdunsten = Perspiratio insensibilis).

- **Radiation** = Wärmestrahlung. Die Energieübertragung zwischen Objekten findet mittels elektromechanischer Wellen statt. Strahlung benötigt kein Vehikel zur Wärmeübertragung. Bsp.: Sonne wärmt Hauswand ohne direkten Kontakt. (Silbernagel, S. & Despopoulos, A., 2003; ZWAI, das online-Journal für Anästhesie- und Intensivpflege; Reiseagentur "Die Zugvögel")

2.5. Physiologie des Wärmehaushaltes beim wachen Patienten

Der Mensch ist ein sogenanntes homoiothermes (gleichwarmes) Lebewesen. D.h. er kann seine Kerntemperatur auf einem konstanten Sollwert halten (Vgl. Abb. 5). Dieser beträgt im Mittel rund 37° Celsius. (Silbernagel, S. & Despopoulos, A., 2003)

Im Gegensatz dazu stehen die poikilothermen (wechselwarmen) Lebewesen wie z.B. die Echsen und Schlangen. Diese sind nicht in der Lage ihre Kerntemperatur auf konstantem Niveau zu halten. Bei Kälte sinkt die Kerntemperatur und bei Wärme steigt sie an (Vgl. Abb. 5). Die Eidechsen z.B. sonnen sich an warmen Plätzen um

ihre Körper auf Betriebstemperatur zu bringen. (Wikipedia)

Beim Menschen ist die Konstanthaltung der Körpertemperatur nur möglich wenn sich Wärmeproduktion und Wärmeaufnahme im Gleichgewicht befinden mit Wärmeabgabe und Verlust.

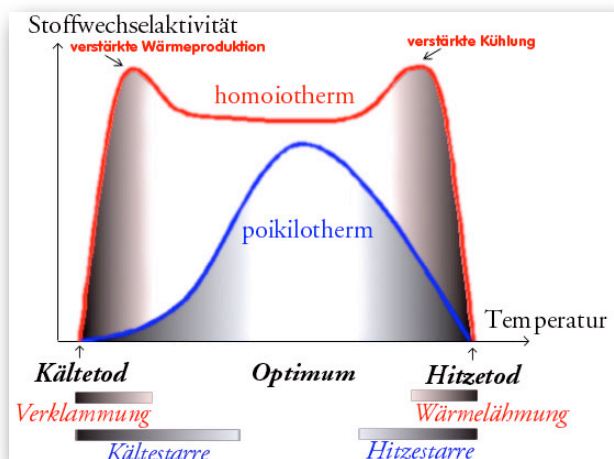


Abb. 5. Quelle:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Thermoregulation#Begriffserl.C3.A4uterung>

4.5.1. Thermoregulationsmechanismen

Wärmemechanismen:

- Kältezittern
- Vasokonstriktion
- Verhalten (z.B. sich in die Sonne begeben. Am Ofen wärmen etc.)

Kühlungsmechanismen:

- Schwitzen
- Vasodilatation
- Verhalten (z.B. körperliche Anstrengung vermeiden)

“Aufgabe der Thermoregulation ist es, die Kerntemperatur trotz der Schwankungen von Wärmeaufnahme, Wärmebildung und Wärmeabgabe auf einem Sollwert konstant zu halten. Dieser beträgt im Mittel rund 37°C und unterliegt Wärmeschwankungen von etwa $0,6^{\circ}\text{C}$. Diese Sollwertverstellung wird durch eine „innere Uhr“ gesteuert. Eine längerfristige Sollwertverstellung wird beim Menstruationszyklus und bei Fieber beobachtet.

