
SCHWERE HYPERTHERMIE IM SOMMER

UND ES WIRD IMMER HEISSER

SILKE PLACEREANI
OBFELDEN, 25. APRIL 2019
NACHDIPLOMSTUDIUM HF NOTFALLPFLEGE
H17

DIPLOMARBEIT IM RAHMEN DES NACHDIPLOMSTUDIUM HF
AARGAUISCHE FACHSCHULE FÜR ANÄSTHESIE-, INTENSIV- UND
NOTFALLPFLEGE

Ich bestätige mit meiner Unterschrift, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle ausgedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen sind durch genaue Quellenangaben angegeben. Ich nehme zur Kenntnis, dass im Falle von Plagiaten auf nicht erfüllt erkannt werden kann.

Obfelden, 25. April 2019

Unterschrift:

Wir wollten sie um jeden Preis,
jetzt ist sie da und schickt mit Fleiss
ihre Strahlen brütend heiss,
aus jeder Pore rinnt der Schweiss,
das Thermometer als Beweis,
zeigt achtunddreissig Grad im Schatten,
wir fliesen fort, sind am Ermatten,
stöhnen laut und fluchen leis
und wünschen uns ins ewige Eis.

Sonne © Evelyn Schütz

Vorwort

Es wird immer heisser.

Ich habe schon bei mir selbst erlebt, welche Auswirkungen ein schöner, heisser Sommertag auf den eigenen Körper hat. Ich denke, vielen ist es schon so ergangen. Was dies jedoch für meinen Körper bedeutet und welches Risiko damit verbunden ist, damit habe ich mich und vermutlich die wenigsten auseinandergesetzt.

Die Sommerzeit wird in der Schweiz und weltweit immer wärmer. Laut dem Bundesamt für Gesundheit verzeichnete die Schweiz im Hitzesommer 2013 eine zusätzliche, der Hitze zugeordnete Sterblichkeit von 975 Personen, was 7 % der Schweizer Bevölkerung ausmacht. In ihrem technischen Risikobericht 2015 hat das Bundesamt für Bevölkerungsschutz Hitzewellen als eine der grössten Bedrohungen der Schweiz klassifiziert. (Bundesamt für Gesundheit, 2018)

Während der letzten Jahre hatte ich den Eindruck, dass auch während des Sommers in den Medien vermehrt über Opfer der Hitze berichtet wurde, was mein Interesse an diesem Thema geweckt hat.

Nachdem ich von dem unten aufgeführten Fallbeispiel, das im Kantonsspital Baden (KSB) stattgefunden hat, erfahren habe, war der Entscheid, mich intensiver mit diesem Thema auseinanderzusetzen gefallen.

Danksagung

Ich möchte mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken. Sie haben mich während der ganzen Zeit unterstützt, waren immer für mich da und haben mich auch in schwierigen Zeiten wiederaufgebaut.

Ein riesiges Dankeschön geht an das ganze Team des interdisziplinären Notfallzentrum des Kantonsspital Baden. Ihr seid ein großartiges Team, danke für eure Unterstützung. Persönlich erwähnen möchte ich, das Berufsbildungsteam, bestehend aus Fabienne Blättler, Stefanie Matter und Sebastian Schiffner. Danke für euren Support und dass ich bei Fragen jederzeit auf euch zukommen durfte. Besonders danken möchte ich noch Manuela Liechti und Frances Bost, da sie sich die Zeit genommen haben.

Ein Dankeschön geht auch an meinen Interviewpartner Herrn Dr. Markus Schwendinger, Direktor und Chefarzt Departement Interdisziplinäres Notfallzentrum (INZ) Baden. Danke für die Zeit, die Sie sich genommen haben, um auf meine Fragen einzugehen.

Abstract

Hitzschlag oder Heat stroke ist ein Krankheitsbild, das noch nicht sehr bekannt ist. Pathophysiologische Vorgänge sind zum Teil bekannt, therapeutische Massnahmen gibt es noch sehr wenige. Die wichtigste Massnahme bei einem Hitzschlag ist das rasche und effektive Kühlen. Kühlen ist unter anderem mittels Eisaufgabe auf den grossen oberflächlichen Gefässen (Axillar, Leiste, Nacken), besprühen mit lauwarmem Wasser, Immersion in kaltem Wasser (nur bei stabilen Patienten), Blasen-, Magen- Pleura- und Peritonallavagen möglich. Hier muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Temperatur nicht zu schnell gesenkt wird, Ziel ist es, pro 15 Minuten die Temperatur um 1°C herunterzukühlen, da eine Vasokonstriktion entsteht und die Wärmeabgabe nicht mehr adäquat genutzt werden kann.

Die Vorstufen eines Hitzschlags sind Sonnenstich, Hitzekollaps, Hitzeerschöpfung und Hitzekrämpfe, die unbehandelt zum Hitzschlag führen können. Der Übergang ist teilweise fließend.

Der Hitzschlag wird in zwei Formen unterschieden: den klassischen und den anstrengungsindizierten Hitzschlag. Der klassische Hitzschlag betrifft vor allem ältere Menschen sowie Menschen nach Drogen- und Alkoholkonsum. Der anstrengungsindizierte Hitzschlag kann schon bei tiefen Umgebungstemperaturen von ca. 10°C auftreten, oft sind Sportler oder Menschen, die einer anstrengender körperlicher Aktivität nachgehen, davon betroffen.

Wichtig ist das Verständnis der Thermoregulation und des Wärmehaushaltes. Sowie den Unterschied von Fieber, maligner Hyperthermie und akzidentieller Hyperthermie zu kennen.

Es gibt zurzeit medikamentös keine Möglichkeiten den Hitzschlag zu behandeln. Die einzige medikamentöse Massnahme besteht bei Krämpfen, hier ist die Gabe von Dornicum indiziert. Antipyretika zeigen keine Wirkung.

Komplikationen, die entstehen können, sind neben Dehydratation Elektrolytverluste, DIC, Rhabdomyolyse, ARDS sowie zerebrale Dysfunktionen wie Hirn-ödem und Bewusstseinsstörungen.

Die beste Massnahme ist die Prävention, also ein gesundes Verhalten während heisser Sommertage. Das bedeutet, dass sich eine Person im Schatten aufhält, genügend trinkt sowie keine intensiven körperlichen Aktivitäten während grosser Hitze betreibt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Begründung der Themenwahl	1
1.1.1	Fallbeispiel	1
1.1.2	Persönlicher Bezug	1
1.1.3	Praxisrelevanz	1
1.2	Methode des Vorgehens	1
1.3	Aufbau der Arbeit	2
1.4	Fragestellung	2
1.4.1	Kernfrage	2
1.4.2	Leitfragen	2
1.5	Zielsetzung	2
1.5.1	Was möchte ich erreichen?	2
1.5.2	Abgrenzungen	3
2	Hauptteil	4
2.1	Definitionen	4
2.1.1	Sonnenstich (Insolation)	4
2.1.2	Hitzekollaps	4
2.1.3	Hitzeerschöpfung	5
2.1.4	Hitzekrämpfe	5
2.1.5	Hitzschlag	6
2.1.5.1	Klassischer Hitzschlag	6
2.1.5.2	Anstrengungsindizierter Hitzschlag	6
2.1.6	Maligne Hyperthermie	7
2.1.7	Fieber	7
2.2	Pathophysiologie	7
2.2.1	Wärmehaushalt	7
2.2.2	Thermoregulation	8
2.3	Menschen mit erhöhtem Risiko	9
2.4	Risikofaktoren	10
2.5	Komplikationen	10
2.5.1	ZNS	11
2.5.1.1	Hirnödem	11
2.5.1.2	Hirndruckzeichen	11
2.5.2	Herz	11
2.5.2.1	Verteilung des Herzzeitvolumens	12
2.5.2.2	Regulation des Herzzeitvolumens	13
2.5.3	Regulation der Hautdurchblutung	14
2.5.4	Disseminierte intravasale Koagulopathie	14
2.5.5	Rhabdomyolyse	14
2.5.6	Myoglobinurie und Nierenversagen	15
2.5.7	Leber	15
2.5.8	Metabolismus	15

2.5.9	ARDS	16
2.5.10	Zelle.....	16
2.5.11	Immunsystem	16
2.5.12	Multiorganversagen	16
2.5.13	Möglicher pathophysiologischer Mechanismus des Hitzschlags	17
2.6	Therapeutische Massnahmen.....	18
2.6.1	Kühltechniken.....	18
2.6.2	Weitere Massnahmen.....	19
2.7	Reanimation bei Patienten mit Hyperthermie.....	19
2.8	Prävention.....	19
2.9	Drei Goldene Regeln für Hitzetage	20
2.10	Mögliche Differenzialdiagnosen	20
3	Schlussenteil	21
3.1	Beantwortung der Fragestellungen.....	21
3.1.1	Kernfrage: Welche therapeutischen Massnahmen, stehen dem INZ Baden zur Verfügung, um Patienten mit schwerer akzidentieller Hyperthermie (über 40°C) wieder in den normothermen Bereich zu führen?	21
3.1.2	Leitfragen.....	21
3.1.2.1	Wie funktioniert die Thermoregulation des menschlichen Körpers?.....	21
3.1.2.2	Welche Auswirkungen hat die Hyperthermie auf den menschlichen Organismus?	22
3.1.2.3	Was unterscheidet Sonnenstich, Hitzeschlag und Hitzeerschöpfung?	23
3.1.2.4	Wie unterscheidet sich die akzidentielle zur malignen Hyperthermie?.....	24
3.1.2.5	Was für therapeutischen Massnahmen gibt es?.....	24
3.1.2.6	Wer gehört in die Risikogruppe und was sind die Besonderheiten dieser Risikogruppe?.....	25
3.1.2.7	Mit welchen Komplikationen und Spätfolgen muss bei der akzidentiellen Hyperthermie gerechnet werden?.....	25
3.2	Reflexion.....	25
3.2.1	Reflexion des Lernprozesses	26
3.2.2	Reflexion des Produktes und des Prozesses	26
4	Literaturverzeichnis	28
5	Abbildungsverzeichnis	30
6	Tabellenverzeichnis	30
7	Abkürzungsverzeichnis	31
8	Anhang.....	33

1 Einleitung

1.1 Begründung der Themenwahl

1.1.1 Fallbeispiel

Im Sommer 2017 gab es im INZ Baden einen Fall, wo ein junger gesunder männlicher Patient mit dem Rettungshelikopter in den Schockraum eingeliefert wurde. Er arbeitete auf einer Baustelle in einer Baugrube. Er wurde von Arbeitskollegen aufgefunden, war nicht mehr ansprechbar und begann zu krampfen. Es wurde die Rettung alarmiert. Die Rettung traf auf einen Patienten mit GCS Abfall, St. n. Krampfanfall (vermutlich aufgrund der schweren Hyperthermie) und einer Köpertemperatur von 42°C. Das Rettungsteam des Rettungshelikopters entschied sich, den Patienten in das INZ einzuliefern. Nach der Erstbehandlung im Schockraum des INZ wurde der Patient auf die Interdisziplinäre Intensivstation (IDIS) verlegt.

1.1.2 Persönlicher Bezug

Während meiner Zeit bei den friedensfördernden Einsätzen der Schweizer Armee habe ich des Öfteren erlebt, dass Angehöriger der Armee (AdA) bei extremer Hitze im Freien arbeiten mussten oder Märsche absolvierten haben. Ich war mir durchaus bewusst, dass die Gefahr eines Hitzeschlags besteht. Ich habe jeweils darauf geachtet, dass die AdA gut informiert sind und verschiedene Präventionsmassnahmen kannten. Mir war jedoch zu wenig bewusst, dass im schlimmsten Fall die AdA auch auf der Intensivstation landen könnten.

1.1.3 Praxisrelevanz

Akzidentielle Hyperthermie ist ein Thema, das keine grosse Beachtung im Alltag bekommt. Es wird jedoch vermutlich in den nächsten Jahren immer relevanter werden wird, vor allem während der heissen Sommermonate.

Während des Hitzesommers 2013 verzeichnete die Schweiz 975 Todesfälle, die der Hitze zu geordnet werden konnten. Dies sind 7 % der Schweizer Bevölkerung. (Bundesamt für Gesundheit, 2018).

1.2 Methode des Vorgehens

Um mich vertieft mit dem Thema meiner Diplomarbeit auseinanderzusetzen, habe ich verschiedene Fachliteratur studiert. Ich habe intensive Recherche betrieben und Fachliteratur aus dem englisch- und deutschsprachigen Raum gelesen. Zusätzlich habe ich ein Interview mit Dr. med. Markus Schwendinger, Direktor und Chefarzt Departement INZ Baden, geführt.

1.3 Aufbau der Arbeit

Meine Diplomarbeit soll den Leser strukturiert an das Thema „Schwere Hyperthermie im Sommer“ heranführen. Wichtigste Eckpunkte sind Definitionen, Pathophysiologie, Massnahmen, Komplikationen, Prävention und die Beantwortung meiner Fragestellungen.

1.4 Fragestellung

1.4.1 Kernfrage

Welche therapeutischen Massnahmen stehen uns im INZ Baden zur Verfügung, um Patienten mit schwerer akzidentieller Hyperthermie (über 40°C) wieder in den normothermen Bereich zu führen?

1.4.2 Leitfragen

- Wie funktioniert die Thermoregulation des menschlichen Körpers?
- Welche Auswirkungen hat die Hyperthermie auf den menschlichen Organismus?
- Worin unterscheiden sich Sonnenstich, Hitzeschlag und Hitzeerschöpfung?
- Wie unterscheidet sich die akzidentielle von der malignen Hyperthermie?
- Welche therapeutischen Massnahmen gibt es?
- Wer gehört in die Risikogruppe und was sind deren Besonderheiten?
- Mit welchen Komplikationen und Spätfolgen muss bei der akzidentiellen Hyperthermie gerechnet werden?

1.5 Zielsetzung

1.5.1 Was möchte ich erreichen?

Mein Ziel ist es, mich mit meiner Diplomarbeit intensiv mit dem Thema Hyperthermie auseinander zu setzen. Mit meinem dadurch erworbenen Fachwissen möchte ich dem Team des INZ bei Fragen zur Seite stehen. Des Weiteren möchte ich damit erreichen, dass das Team des INZ weiss, worauf es bei Patienten mit Hyperthermie achten muss und welche Massnahmen eingeleitet werden müssen. Dem Team muss auch bekannt sein, welche Komplikationen durch eine Hyperthermie auftreten können.

Als Endprodukt möchte ich eine Kurzfortbildung für das Team des INZ Baden durchführen. Zusätzlich werde ich ein Leporello gestalten sowie Guidelines zur Hyperthermie für das INZ entwickeln.

1.5.2 Abgrenzungen

Ich werde mich in meiner Diplomarbeit mit dem Schwerpunkt Hyperthermie auseinandersetzen. Hier werde ich auf kurz auf die wichtigsten pathophysiologischen Prozesse, die durch die Hyperthermie ausgelöst werden, eingehen. Fieber und die maligne Hyperthermie werde ich kurz beschreiben, jedoch nicht vertieft bearbeiten. Auf Säuglinge, Kleinkinder und Kinder werde ich nur am Rande eingehen, ansonsten würde meine Diplomarbeit den vorgegebenen Rahmen der Aufsatz sprengen.

Der Inhalt meiner Diplomarbeit richtet sich an Experten in der Notfallpflege.