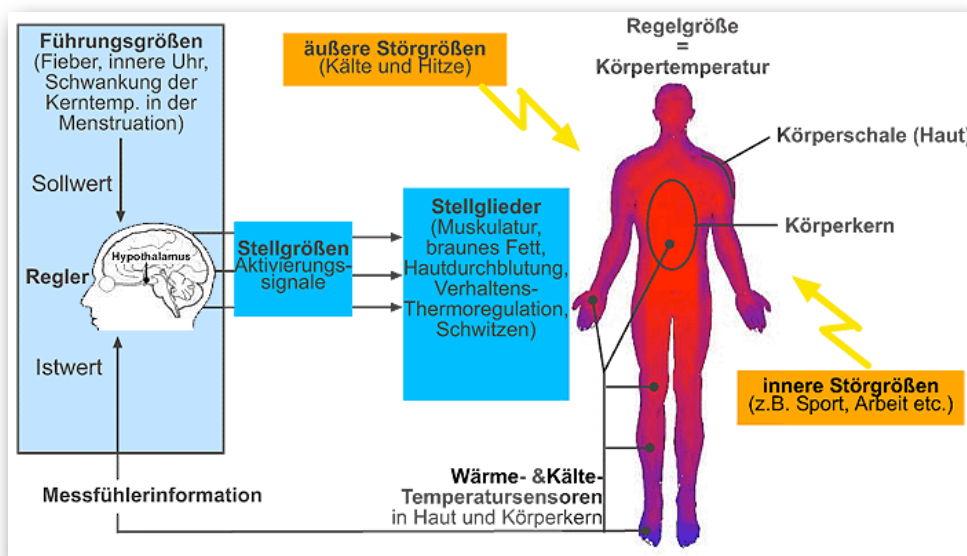


Abb. 6. Quelle:

<http://www.uni-duesseldorf.de/MathNat/Biologie/Didaktik/Thomas/seiten/thermo/therm2.html>

tet. Der Hypothalamus ist das Regelzentrum der Thermoregulation. Hier sitzen zentrale Thermosensoren, die die Kerntemperatur registrieren (vgl Abb. 6). Zusätzliche Informationen kommen vom Rückenmark sowie von den peripheren Thermosensoren der Haut. Im Hypothalamus wird die tatsächliche Kerntemperatur (Istwert) mit dem Sollwert ver-

glichen, und bei Abweichungen wird gegenreguliert". (Silbernagel, S. & Despopoulos, A., 2003, S. 224).

Bei einer Grippe werden z.B. durch Viren diverse Mediatoren freigesetzt, welche den Temperatur-Sollwert nach oben verschieben. Gleich einem Thermostaten versucht der Körper nun diese neue Temperatur zu erreichen indem er durch Muskelzittern die dazu nötige Wärme produziert. Der Patient hat den typischen Schüttelfrost zu Beginn der Grippe. Wenn die viralen Erreger vom Abwehrsystem des Körpers dezimiert worden sind wird der Thermostat (Temperatur-Sollwert) wieder auf Normaltemperatur zurückgesetzt. Jetzt versucht der Körper die überschüssige Wärme wieder loszuwerden. Der Patient bekommt Schweissausbrüche. Mit der Evaporation des Schweißes geht nun die Temperatur verloren, solange bis die normale Kerntemperatur wieder erreicht ist.

2.6. Thermoregulation beim anästhesierten Patienten

Besonders während einer Allgemeinästhesie ergeben sich Temperaturabfälle durch eine Wärmeumverteilung vom Körperkern zur Schale, welche hauptsächlich durch eine Vasodilatation ausgelöst wird. Schon 30 Min. nach Einleitung der Anästhesie fällt die Temperatur um circa 0.5 - 1 ½° C. (Klinikum der Universität München, 2001)

Schuld an dieser Vasodilatation sind unsere Medikamente, welche oft vasodilatierende Eigenschaften haben. Zum Teil sind diese gewollt (gewisse Antihypertensiva wie Ebrantil, Perlinganit, Clonidin), oft sind es aber Nebenwirkungen (Inhalation- und i.v.-Anästhetika, Benzodiazepine, Opiate). In letzterem Fall über einen sympathikolytischen Effekt.

Durch ihre Wirkungen am Hypothalamus verhindern Anästhetika auch das kompensatorische Gegenregulieren bei Temperaturabfall. Eine Vasokonstriktion ist nicht mehr möglich. Wärme geht in der Körperperipherie verloren. Die Wärmeproduktion durch Muskelzittern ist bei Gabe von Muskelrelaxantien ebenfalls verunmöglicht. (Klinikum der Universität München, 2001)

Zu der verminderten Regulationsfähigkeit des anästhesierten Patienten kommen zusätzlich die kalte Umgebungstemperatur im Operationsaal, kalte Transfusionen, Infusionen und Spülungen dazu.

2.7. Mögliche Auswirkung einer perioperativen Hypothermie

Insgesamt wird der Metabolismus durch Kälte reduziert. Alle Stoffwechselprozesse laufen langsamer ab. Auch unsere Anästhetika und Muskelrelaxanzien werden durch eine unbeabsichtigte Hypothermie verzögert metabolisiert.

Die Thrombozytenfunktion wird beeinträchtigt und führt deshalb zu vermehrten Blutverlusten, die Hemmung der polymorphkernigen neutrophilen Granulozyten ist die wahrscheinliche Ursache für eine erhöhte Infektionsrate der hypothermen Patienten. Ebenfalls wird durch die Hypothermie die Wundheilung verzögert (Vgl. Kapitel 2.11)

(Lenhardt, R. Spiss, C.K., 1999)

2.8 Wärmemassnahmen

Der rasche Temperaturabfall nach der Einleitung ist schwer zu vermeiden. Er beträgt ca. 0,5-1,5°C. Dies resultiert aus der Umverteilung von kühlem peripheren Blut zum Körperkern.