2 Hauptteil

2.1 Definitionen

2.1.1 Sonnenstich (Insolation)

Bedingt durch die Sonneneinstrahlung auf den meist unbedeckten Kopf oder Nacken kann es zu Reizungen der Hirnhäute kommen. Menschen mit Glatzen und Kinder ohne Kopfbedeckung sind besonders betroffen. Symptomatiken, die durch eine Insolation ausgelöst werden können, sind unter anderem:

- starke Kopfschmerzen,
- stark geröteter Kopf,
- Nausea,
- Schwindel,
- Ohrensausen,
- Unruhe,
- Tachykardie,
- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit,
- Krampfanfälle,
- Seröse Meningitis,
- Hirnödem. (R. Böhmer, 2013)

2.1.2 Hitzekollaps

Beeinflusst durch die Hitzeeinwirkung kommt es zur Vasodilatation der peripheren Gefäße sowie zu einem relativen Volumenmangel. Bedingt durch die Reizung des Vagus kann es zu Bradykardie und Blutdruckabfall kommen. Dies verursacht meist eine vasovagale Synkope oder einen orthostatischen Bewusstseinsverlust. Oft sind die Auslöser körperliche Betätigung im Freien bei heißen Temperaturen, das Arbeiten in warmen Räumen sowie die unzureichende Adaptation an die Aussentemperatur. Oft erholt sich die betroffene Person rasch, wenn sie in eine kühle Umgebung gebracht wird und sie Flüssigkeit zu sich nimmt. Weitere Einflussfaktoren sind unter anderem verschiedenen Medikamente, Alkohol, Dehydration und falsche Kleidung.

Symptomatik:

- Schwindel,
- Schwächegefühl,
- „Schwarzwerden vor den Augen“,
- Nausea,
- blasse Haut,
- Schwitzen,
- Tachykardie (teilweise peripher kaum tastbar),
- Blutdruckabfall,
- Bewusstseinsstörung, Bewusstlosigkeit. (R. Böhmer, 2013)

2.1.3 Hitzeerschöpfung

Aufgrund des starken Schweißverlustes ohne ausreichende Flüssigkeitszufuhr wird die auf den Körper einwirkende Wärme nicht mehr kompensiert. Dadurch kommt es zu einem Kreislaufversagen, verursacht durch eine hypotone Dehydratation. Menschen, die z. B. Diuretika einnehmen, sind zusätzlich gefährdet, da sie meist eine vorbestehende Dehydratation aufweisen. Betroffen sind oft ältere Menschen und Personen, die körperlich anstrengende Tätigkeiten verüben, wie z. B. Sportler, Soldaten und Bauarbeiter.

Symptomatik:

- Durstgefühl,
- Kopfschmerzen,
- Schwächegefühl,
- Schwindel,
- Verwirrtheit,
- Synkope,
- Nausea,
- kaltschweissig,
- Emesis,
- Temperatur noch $<40^{\circ}\text{C}$,
- schlechte Venenfüllung,
- schnelle flache Atmung,
- Tachykardie, Puls kaum spürbar,
- Blutdruckabfall,
- Schocksymptomatik. (R. Böhmer, 2013)

2.1.4 Hitzekrämpfe

Hitzekrämpfe werden ausgelöst durch einen Verlust von zwei bis vier Liter extrazellulärer Flüssigkeit sowie durch einen Elektrolytmangel, vor allem Natrium. Oft reicht die Zufuhr von hypotoner Flüssigkeit nicht aus, um dies zu kompensieren.

Symptomatik:

- starkes Schwitzen,
- Verwirrtheit,
- oft keine Hyperthermie,
- Bewusstseinsintrübung bis Bewusstlosigkeit,
- Faszikulationen,
- Konvulsionen,
- Hyponatriämie,
- Enzephalopathie,
- Hirnödem. (R. Böhmer, 2013)

2.1.5 Hitzschlag

Der Hitzschlag ist eine Störung und eine Insuffizienz des körpereigenen Wärmemechanismus mit einem Anstieg der Körpertemperatur über 40°C sowie der Unfähigkeit, den Sollwert zu halten. Bei Fieber ist der Sollwert verändert. Es besteht akute Lebensgefahr. Die Letalität liegt bei 10 bis 50 %.

Ursachen können unter anderem hohe Umgebungstemperaturen, hohe Luftfeuchtigkeit (z. B. beim Saunieren) sowie körperliche Betätigung mit starkem Schwitzen mit unzureichender Flüssigkeitszufuhr sein. Weitere Risikofaktoren sind hohes Alter, Herz- und Gefäßkrankheiten, Diabetes Mellitus, Alkohol und verschiedene Medikamente (z. B. Diuretika, Antihistaminika, Psychopharmaka). Auch gesunde Menschen, die nicht an die Hitze gewohnt sind und sich stark körperlich anstrengen, sind gefährdet, wie z. B. Sportler. Gefahren sind irreversible ZNS-Schädigungen, Schock, Herzinfarkt und Multiorganversagen.

Symptomatik:

- erhöhte Körperkerntemperatur,
- Bewusstseinsstörungen,
- Lähmungen,
- Halluzinationen,
- u.v.m. (R. Böhmer, 2013)

2.1.5.1 Klassischer Hitzschlag

Von einem klassischen Hitzschlag sind häufig sind ältere Menschen mit Vorerkrankungen betroffen. Besonders gefährdet sind sie, wenn sie Medikamente einnehmen, die den Körper entwässern (Diuretika) oder auf die Schweißbildung eine hemmende Wirkung (Anticholinergika) haben. Bei jüngeren Menschen können Faktoren, die die endogene Wärmeproduktion steigern, wie etwa der Saunabesuch sowie die Einnahme von Amphetaminen oder LSD, einen klassischen Hitzschlag verursachen. (D. Jörg, 2016)

2.1.5.2 Anstrengungsindizierter Hitzschlag

Die Ursache für einen anstrengungsindizierten Hitzschlag ist die aktive Wärmeproduktion durch gesteigerte Muskelaktivität. Diese Form des Hitzschlags tritt meisten bei jungen gesunden Menschen auf. Das im Sport bekannte „Aus-schwitzen“, wobei eine Dehydratation bewusst gefördert und zusätzlich mit isolierenden Kleidern unterstützt wird, kann einen Hitzschlag provozieren.

Bei älteren und auch bei psychisch kranken Menschen ist die Ursache häufig damit verbunden, dass sie sich zu warm kleiden und deshalb einen anstrengungsinduzierten Hitzschlag erleiden.

Der anstrengungsindizierte Hitzschlag kann bei jedem Wetter auftreten. Eine Aussentemperatur von 10°C kann schon ausreichend sein. (D. Jörg, 2016)

2.1.6 Maligne Hyperthermie

Die maligne Hyperthermie tritt sehr selten auf und ist eine akute lebensbedrohliche Erkrankung. Sie ist autosomal-dominant vererbt. Aus dem sarkoplasmatischen Retikulum der Skelettmuskulatur wird exzessiv Kalzium freigesetzt. Bedingt durch den Kalziumeinstrom in das Zellzytoplasma findet eine Entkopplung der oxidativen Phosphorylierung statt. Dies verursacht einen Anstieg der Stoffwechselrate.

Die maligne Hyperthermie wird durch halogenierte, volatile Anästhetika (z. B. Sevofluran, Desfluran, Isofluran, Halothan) und depolarisierende Muskelrelaxantien (Succinylcholin) ausgelöst. (P. L. Marino, 2008)

2.1.7 Fieber

Bei Fieber wird der Sollwert verstellt, die Thermoregulation findet auf erhöhtem Niveau statt. Ausgelöst wird es durch exogene (z. B. Bakterien) oder endogene (z. B. Interleukine, Zytokine aus Makrophagen) Pyrogene. Diese aktivieren durch Prostaglandin im Hypothalamus eine Fieberreaktion. Der Körper ist zu Beginn meist kalt, was zu Schüttelfrost und Muskelzittern führt. Beim Fieberanfall kommt es zu einer Vasodilatation sowie zum Schweissausbruch. (S. Silbernagl, 2001)

2.2 Pathophysiologie

2.2.1 Wärmehaushalt

Wir Menschen gehören zu den homoiothermen¹ Lebewesen. Unsere Kerntemperatur (ca. 37°C) bleibt auch bei wechselnder Umgebungstemperatur konstant. Unsere Haut und Extremitäten sind sozusagen poikilotherm². Nur durch das Zusammenspiel von Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme und Wärmeproduktion können wir unsere Kerntemperatur halten.

In Ruhe sind ca. zu 56 % die inneren Organe und zu ca. 18 % die Muskulatur und Haut für die Wärmebildung verantwortlich. Bei körperlicher Anstrengung verändert sich dies. Die Wärmeproduktion steigt an und die Muskulatur kann ihren Anteil auf ca. 90 % steigern. Durch Bewegung und Muskelzittern kann zusätzlich Wärme erzeugt werden. Ohne Zittern können v. a. Säuglinge durch das braune Fettgewebe zusätzlich Wärme erzeugen. Durch einen Kältereiz wird Noradrenalin im Fettgewebe freigesetzt (β_3 -Adrenozeptoren). Dies führt zu einer Stimulierung der Lipolyse und zu einer Expression der Lipoproteinlipase (was zu einem erhöhten Angebot der Fettsäure führt) und des Thermogenins. Das Thermogenin ist ein H^+ Uniporter in der inneren Mitochondrienmembran, das in der inneren Mitochondrienmembran den Protonengradienten kurzschließt und dadurch die wärmeerzeugende Atmungskette von der ATP-Produktion spaltet.

Ein äusserst wichtiger Bestandteil beim Transport der Wärme ist die Hautdurchblutung. Mit dem Blutstrom wird die Wärme zur Körperoberfläche geleitet.

¹ Gleichwarm.

² Wechselwarm.

Diese Variante funktioniert jedoch nur, wenn die Hauttemperatur unter der Kerntemperatur liegt. An der Wärmeabgabe sind verschiedene Faktoren beteiligt. Dies sind:

Radiation³: Durch Strahlung abgegebene Wärme ist abhängig von der Temperatur des Strahlers. Dies gilt für die Umgebung, Gegenstände, Menschen und die Hautoberfläche. Wenn die Umgebung wärmer ist, nimmt der Körper Strahlenwärme auf (z. B. aufgewärmte Hausmauer). Im umgekehrten Fall kann der Körper Wärme an die Umgebung abgeben.

Konvektion: Sie ist die Übertragung von Wärme an ein Objekt, das kühler ist. Die Wärme wird von der Haut an die Luft abgegeben. Für diesen Mechanismus muss die Luft kälter sein als die Temperatur der Haut. Dies kann gefördert werden, indem die Wärme von der Haut wegbewegt wird, z. B. durch einen Luftstrom oder Ventilator.

Evaporation⁴: Wärme kann auch durch Verdunstung abgegeben werden. Durch die Perspiratio insensibilis (Diffusion) und durch Schweißdrüsen wird Wasser auf die Hautoberfläche abgegeben. Die Schweißdrüsen werden neuronal aktiviert. Durch das Verdunsten verliert der Körper ca. 2.428 kJ pro Liter (nur Verdunstung, nicht durch den abtropfenden Schweiß). Beträgt die Umgebungstemperatur über ca. 36°C, findet die Wärmeabgabe nur noch über das Verdunsten statt. Für die Möglichkeit der Wärmeabgabe durch Verdunstung muss die Umgebungsluft eher trocken sein (z. B. Sauna). (S. Silbernagl, 2001)

2.2.2 Thermoregulation

Die Funktion der Thermoregulation ist, die Kerntemperatur auch bei Schwankungen der Wärmeaufnahme, der Wärmebildung und der Wärmeabgabe auf einem Sollwert zu halten. Dieser beträgt ca. 37°C und ist von Tagesschwankungen (ca. 0,6°C), Minimumtemperatur um ca. 3 Uhr sowie Maximumtemperatur um ca. 18 Uhr abhängig. Gesteuert wird die Sollwerteneinstellung durch die „innere Uhr“. Beim Menstruationszyklus und bei Fieber wird eine längerfristige Verstellung des Sollwertes beobachtet.

Für die Thermoregulation ist der Hypothalamus zuständig, hier befinden sich die zentralen Thermosensoren, die die Kerntemperatur wahrnehmen. Weitere Informationen werden via Rückenmark und von den Thermosensoren der Haut aufgenommen. Im Hypothalamus wird der Istwert (Kerntemperatur) mit dem Sollwert abgeglichen und bei Bedarf gesteuert.

Wenn die Kerntemperatur über den Sollwert ansteigt (z. B. bei körperlicher Betätigung), wird durch die Dilatation der Hautgefäße der innere Wärmestrom gesteigert. Dies zeigt sich vor allem in den Fingern, indem sich die arteriovenösen Anastomosen öffnen. Der Gegenstromaustausch der Wärme zwischen den Arterien und den Venen wird vermindert und Blutvolumen/Zeit transportiert mehr Wärme/Zeit. Der venöse Rückstrom aus den Extremitäten wird von den tiefen Begleitvenen an die oberflächlichen Venen geleitet.

³ Strahlung.

⁴ Verdunstung.

Zusätzlich wird die Schweißsekretion gesteigert, Dadurch wird die Hautoberfläche abgekühlt, um für den innere Wärmestrom das Kern-Haut-Temperaturgefälle zu schaffen, das nötig ist. Die Steuerung zur Schweißsekretion geschieht über die zentralen Wärmesensoren. Die in der Haut liegenden Sensoren melden in diesem Fall keine Erwärmung, da ihre Umgebung gekühlt wird. Die efferenten Fasern, die die Schweißdrüsen stimulieren, sind sympathisch-cholinerg gesteuert.

Wenn die Körpertemperatur unter den Sollwert absinkt, findet eine Vasokonstriktion in der Körperschale statt und die Wärmeabgabe wird reduziert. Zusätzlich wird die Wärmeproduktion mittels willkürlichen Muskelbewegungen sowie Muskelzittern gesteigert. Durch das hohe Oberflächen-/Volumenverhältnis kühlen Säuglinge sehr schnell aus. Die zitterfreie Wärmebildung ist eine zusätzliche Möglichkeit der Regulation. Bei Abkühlung der Umgebung werden, bevor die Kerntemperatur sinkt, alle drei Massnahmen via Kältesensoren der Haut genutzt.

Die thermoneutrale Zone liegt bei 27 bis 32°C, was subjektiv als angenehm empfunden wird (Probanden, fast unbekleidet und ruhig sitzend). In dieser Temperaturzone variiert thermoregulatorisch nur die Hautdurchblutung.

Der schmale Grat dieser Temperaturzone zeigt, wie wichtig das richtige Verhalten ist, unter anderem angepasste Kleidung, im Schatten aufhalten und beheizte Räume. Je extremer die Temperaturen, desto wichtiger ist das richtige Verhalten.

Für die Akklimatisierung an eine erhöhte Umgebungstemperatur, wie sie z. B. in den Tropen herrscht, benötigt der Körper meist Jahre. Die Schweißsekretionsrate steigt an, wobei der Salzgehalt des Schweißes sinkt, die H₂O-Zufuhr nimmt aufgrund des Durstgefühls zu. (S. Silbernagl, 2001)

2.3 Menschen mit erhöhtem Risiko

Die Risikogruppe für einen Hitzschlag ist sehr gross. Vor allem Grossveranstaltungen wie z. B. Festivals oder Sportanlässe bergen ein grosses Risiko, dass Menschen einen Hitzschlag erleiden. Besonders gefährdet sind folgende Personen:

- Menschen im höheren Alter,
- Menschen mit Demenzerkrankung,
- Menschen mit chronischen Erkrankungen,
- Menschen mit Suchterkrankungen (Alkohol, Drogen, Medikamente),
- Menschen mit Behinderungen,
- Menschen, die im Freien arbeiten,
- Menschen, die mit Hitze arbeiten,
- Menschen, die sich sportlich betätigen,
- Säuglinge und Kleinkinder. (D. Jörg, 2016)

2.4 Risikofaktoren

Wasser- und Elektrolytverluste, konsekutive Hämokonzentration und Thrombosen und Embolien spielen eine wichtige Rolle. Bereits vorbelastete Herzen geraten in ein Pumpversagen, Grund dafür ist der Anstieg des Herzzeitvolumens durch die subkutane Hyperämie, bedingt durch die Thermoregulation. Eine direkte Hyperthermie durch einen Hitzschlag kann zum Tod führen. Der Hitzschlag ist ein lebensbedrohliches Krankheitsbild, das häufig ältere Menschen betrifft.