Allen Personen, welche im Operationssaal arbeiten (Anästhesie, Chirurgen, Instrumentierpersonal) sollte bewusst sein, dass die Normothermie des Patienten wichtig ist.

Die perioperative Wärmeprotektion kann auf verschiedene Arten sichergestellt werden. Im Folgenden werden die Wichtigsten genauer dargestellt:

Raumtemperatur

Es gilt die Regel: Der Patient hat Vorrang! Bei einem hypothermen Patienten wird die Saaltemperatur angehoben. Dies auch gegen den Einwand von Seiten der Operateure oder des Instrumentierpersonals, welche eine tiefe Saaltemperatur wünschen. Meistens findet sich ein Konsens, wenn man ihnen die Situation erklärt.

Warme Decken + Infusionen

Eine einfache Methode den Patienten vor Auskühlen zu schützen. Mittels Decken oder Hemden aus dem Wärmeschrank vermindern wir den Wärmeverlust durch *Konvektion*. Vorgewärmte Infusionen bringen Wärme direkt zum Körperkern. *Konduktion* lautet hier das Stichwort.

Erfahrungsgemäss empfinden die Patienten diese warmen Decken und Hemden als sehr angenehm. Es gibt den Patienten auch ein Gefühl von Sicherheit und gleichzeitig wird vermittelt, dass nicht nur ihre Krankheit, sondern auch ihr Wohlbefinden im Vordergrund steht.

Bair hugger

Das Wärmeinstrument funktioniert mittels eines elektrischen Aggregates (vgl. Abb. 7). Die Luft wird erwärmt (drei verschiedenen Temperaturen sind einstellbar), über einen



Abb. 7: Bair hugger

Mehrwegschlauch in die speziellen Decken geleitet. Diese bestehen aus Luftkammern welche feine Poren haben. Durch diese Poren strömt die warme Luft zum Patienten. Diese Decken haben die beste Wirkung, wenn sie direkt auf dem Patienten liegen. Wärme wird mittels *Konvektion* zum Patienten geleitet. Liegen andere Schichten zwischen Decke und Patient, z.B. Leintücher oder Hemden, kommt die warme Konvektionsströmung nicht zum Patienten.

Level one

Druck-Infusionssystem: Infusionen oder Transfusionen gelangen über zwei Druckkammern mit je 300 mmHg in einen Aluminium-Wärmetauscher (im Wasser-Gegenstrom-Prinzip). Das zirkulierende Wasser im Wärmetauscher beträgt 42° Grad. Dort werden die Infusionen auf konstante 39° Grad erwärmt (vgl. Abb. 8).

Wie funktioniert das Wassergegenstromprinzip?

42° Grad warmes Wasser fliesst durch eine zentrale Röhre. Die Infusionsleitung ist spiralförmig um diese zentrale Röhre herum angebracht. Beim Fließen durch die Spirale wird die Infusionsflüssigkeit gewärmt.



Abb. 8: Level one

Infusionswärmer (z.B. Astotherm ®)

Dieser leistungsstarke Blut- und Infusionswärmer ist schnell und einfach einsatzbereit.



Abb. 9: Infusionswärmer

Es braucht eine Infusion, das normale Infusionsbesteck mit Dreiwegehahn und zusätzlich eine 50 cm Verlängerung für Infusionen. Die Bedienung ist einfach. Die Verlängerung wird zirkulär um die Heizspule gewickelt. Das Gerät hat nur eine Temperaturstufe. Die Flussgeschwindigkeit wird manuell am Infusionsbesteck eingestellt. Um mögliche Wärmeverluste zu vermeiden, wird um die Wärmespirale noch eine Schutzmanschette angelegt. Am

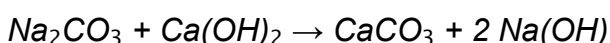
effizientesten funktioniert der Infusionswärmer, wenn zwischen ihm und dem Patienten eine möglichst kurze Distanz liegt. Sonst kühlt die warme Infusionsflüssigkeit wieder ab.

Maschinelle Ventilation mit low flow

Low flow nennt sich die künstliche Beatmung mit nur 0.5 Liter/Min Frischgasfluss. D.h. es werden dem Beatmungssystem nur sehr wenig Frischgase zugeführt. Die ausgeatmeten Gase des Patienten werden im CO₂-Filter vom Kohlendioxid gereinigt und erneut eingeatmet. Dadurch werden Inhalationsanästhetika und Sauerstoff gespart. Ein grosser Vorteil ist aber auch das "sparen" von Wärme: Mit der low-flow Technik wird dem Kreissystem möglichst wenig kalte Luft zugeführt (Abnahme der Konvektion). Durch das Einatmen der vorgewärmten Expirationsluft verliert der Patient weniger Wärme.