Typische Trias bei Hitzschlag:

- Fieber (oft über 40°C),
- fehlendes oder geringes Schwitzen,
- ZNS-Symptomatiken (z. B. Verwirrtheit).

Die Ursache dafür ist ein Versagen des Wärmeabgabemechanismus, daher zeigen Antipyretika (z. B. Paracetamol) keine Wirkung.

Bei älteren Menschen kommen altersphysiologische Veränderungen, verschiedene Vorerkrankungen und die Einnahme von bestimmten Medikamenten, die die Wärmeabgabe durch Schwitzen einschränken, hinzu. Altersphysiologische Veränderungen sind z. B. die Abnahme ekkriner Drüsen (Schweissdrüsen), Funktionseinbußen der bestehenden Schweissdrüsen, Abnahme vom Durstgefühl und des Gesamtkörperwassers um ca. 10 % sowie die zahlreichen hormonalen Veränderungen (z. B. ADH, Renin-Angiotensin-Aldosteronsystem, atriales natriuretisches Hormon).

Vorerkrankungen, die sich negativ auf die Wärmeregulation auswirken, sind demenzielle Erkrankungen, Polyneuropathien, Schlaganfall und Immobilitätssyndrome.

Bestimmte Medikamente und eine inadäquate Therapie des Wasser- und Elektrolythaushaltes können das Ganze zusätzlich negativ beeinflussen. Diuretika können z. B. den Flüssigkeits- und Elektrolytverlust verstärken und eine Hypovolämie und Hämokonzentration fördern. Medikamente mit anticholinergischer Wirkung, wie z. B. Antidepressiva und Neuroleptika, begünstigen eine Hypohidrose. (R. Püllen, 2005)

2.5 Komplikationen

Dem klassischen Hitzschlag gehen meist die primären Zeichen einer Hitzeerschöpfung wie z. B. Nausea, Kopfschmerzen und Bewusstseinsveränderungen voraus. Ursache dafür ist der Flüssigkeits- und Elektrolytverlust; wird dieser nicht therapiert, kann die Körperkerntemperatur ansteigen.

Bei dem anstrengungsindizierten Hitzschlag ist der Verlauf meist extrem. Der Hitzschlag führt oft zu über 40°C Körperkerntemperatur und zu klinischen Zeichen der zentralvenösen Dysfunktion, wie z. B. Bewusstlosigkeit, Delir und Krampfanfälle, SIRS, DIC und auch Multiorganversagen.

Beschrieben werden Fälle, die innerhalb von Stunden tödlich verlaufen. 30 % der Patienten, die einen Hitzschlag überleben, haben neurologische Defizite und/oder funktionelle Organschädigungen. Epidemiologische Studien zeigen auf, dass progrediente Multiorgan dysfunktionen (nach Akuttherapie) zu einer

erhöhten Mortalität nach Monaten/Jahren bei einem Hitzschlag führen können. Die Letalität beim Hitzschlag wird häufig unterschätzt und es wird oft auch eine kardiopulmonale Erkrankung als Todesursache vermutet. (H. Van Aken, 2014)

2.5.1 ZNS

Es wird vermutet, dass der Grund für die präsynkopalen Zeichen der Abfall des zerebralen Blutflusses ist, der bei einer Hyperthermie auftritt. (H. Van Aken, 2014)

Patienten mit Hyperthermie zeigen eine Dysfunktion des Gehirns auf. Diese kann subtil sein und sich durch unangemessenes Verhalten oder beeinträchtigtes Urteilen äussern. Häufig jedoch zeigen sich schwerwiegende Dysfunktionen wie ein Delir oder Koma. Insbesondere während der Phase des Abkühlens können Krampfanfälle auftreten. (A. Bouchama, 2002)

2.5.1.1 Hirnödem

Aufgrund der DIC und der daraus entstehenden Komplikationen kann es zu einer zerebralen Hämorrhagie kommen. (M. Dunker, 2001)

Es wird vermutet, dass es aufgrund der Hitzeschädigung zu einer systemischen, entzündlichen Reaktion kommt, die eine Zytokinausschüttung bewirkt. Es wird angenommen, dass es durch die Zytokine zu einer Störung der Blut-Hirn-Schranke kommt, was zu einem Hirnödem und Nervenzellschädigungen führen soll. (C. Bochhausen, 2008)

2.5.1.2 Hirndruckzeichen

Symptome, die auf einen erhöhten intrakraniellen Druck hinweisen können, sind:

- zunehmende Kopfschmerzen,
- Nausea,
- Unruhe,
- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit (GCS-Abfall),
- Atemstörungen bis Atemstillstand,
- Bradykardie,
- deutlicher Blutdruckanstieg,
- Muskelkrämpfe der Streckmuskulatur (v. a. im Rücken),
- Streckkrämpfe in den Extremitäten,
- Pupillenstörungen (v. a. Mydriasis) (D. Jörg, 2016).

2.5.2 Herz

Bei Patienten mit Hyperthermie zeigen sich aufgrund der Hitzeeinwirkungen fast immer eine Hypovolämie, eine myokardiale Funktionseinschränkung sowie eine Sinustachykardie. Das Herzzeitvolumen, der systemische Gefässwiderstand und die Füllungsdrücke sind abhängig vom Hydrationszustand und dem direkten kardialen Schaden aufgrund der Hitzeeinwirkung, erhöht oder

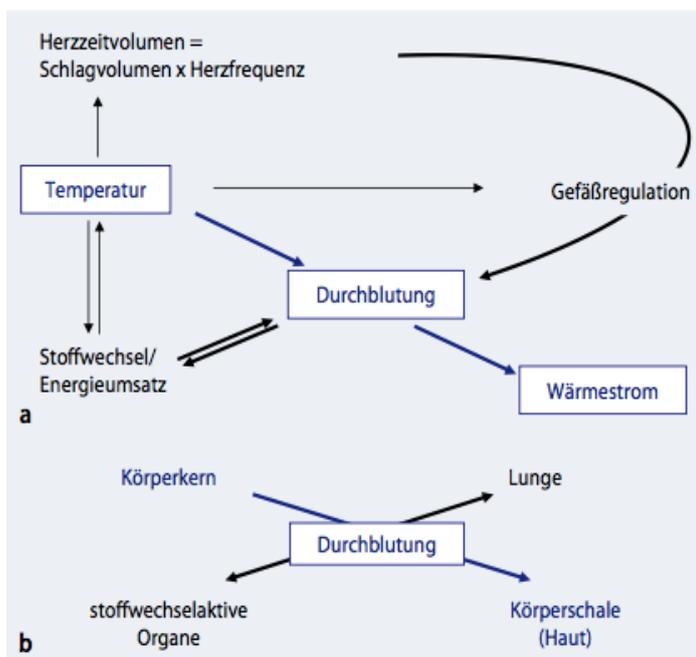
erniedrigt. Auch kann es zu schweren Rhythmusstörungen und zum Perikarderguss kommen. (M. Dunker, 2001)

2.5.2.1 Verteilung des Herzzeitvolumens

In Ruhe ist das Herzzeitvolumen des erwachsenen Menschen bei ca. 5l/min (70ml/min pro kgKG). Die Haut erhält davon ca. 5 bis 10 %. Steigt die Umgebungstemperatur z. B. auf 35°C, führt dies zu einer Verdoppelung des Herzzeitvolumens, die Hautdurchblutung steigt auf 7-8l/min.

Ein gesundes leistungsfähiges Herz kann diese Belastung über längere Zeit aushalten. Ältere Menschen bzw. ihre Herzen können dies nicht mehr gleich gut kompensieren. Deshalb steigen bei Hitzewellen die Morbiditätsrate und die Mortalitätsrate von älteren Menschen.

Aufgrund der gesteigerten Hautdurchblutung, ausgelöst durch die Hitze, werden bei jedem Schritt beim aufrechtstehenden Menschen die weitgestellten venösen Blutgefäße der Beine wieder aufgefüllt. Die Folgen können orthostatischer Schwindel oder sogar akutes Kreislaufversagen sein.



a Interaktion von Temperatur, Kreislauffunktion und Energieumsatz.

b Kompetitive Verteilung des Herzzeitvolumens auf die stoffwechselaktiven Organe und die Haut; stoffwechselaktive Organe (Hirn, Herz, Leber, Niere) entsprechen Körperkern

Abbildung 1: Konzept der dualen Funktion des Kreislaufs (A. Deussen, 2007, S. 907)

Das Herz benötigt zur Aufrechterhaltung des Herzzeitvolumens einen gesteigerten adrenergen Antrieb, dies steigert die Kontraktilität und die Herzfrequenz. Der Auslöser ist die Weitstellung der venösen Gefäßsegmente in den Extremitäten, wodurch der Fülldruck des Herzens reduziert wird. Die Ca^{2+} -Sensitivität der Proteine des kontraktilen Apparates in den Kardiomyozyten wird reduziert. (A. Deussen, 2007)

2.5.2.2 Regulation des Herzzeitvolumens

Ein Zeichen für die generelle Aktivierung des kardialen Sympathikus ist das gesteigerte Schlagvolumen trotz Abnahme der diastolischen Herzfüllung. Der Anstieg des Schlagvolumens beträgt 8 %, was nicht sehr extrem ist. Die Hauptursache für die Steigerung der Herzfrequenz ist die Verdoppelung des Herzzeitvolumens. Gründe dafür sind die adrenergene Aktivierung sowie vermutlich eine Temperaturerhöhung direkt am Sinusknoten.

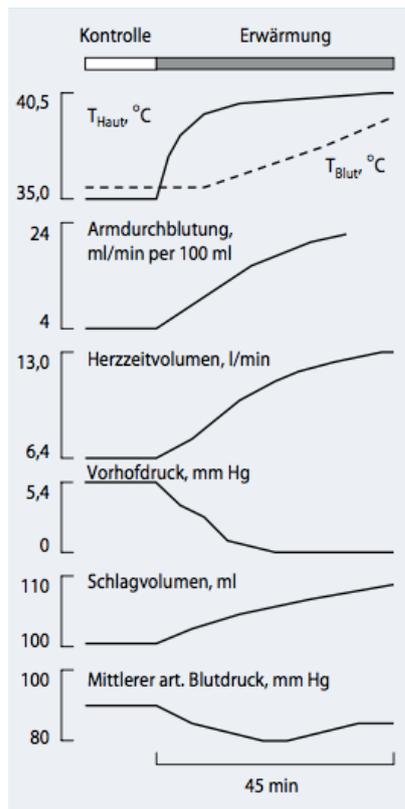


Abbildung 2: Einfluss externer Erwärmung auf die Herzkreislaufparameter beim Menschen (nach Rowell) (A. Deussen, 2007, S. 908)

Der arterielle Mitteldruck nimmt in der ersten Phase um ca. 10mmHg ab und steigt in der zweiten Phase der Bluttemperaturerhöhung wieder an. Dies lässt vermuten, dass in der ersten Phase der Temperaturerhöhung die Abnahmen des peripheren Widerstandes ausgeprägter ist als der Anstieg des Herzzeitvolumens. Die relativen Veränderungen zwischen peripherem Widerstand und Herzzeitvolumen sind nach ca. 30 Minuten fast ausgeglichen (das Herzzeitvolumen verdoppelt sich, der periphere Widerstand halbiert sich). Während an den Hautgefäßen eine Vasodilatation stattfindet, findet an den Gefäßen der inneren Organe (Darm, Skelettmuskulatur, Niere) eine Vasokonstriktion statt. Dies führt dazu, dass der äussere Wärmestrom verbessert wird. Unter diesen Bedingungen sinkt zunächst das zentrale Blutvolumen um 10 % ab, um nach ca. zehn Minuten wieder den Ausgangswert zu erlangen, und steigt anschließend um 10 % über das Ausgangsniveau an (siehe Abbildung 2). (A. Deussen, 2007)

2.5.3 Regulation der Hautdurchblutung

Die gesteigerte Hautdurchblutung bei Hyperthermie ist ein komplexer Regulationsvorgang. Dieser erfolgt vor allem über zentralvenöse verschaltete Reflexe, die über das sympathische Nervensystem ausgelöst werden. Die Angaben beruhen auf indirekter Abschätzung.

In Tierversuchen (Anubispavian) wurde die Veränderung der Hautdurchblutung quantifiziert. Die Durchblutung der Haut an den distalen Extremitäten nahm um das Siebeneinhalb- bis Fünfunddreissigfache zu, die Kopfhautdurchblutung stieg um ca. das Dreieinhalbfache, die Hautdurchblutung der proximalen Extremitäten und des Körperstamms um das Zwei- bis Fünffache, dies bei einer Steigerung der Körperkerntemperatur von 1,5 bis 2°C.

Der Mechanismus bezüglich Durchblutungszunahme der Haut ist beim Menschen nur teilweise geklärt. An den peripheren Extremitäten (Hände und Füße) wird die Gefässweitstellung durch eine verminderte Freisetzung von Noradrenalin verursacht. An Rumpf und Kopf (proximale Extremitäten) ist dieser Mechanismus jedoch nicht wirksam. Die proximalen Extremitäten vermitteln bei Menschen den grössten Teil des äusseren Wärmestroms. Jedoch ist hier die Regulation der Hautdurchblutung ein Sonderfall, da die sympathischen Nerven im Normalfall die Haupttransmitter Noradrenalin und Adrenalin freisetzen. Hier sind Acetylcholin und Stickstoff als Mediatoren von Bedeutung, es werden jedoch noch weitere Mediatoren vermutet. Es wird vermutet, dass Nebentransmitter, hämodynamische Faktoren und Flüssigkeitsschubspannung an der inneren Gefässwand beteiligt sind.

Bei Diabetikern ist die Gefässweitstellung über Stickstoffmonoxid stark eingeschränkt, was auch die Hautgefässe betrifft. Dies kann erklären, aus welchem Grund bei Diabetikern die Hitzetoleranz eingeschränkt ist. Bei Sportlern, vor allem bei Ausdauersportlern (z. B. Marathonläufern), ist die Stickstoffmonoxid bedingte Hautdurchblutung erhöht. (A. Deussen, 2007)

2.5.4 Disseminierte intravasale Koaagulopathie

„Die disseminierte intravasale Koaagulopathie ist eine häufige Komplikation des Hitzschlags, die primär durch hitzebedingte Endothelschäden der Gefässe initiiert wird. Des Weiteren führt Hyperthermie ebenfalls zu direkter Thrombozytenaggregation. Die generalisierte Aktivierung der Gerinnung induziert eine Ablagerung von Fibrin in den Arteriolen und Kapillaren, mikrovaskuläre Thromben entstehen. Die typische Kaskade der DIC folgt.“ (H. Van Aken, 2014, S. 1027)

2.5.5 Rhabdomyolyse

Besonders empfindlich, vor allem beim anstrengungsindizierten Hitzschlag, reagiert die Skelettmuskulatur. Die Rhabdomyolyse ist eine typische Komplikation bei Hyperthermie.

Durch das Zerreißen der Myozyten im Skelettmuskel kommt es zur Freisetzung von Kreatinkinase in den Blutstrom. Mittels CK-Bestimmung im Plasma kann der Schweregrad der Rhabdomyolyse bestimmt werden. Eine standardisierte CK-Konzentration zur Bestimmung einer Rhabdomyolyse-Diagnose gibt

es nicht. Bei klinischen Studien wurde zur Identifizierung einer Rhabdomyolyse eine CK-Konzentration im Plasma fünfmal höher als normal beschrieben. Eine erhöhte CK-Konzentration im Plasma von über 15 Einheiten pro Liter weist auf eine schwere Rhabdomyolyse hin sowie auf ein erhöhtes Risiko für ein myogloburinisches Nierenversagen. (P. L. Marino, 2008)

2.5.6 Myoglobinurie und Nierenversagen

Bei Patienten mit Rhabdomyolyse kommt es ca. bei einem Drittel zu akutem Nierenversagen. Myoglobin wird aus den verletzten Myozyten freigesetzt und anschliessend in den Glomeruli der Niere filtriert. Gelangt es in die renalen Tubuli, kann das Myoglobin das renale Tubulusepithel verletzen. Dies wird positiv beeinflusst, wenn die Flüssigkeit in den Nierentubuli einen tiefen pH-Wert hat. Es entsteht ein akutes Nierenversagen, das einer akuten tubulären Nekrose gleicht.