CO₂ Absorber im Kreissystem

Der CO₂-Absorber ist ein wichtiger Bestandteil des Beatmungsgerätes. Er absorbiert das expirierete CO₂ des Patienten durch eine chemische Reaktion:



Bei dieser Reaktion wird Energie in Form von Wärme frei. Diese Wärme hilft gegen die Hypothermie. Larsen, R. (2006)

2.9 Physiologie der normalen Wundheilung

Der Prozess der Wundheilung ist komplex. Es benötigt ein bestimmter physiologischer Ablauf um eine normale Wundheilung zu gewährleisten.

Die fünf Phasen der normalen Wundheilung:

Latenzphase oder Hämostase

Bei der Verletzung des Gewebes werden auch Kapillaren verletzt. Durch diese kleine Blutung wird die Blutgerinnungskaskade aktiviert. Durch die Bildung von Fibrin und durch eine lokale Vasokonstriktion wird das kleine Gefäß verschlossen, die Blutung hört auf. Latenz- oder Ruhephase wird dieses Stadium genannt, weil nichts geschieht, das von bloßem Auge sichtbar ist. (Wikipedia; Pflegewiki, 2008; Département de Médecine, Université de Fribourg, 2005-2006)

Exsudationsphase (Exudat = lat. Begriff für "austretende Flüssigkeit")

Jetzt findet eine Vasodilatation im Wundgebiet statt (ca. 2-4 Std. nach Verletzung). Leukozyten wandern in das Wundgebiet ein. Sie bauen Zelltrümmer ab und greifen Bakterien an. Gewisse Leukozyten sezernieren auch Wachstumsfaktoren, welche die Gewebszellen zur Zellteilung (Proliferation) anregen. Durch den Austritt von klarem Wundsekret hat diese Phase den Namen bekommen. Das Wundsekret ist Serum, welches mit Entzündungszellen durchsetzt ist. (Wikipedia; Pflegewiki, 2008; Département de Médecine, Université de Fribourg, 2005-2006)

Die typischen Entzündungszeichen entstehen. Sie werden auch Kardinalsymptome genannt (vgl. Abb. 10):

- **Rubor** = Rötung durch die Vasodilatation (= vermehrte Durchblutung)
- **Calor** = Überwärmung, ebenfalls durch die Vasodilatation
- **Tumor** = Schwellung durch Vasodilatation und Wundödem
- **Dolor** = Schmerzen durch freiliegende Nervenendigungen
- **Functio laesa** = Eingeschränkte Funktion (z.B. entzündliches Gelenk)