Durch eine aggressive Volumenzufuhr kann ein myoglobinurisches Nierenversagen vermieden werden. Das Alkalisieren des Harns durch Actazolamid oder Bicarbonatinfusion kann die Gefahr einer Nierentubuli-Schädigung durch Myoglobin vermindern. (P. L. Marino, 2008)

2.5.7 Leber

Patienten weisen oft erhöhte Serumtransaminasen und eine Hyperglykämie auf. ALAT-Werte >1000 U/l innerhalb von 24 Stunden haben oft eine schlechte Prognose. Leberschäden sind meistens reversibel. (M. Dunker, 2001)

Neben der erhöhten Transaminase zeigt sich auch ein verlängerter INR-Wert. Warum es bei einer Hyperthermie zu einem akuten Leberversagen kommen kann, ist nicht geklärt. Es wird vermutet, dass eine Störung des intrahepatischen Blutflusses vorliegt. (K. Weigand, 2006)

2.5.8 Metabolismus

Die meisten Patienten hyperventilieren aufgrund einer häufigen Laktatazidose, die respiratorisch kompensiert wird. Bei Patienten mit Hitzschlag finden sich verschiedene Störungen des Säurebasen- und Elektrolythaushaltes, unter anderem Laktatazidose, respiratorische Alkalose, Hyponatriämie, Hypernatriämie, Hypokalzämie, Hypokaliämie, Hypomagnesiämie, Hypophosphatämie und Hyperphosphatämie.

Bei Patienten mit schwerem Hitzschlag kann es zu ARDS kommen, oft in Kombination mit DIC. (M. Dunker, 2001)

Patienten mit einem klassischen Hitzschlag weisen in der Regel eine respiratorische Alkalose auf. Bei Patienten mit einem Anstrengungshitzschlag bestehen fast immer eine respiratorische Alkalose und eine Laktatazidose. (A. Bouchama, 2002)

2.5.9 ARDS

ARDS ist eine Form des entzündlichen Lungenschadens. Es ist ein Endzündungsprozess, bei dem beide Lungenflügel betroffen sind. Es wird vermutet, dass bei ARDS eine systemische Aktivierung der zirkulierenden Neutrophilen verursacht wird. Diese werden klebrig und lagern sich am vaskulären Endothel der pulmonalen Kapillaren ab, worauf die Neutrophilen zytoplasmatisches Granulat (proteolytische Enzyme und toxische Sauerstoffmetabolite) freisetzen. Dies führt zu einem Kapillarleck und zu einer Exsudation ins Lungenparenchym. Die Alveolarräume werden durch Neutrophile und ihr Material gefüllt.

Die Entzündung ist häufig destruktiv. Aufgrund des entstehenden Lungenschadens kommt es zu weiteren Entzündungen.

Ein weiteres Merkmal von ARDS ist die Fibrinablagerung in der Lunge, was zu einer Lungenfibrose führen kann. (P. L. Marino, 2008)

ARDS tritt beim Hitzschlag, vor allem bei der schweren Form, meistens in Kombination mit DIC auf. Der grösste Teil der Patienten hyperventiliert, dies ist verursacht durch die Laktatazidose, die respiratorisch kompensiert wird. (M. Duncker, 2001)

2.5.10 Zelle

Für den menschlichen Körper ist eine Temperatur von 41.6°C bis 42°C für 45 Minuten bis 8 Stunden kritisch. Extreme Temperaturen (49°C bis 50°C) zerstören alle zellulären Strukturen und zelluläre Nekrosen treten in weniger als fünf Minuten auf. (A. Bouchama, 2002)

2.5.11 Immunsystem

Die Hyperthermie kann offenbar generalisierte Entzündungen auslösen, die in ihrem Auftreten (klinisch und laborchemisch) einer schweren Sepsis oder einen septischen Schock gleichen. (T. Ziegenfuss, 2005)

Proinflammatorische und antiinflammatorische Zytokinen, die im Ungleichgewicht stehen, können entweder zu entzündungsbedingten Verletzungen oder zu einer refraktären Immunsuppression führen. Bis jetzt wurde diesbezüglich bei Patienten mit Hyperthermie noch keine Studie durchgeführt, doch scheint es, dass diese beiden Mechanismen von Bedeutung sind. Die Gefahr für Infektionen bei Patienten mit Hyperthermie ist hoch. Tierversuche haben gezeigt, dass Hyperthermie die systemische und lokale Produktion (zentrales Nervensystem) TNF- α und Interleukin-1 induziert. Hoher intrakranieller Druck, verminderter zerebraler Blutfluss und schwere neurologische Verletzungen können dadurch verursacht werden. (A. Bouchama, 2002)

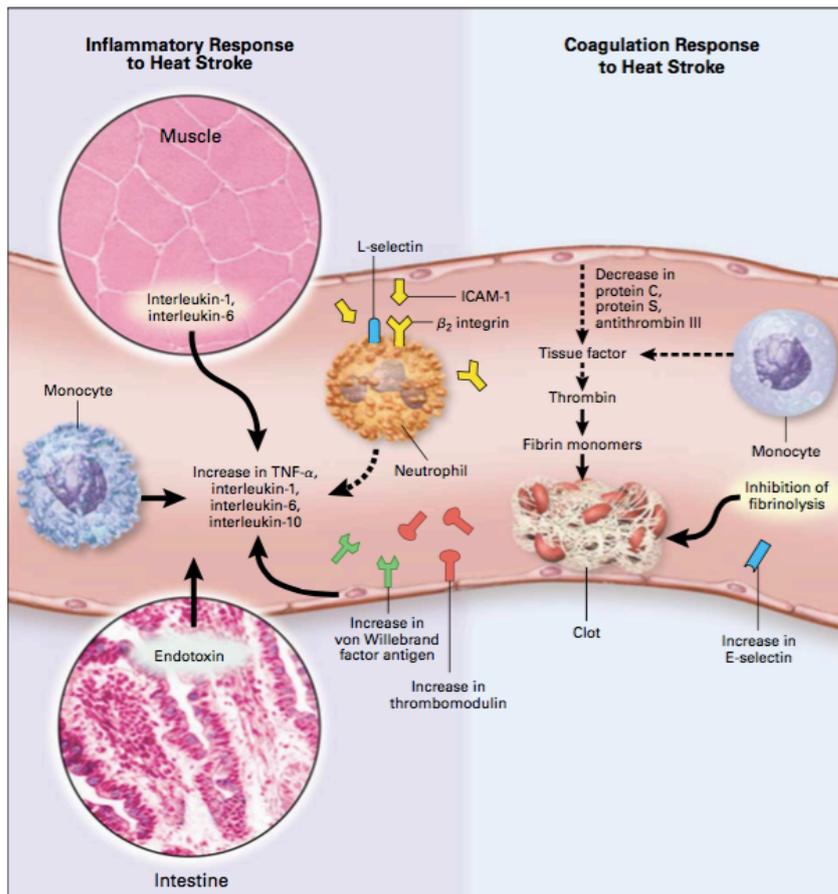
2.5.12 Multiorganversagen

Die häufigsten Organe, die durch eine Sepsis betroffen sind, sind das zentrale Nervensystem, das Herz-Kreislaufsystem, die Lunge und die Nieren. Klinische Symptome, die bei einem Multiorganversagen auftreten, sind septische Enzephalopathie, Critical-illness-Polyneuropathie und -Myopathie, ARDS,

septischer Schock, Ileus, Niereninsuffizienz, akutes Nierenversagen und DIC. Am häufigsten tritt das ARDS auf. (P. L. Marino, 2008)

2.5.13 Möglicher pathophysiologischer Mechanismus des Hitzschlags

Aufgrund der Hyperthermie durch Wärmeexposition oder durch körperliche Aktivität kann Endotoxin aus dem Darm in den systematischen Kreislauf treten. Außerdem können Interleukin 1- oder Interleukin 6- Proteine aus den Muskeln in den systemischen Kreislauf gelangen. Das Resultat ist eine übermäßige Aktivierung von Leukozyten und Endothelzellen, manifestiert durch die Aktivierung von proinflammatorischen und antiinflammatorischen Zytokinen (z. B. TNF- α ; Interleukin 1, Interleukin 6, Interleukin 10), Steigerung der Regulierung der Zelloberflächenadhäsionsmoleküle (z. B. E- Selectin, L- Selectin, ICAM-1) sowie die Aktivierung der Koagulation, Verminderung des Proteinspiegels (Protein C, Protein S und Antithrombin III) und Hemmung der Fibrinolyse.