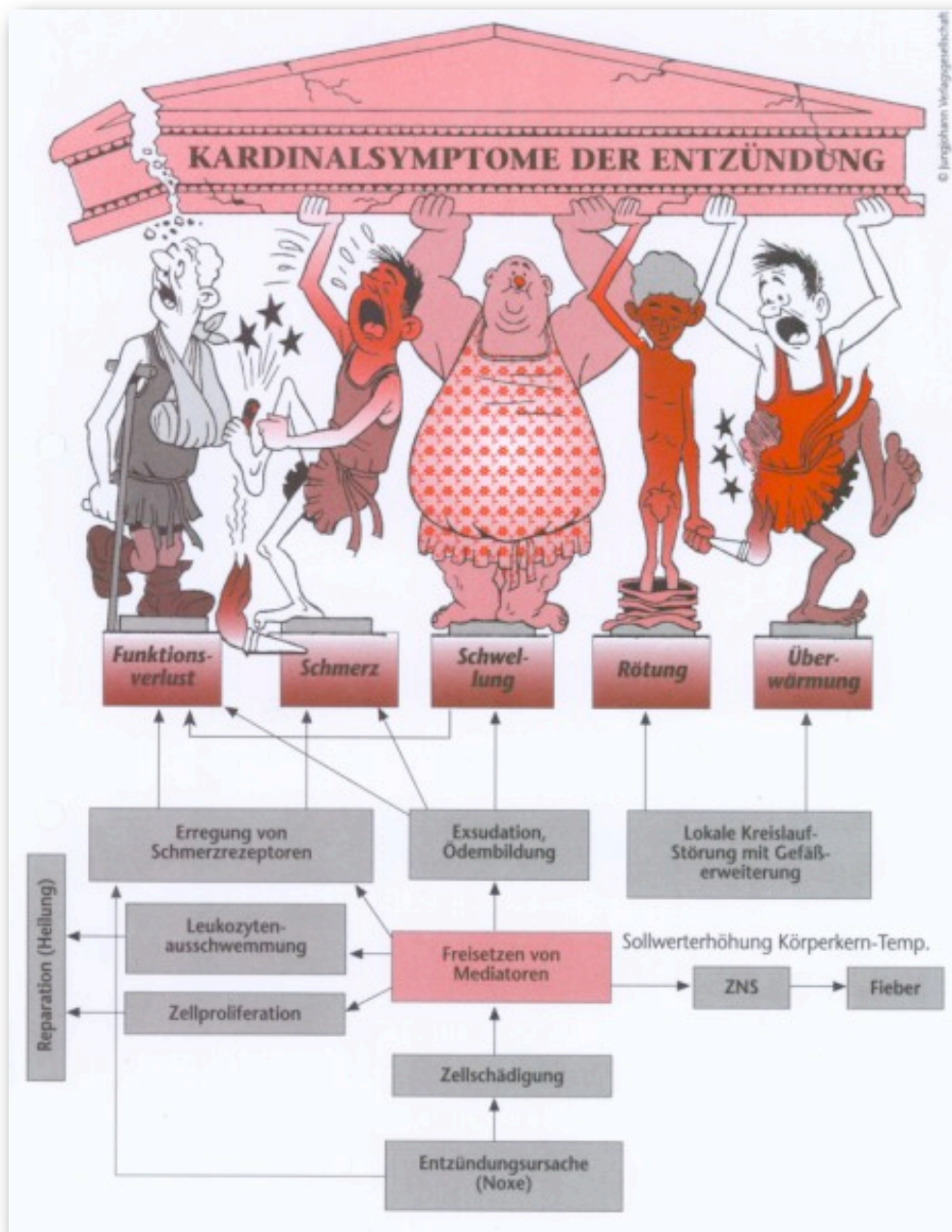


Abb. 10. Quelle:

<http://homepage.univie.ac.at/roland.sedivy/Immunologie/kardinaele.jpg>

Proliferationsphase (Proliferation = lat. Begriff für Bildung, Entstehung)

Die Wunde wird durch neues Bindegewebe langsam aufgefüllt. Ein Synonym dafür ist "Granulationsphase". Das sichtbare Granulationsgewebe ist für die Namensgebung verantwortlich. Neben der Bildung von Bindegewebe wird das, in der Latenzphase gebildete Fibrin durch Plasmin abgebaut. Gleichzeitig sprossen Haarkapillaren in das Wundgebiet ein.

Der zeitliche Ablauf ist sehr komplex und unterliegt dem Einfluss zahlreicher Wachstumsfaktoren (Zytokine). Die Proliferationsphase beginnt bei kleinen Wunden schon

nach ein paar Stunden, bei grösseren Verletzungen vom 4. bis zum 12. Tag. Die Dauer ist stark von diversen Faktoren abhängig:

- ▶ Mangelernährung
- ▶ Mangeldurchblutung
- ▶ Stoffwechselerkrankungen

(Wikipedia; Pflegewiki, 2008; Département de Médecine, Université de Fribourg, 2005-2006)

Regenerationsphase

Jetzt wird die Wunde an der Oberfläche durch *Epithelisation* (Epithel = Deckgewebe) geschlossen. Die granulierende Wunde schliesst sich zu einem Drittel durch „Schrumpfung“ und zu zwei Drittel durch neu gebildete Zellen. Das darunter liegende Granulationsgewebe bildet zunehmend Kollagenfasern aus. Jetzt ist die Wiederherstellung aller Hautschichten nahezu abgeschlossen. Da jedoch noch keine elastischen Fasern gebildet worden sind, verfügt das Narbengewebe über keine Elastizität und ist unvermeidbar minderwertig. Dauer: Ab dem 13. Tag bis zu mehreren Wochen. (Wikipedia; Pflegewiki, 2008; Département de Médecine, Université de Fribourg, 2005-2006)

Maturationsphase (Maturation = lat. Begriff für Reifung)

Die Kollagenfasern werden jetzt besser vernetzt, ausgerichtet und verfestigt. Die Reißfestigkeit nimmt zu. Gleichzeitig nimmt der Wassergehalt des Gewebes ab. Die Narbe schrumpft. Dieser Prozess dauert ein bis zwei Jahre. (Wikipedia; Pflegewiki, 2008; Département de Médecine, Université de Fribourg, 2005-2006)

Nach durchlaufen dieser fünf Schritte ist die normale Wundheilung abgeschlossen.

2.10 Allgemeine Wundheilungsstörungen

Wundheilungsstörungen können aus den unterschiedlichsten Gründen entstehen. Oft ist es eine Kombination aus verschiedenen Ursachen. Diese Ursachen können in allgemeine und lokale Faktoren eingeteilt werden.

Während lokale Faktoren häufig vermieden, oder durch frühzeitige Intervention behoben werden können, sind die allgemeinen Faktoren oft nicht therapierbar.

Allgemeine Faktoren

- **Mangelernährung:** Bei einem Mangel an Proteinen, Kohlenhydraten, Fetten, Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen ist eine schlechte Wundheilung wahrscheinlich, da der erhöhte Nährstoffbedarf des stoffwechselaktiven Wundgewebes nicht ausreichend gedeckt wird.
- **Gewebehypoxie:** Wenn das Gewebe mangelhaft mit Sauerstoff versorgt wird, verschlechtert sich die Wundheilung. Dies ist z.B. der Fall bei Diabetes mellitus, PAVK, chronisch venöse Insuffizienz und Anämie.
- **Immundefizienz:** Ist das Immunsystem geschwächt, z.B. durch Tumore, chronische Infektionskrankheiten oder Immunsuppressiva (Cortison, Zytostatika), ist die Wundheilung beeinträchtigt.
- **Alter:** Ältere Menschen haben eine schlechtere Hautdurchblutung und ein schwächeres Immunsystem.

Lokale Faktoren

- **Wundinfektion**
- **Hämatome**
- **Mangelnde Ruhigstellung, Wunddehiszenz**
- **Serome**
- **Verunreinigung durch Fremdkörper**

(DocCheck Flexicon, 2008; Wikipedia)

2.11 Wundheilungsstörungen durch eine milde Hypothermie

Die milde Hypothermie hat verschiedene Einflüsse auf die Hämostase, das Immunsystem und die Perfusion der Organe. Indirekt wird somit auch die Wundheilung beeinträchtigt.

Störung der Hämostase

Wie zuvor schon erwähnt wird die erste Phase der normalen Wundheilung auch *Latenzphase* oder eben *Hämostase* genannt. Diese Hämostase wird durch die Hypothermie wie folgt gestört:

Die Thrombozytenzahl bleibt unverändert, aber die Funktion der Thrombozyten wird beeinträchtigt. Gleichzeitig besteht eine reduzierte Aktivität der Gerinnungskaskade. Dadurch ist die Entstehung des wichtigen Thrombozyten-Fibrin-Koagels am Schluss der Gerinnungskaskade vermindert. Die Blutstillung ist verzögert. Die Thrombozytenfunktionsstörung ist mit Erreichen der Normothermie reversibel.

Schmied, Kurz, Sessler, Kozek & Reiter (1996) führten eine Studie an Patienten durch, welche künstliche Hüftgelenke erhielten. Eine Gruppe der Patienten wurde aktiv gewärmt, während die andere Gruppe mit Tüchern bedeckt wurde. Dabei wurde ein signifikant höherer Blutverlust bei jenen Patienten gefunden, die nicht normotherm gehalten wurden. Weniger als 2° C Reduktion der Körperkerntemperatur erhöhte den Blutverlust um etwa 500 ml.

Sollten durch die vermehrte Blutungsneigung postoperativ Hämatome entstehen, ist wie schon erwähnt die Wundheilung gestört.

(Pietsch, A.P., Lindenblatt, N. & Klar, E., 2007; Lenhardt, R. Spiss, C.K., 1999; Pannen, B.H.J., 2007; Brück, A., Girbes, A.R.J. Polderman, K.H., 2005).

Störung des Immunsystems

Durch die Vasokonstriktion während einer Hypothermie kommt es zum Abfall des Sauerstoffpartialdrucks im Gewebe. Dadurch wird die Bildung von Sauerstoff-Radikalen vermindert. Diese Sauerstoffradikale sind aber wichtig für die Vernichtung von Mikroorganismen.

Gleichzeitig wirkt sich die Hypothermie negativ auf die Mobilität der neutrophilen Granulozyten aus. Ebenfalls wird die Fähigkeit dieser Granulozyten, Zelltrümmer zu "fressen" (Phagozytose), vermindert.

Die Bildung von Antikörpern ist unter einer Hypothermie gedrosselt.

Durch diese Mechanismen ist die Fähigkeit zur Abtötung von Erregern eingeschränkt. Dadurch ist vor allem die *Exudationsphase* der normalen Wundheilung gestört.

(Pietsch, A.P., Lindenblatt, N. & Klar, E., 2007; Lenhardt, R. Spiss, C.K., 1999; Pannen, B.H.J., 2007; Brück, A., Girbes, A.R.J. Polderman, K.H., 2005).

2.12 Klinische Bedeutung der milden perioperativen Hypothermie für die Wundheilung

- ◆ Die milde Hypothermie führt durch Beeinträchtigung der frühen Wundheilungsphasen (Hämostase und Exudationsphase) zu Störungen des physiologischen Gesamtablaufs der Wundheilung.
- ◆ Durch die Hämostasestörung kommt es zu vermehrtem Blutverlust und Transfusionsbedürftigkeit. Ebenfalls ist die Neigung zur Ausbildung postoperativer Hämatome höher.
- ◆ Die verminderte Infektabwehr ist verantwortlich für die erhöhte Rate an Wundinfekten und Wundheilungsstörungen.
- ◆ Der Metabolismus der intraoperativ verabreichten Medikamente ist verlangsamt. Z.B. ist die Wirkdauer von Atracurium verlängert und die Pharmakokinetik von Propofol verändert (Leslie, K., Sessler, DI., Bjorksten, AR., Moayeri, A., 1995) Dies könnte der Grund für einen verlängerten Aufenthalt im Aufwachraum sein.

Durch diese Tatsachen verlängern sich Krankenhausaufenthaltsdauer und Rekonvaleszenz. Marktwirtschaftlich entstehen höhere Kosten.

(Pietsch, A.P., Lindenblatt, N. & Klar, E., 2007; Lenhardt, R. Spiss, C.K., 1999; Pannen, B.H.J., 2007; Brüx, A., Girbes, A.R.J. Polderman, K.H., 2005; Leslie, K., Sessler, DI., Bjorksten, AR., Moayeri, A., 1995).

3. Schlussteil

Hypothermie = Kleiner Faktor mit grossen Konsequenzen

Wir haben erfahren, dass die Patienten auskühlen und dies sogar recht schnell. In meiner Arbeit stellte ich fest, dass die milde Hypothermie beim erwachsenen Patienten in Allgemeinanästhesie durchaus Einflüsse hat:

- ◆ Komfortverminderung für die Patienten
- ◆ Gerinnungsstörungen = Vermehrter Blutverlust, Hämatome
- ◆ Erhöhte Infektanfälligkeit
- ◆ Verlangsamter Metabolismus = Verzögerter Medikamenten-Abbau

- ◆ Wundheilungsstörungen
- ◆ Verlängerter Aufenthalt im AWR
- ◆ Verlängerte Hospitalisationszeit
- ◆ Vermehrte Kosten im Gesundheitswesen

Ich konnte aufzeigen, dass die postoperative Wundheilung durch eine milde Hypothermie verzögert abläuft. Jede einzelne Phase der Wundheilung wird beeinträchtigt. Somit konnte ich eine meiner Fragestellungen der Diplomarbeit beantworten.

Um die Hypothermie zu vermeiden, bzw. zu vermindern, haben wir relativ einfache Mittel. Mit unseren Wärmemethoden, sofern konsequent angewendet, ist es ein Leichtes, die Patienten normotherm zu halten. Es muss ein möglichst lückenloses Wärmemanagement durchgeführt werden:

- ◆ Bei der Einschleusung die Patienten mit warmen Tüchern zudecken
- ◆ Temperatur im Einleitungsraum hochdrehen
- ◆ Warme Infusionen anhängen
- ◆ Möglichst kurzes Abdecken beim Lagern der Patienten
- ◆ Erst kurz vor Desinfektion Patienten abdecken
- ◆ Konsequente Anwendung des Bair hugger
- ◆ Bei längeren Eingriffen unbedingt Infusionswärmer benutzen
- ◆ Temperatur messen bei allen Allgemeinanästhesien
- ◆ Im AWR warmes Patientenhemd anziehen

Wenn man diese Wärmemassnahmen rigoros umsetzt, kann die milde Hypothermie vermieden werden. Somit konnte ich auch die andere Fragestellung meiner Arbeit beantworten.

In meiner Arbeit beschränkte ich mich auf die milde Hypothermie und deren Auswirkungen auf die Wundheilung bei erwachsenen Patienten in Allgemeinanästhesie. Ich habe bewusst nur die negativen Auswirkungen der Hypothermie aufgezeigt. Aber es gibt durchaus auch positive Aspekte. Zum Beispiel wird die Hypothermie gewollt angewendet in der Herzchirurgie, der Neurochirurgie und auch nach Reanimationen. Diese Themen beinhalten Stoff für weitere Arbeiten.

4. Literaturverzeichnis

Bräuer, A., Quintel, M. (2006).

Perioperatives Wärmemanagement. *Der Anaesthetist. Zeitschrift für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfall- und Katastrophenmedizin, Schmerzmedizin*, 55, 1321-1340

Brüx, A., Girbes, A.R.J., Polderman, K.H. (2005).

Kontrollierte milde und moderate Hypothermie. *Der Anaesthetist. Zeitschrift für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfall- und Katastrophenmedizin, Schmerzmedizin*, 54, 225-244.

Département de Médecine, Unité d'Anatomie; Université de Fribourg (2005-2006).

Wundheilung. Zugriff 19.02.2008 auf

<http://www.unifr.ch/anatomy/elearningfree/allemand/epithel/epithel08.html>

DocCheck Flexikon. *Wundheilungsstörung*. Zugriff 19.02.2008 auf

<http://flexikon.doccheck.com/Wundheilungsstörung>

Klinikum der Universität München. Campus für Kranken- und Altenpflege. Fachweiterbildung des Personals in Anästhesie und Intensivmedizin am Klinikum Grosshadern der LMU, München. (09.06.2001). *Hypothermie in Anästhesie und Intensivmedizin*. Zugriff 13.01.2008 auf

<http://pflege.klinikum-grosshadern.de/campus/anaesthe/hypother/schwalbe.html>

Larsen, R. (2006). *Anästhesie*. Bern: Elsevier. 8. Auflage.

Leifi Physik. Universität München. *Geschichtliches zur Temperaturmessung*. Zugriff 26.02.2008 auf

http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph09/geschichte/01thermometer/thermometer_gesch.htm

Lenhardt, R., Spiss, C.K. (1999).

Gefahren milder perioperativer Hypothermie. *Der Anaesthetist. Zeitschrift für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfall- und Katastrophenmedizin, Schmerzmedizin*, 48, 727-732.

Leslie, K., Sessler, D.I., Bjorksten, A.R., Moayeri, A. (1995). Mild hypothermia alters propofol pharmacokinetics and increases the duration of action of atracurium. *Anesthesia & Analgesia*, 80, 1007-1014

Paetz, B., Benzinger-König, B. (1994).

Chirurgie für Pflegeberufe. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 18. völlig neubearbeitete Auflage.

Pannen, B.H.J. (2007).

Normo- und Hypothermie aus anästhesiologischer Sicht. *Der Anaesthesist. Zeitschrift für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfall- und Katastrophenmedizin, Schmerzmedizin*, 56, 940-944.

Parbrook, G. D., Davis, P. D., Parbrook, E. O. (1997).

Physik und Messtechnik in der Anästhesie: Basiswissen für Anästhesisten. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.

Pflegewiki. *Wundheilung*. Zugriff 10.03.2008 auf

<http://www.pflegewiki.de/wiki/Wundheilung>

Pietsch, A.P., Lindenblatt, N., Klar, E. (2007).

Perioperative Hypothermie. *Der Anästhesist. Zeitschrift für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfall- und Katastrophenmedizin, Schmerzmedizin*, 56, 936-939.

Reiseagentur "Die Zugvögel". *Wetterschutz. Schutz vor Hitze und Kälte*. Zugriff

26.02.2008 auf

<http://www.abenteuerurlaub-online.de/survival/ausruet/wetter.htm>

Scherer, R. (1997). Intraoperative Wärmekonservierung. Viel Lärm um heiße Luft? *Der Anaesthesist. Zeitschrift für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfall- und Katastrophenmedizin, Schmerzmedizin*, 46, 81-90.

Schmied, H., Kurz, A., Sessler, D., Kozek, S., Reiter, A. (1996).

Mild intraoperative hypothermia increases blood loss and allogeneic transfusion requirements during total hip arthroplasty. *Lancet*, 347, 289-292

Sessler, D. (2000). Perioperative heat balance. *Anesthesiology*, 92, 578-96.

Silbernagel, S., Despopoulos, A. (2003).

Taschenatlas der Physiologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 6., korrigierte Auflage.

Universität Düsseldorf. *Regelkreisschema der Thermoregulation beim Menschen*. Zugriff 02.03.2008 auf

<http://www.uni-duesseldorf.de/MathNat/Biologie/Didaktik/Thomas/seiten/thermo/therm2.html>

Wikipedia, die freie Enzyklopädie. *Thermoregulation*. Zugriff 19.01.2008 auf

<http://de.wikipedia.org/wiki/Thermoregulation>

Wikipedia, die freie Enzyklopädie. *Wundheilung*. Zugriff 19.01.2008 auf

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wundheilung>

ZWAI, das online-Journal für Anästhesie- und Intensivpflege. Anästhesiepflege. *Hypothermie im OP, Teil I und II*. Zugriff 13.01.2008 auf

http://www.zwai.net/pflege/Anaesthesie/Journal/Anaesthesiepflege/Hypothermie_im_OP/Teil_1/.