Die durchgezogenen Pfeile zeigen jene Wege an, die klinisch oder experimentell bewiesen wurden. Die gebrochenen Pfeile zeigen vermutete Wege an.

Abbildung 3: Möglicher pathophysiologischer Mechanismus des Hitzschlags (A. Bouchama, 2002, S. 1983)

Die entzündliche und gerinnungshemmende Reaktion, ausgelöst durch den Hitzschlag, führen zusammen mit der direkten zytotoxischen Auswirkung durch Hitze zu Verletzungen des vaskulären Endothels und Mikrothromben. (A. Bouchama, 2002)

2.6 Therapeutische Massnahmen

Sicherung der Vitalfunktionen, das Senken der Temperatur und eine adäquate Infusionstherapie stehen hier im Vordergrund. Das Ziel ist es, die Temperatur möglichst rasch zu senken, der Zielwert ist eine Körpertemperatur unter 39°C. Dies wird durch aktives Kühlen des Patienten erreicht, förderlich sind Kühlelemente, Eis und ein kühler Raum. Zusätzlich können Ventilatoren diesen Prozess positiv beeinflussen, damit wird die konduktive Wärmeabgabe gefördert. Um eine reaktive Vasokonstriktion zu verhindern, werden Massagen durchgeführt. Unterstützend kann eine gekühlte Infusionslösung zur Temperaturnormalisierung beitragen.

Mittels Vollelektrolytlösungen-Infusionstherapie (je nach Laborwerten zusätzliche Elektrolyte) wird das intravasale Volumen wieder normalisiert, gleichzeitig die Hämokonzentration beseitigt und die Kreislaufinsuffizienz behoben.

Antipyretische Medikamente (z. B. Paracetamol, Ibuprofen), die bei Fieber und Dantolene, die bei maligner Hyperthermie verwendet werden, sind bei einem Hitzschlag ineffektiv. Antikonvulsive Medikamente (z. B. Diazepam) können bei zerebralen Krampfanfällen, die durch die Hyperthermie ausgelöst werden, angewendet werden. (T. Ziegenfuss, 2005)

Antipyretische Medikamente zeigen keine Wirkung, da beim Hitzschlag die Ursache eine Dekompensation von peripheren Thermoregulationsmechanismen ist und nicht eine Veränderung des hypothalamischen Temperatursollwertes. (M. Dunker, 2001)

2.6.1 Kühltechniken

Mögliche Kühltechniken sind:

- Trinken von kalter Flüssigkeit,
- Besprühen mit lauwarmem Wasser,
- Befächeln des entkleideten Patienten,
- Kühlelemente/Eis bei den grossen oberflächlichen Gefässen (Axilla, Leiste, Nacken),
- Immersion im kalten Wasser (nur bei stabilen, gesunden, kooperativen Patienten), durch das Eintauchen kommt es zur peripheren Vasokonstriktion, was zur Zentralisation führt, dies wiederum führt zu verminderter Wärmeleitung,
- kühle Infusionen,
- Lavagen von Blase, Magen, Pleura oder Peritoneal,
- intravaskuläre Kühlkatheter,
- extrakorporaler Kreislauf, z. B. Hämofiltration, Herz-Lungen-Maschine. (A. Truhlár, 2015)

Pro Minute soll die Körpertemperatur um ca. 1°C heruntergekühlt werden. (C. Rosin, 2007)

2.6.2 Weitere Massnahmen

- Laborwerte: Thrombozyten, Fibrinogen, PTT, Quick, Faktor V, LDH, ASAT, ALAT, Harnstoff, Kreatinin, Myoglobin, CK, Troponin, Phosphat, Chlorid, Kalzium, Kalium, Natrium, Albumin, Hb, Lactat, BE, pH, paCO₂, PaO₂ (A. Dunker, 2001),
- Puls, BD, SpO₂, GCS,
- regelmässige Temperaturkontrolle,
- Urinstatus,
- Blutzucker,
- EKG,
- Blasenkatheter → Diurese beobachten (Ch. Rosin, 2007),
- ROTEM[®],
- zwei periphere Zugänge,
- Temperaturmessung mittels Temperatursonde im Blasenkatheter,
- invasive Blutdruckmessung,
- regelmässige ABGA-Bestimmung,
- CT,
- Röntgen,
- Sonografie. (M. Schwendinger, 2019)

2.7 Reanimation bei Patienten mit Hyperthermie

Bezüglich Reanimation bei Patienten mit Hyperthermie gibt es noch keine spezifischen Studien. Die ECR-Leitlinien empfehlen die Anwendung der gültigen Standards. Wichtig dabei ist, dass der hypertherme Patient weiterhin gekühlt wird. Nach erfolgreicher Reanimation wird die Weiterbehandlung gemäss Standardleitlinien empfohlen.

Laut Studien, die an Tieren durchgeführt wurden, ist die Prognose schlechter als nach einem normothermen Kreislaufstillstand.

Mit jedem Grad Körpertemperatur über 37°C steigt das Risiko eines schlechteren neurologischen Outcomes. (A. Truhlár, 2015)

2.8 Prävention

Die beste Therapie die Prävention. Dies hat beim Hitzschlag eine besondere Bedeutung, da die therapeutischen Möglichkeiten eingeschränkt sind.

Zur Prävention gehören ein adäquates Verhalten und angemessene Kleidung, der Umgebungstemperatur angepasst. Bei grosser Hitze, vor allem auch über die Mittagszeit, sollten keine anstrengenden körperlichen Arbeiten durchgeführt werden. Personen sollten sich in kühlen Räumen oder im Schatten aufhalten und genügend trinken, bevorzugt elektrolythaltige Flüssigkeit.

Ältere Menschen und Kleinkinder sind besonders gefährdet. Menschen im hohen Alter versterben bei Hitzewellen häufiger. Gründe dafür können unter anderem sein, dass sie oft zu wenig trinken und aus Gewohnheit ihren Mantel bzw. ihre Jacke anziehen. Zusätzlich kommt bei älteren Menschen dazu, dass sie meist Vorerkrankungen haben. Ihre kardiovaskulären Reserven reichen meist nicht aus, um das Herzzeitvolumen bei Hitze zu steigern.

Kleinkinder sind auf das vernünftige Verhalten ihrer Eltern angewiesen. Eltern neigen teilweise dazu, ihr Baby bzw. Kleinkind auch bei grosser Hitze warm anzuziehen, die Flüssigkeitszufuhr nicht zu anpassen oder sie tragischerweise im Auto zu lassen, wenn sie schlafen. (T. Ziegenfuss, 2005)

2.9 Drei Goldene Regeln für Hitzetage

„Das Bundesamt für Gesundheit hat drei Goldene Regeln für Hitzetage veröffentlicht.

Körperliche Anstrengungen vermeiden:

- Die körperliche Aktivität während der heissesten Tageszeit möglichst beschränken und schattige Orte bevorzugen.

Hitze fernhalten – Körper kühlen:

- tagsüber Fenster schliessen und Sonne fernhalten (Vorhänge zuziehen, Fensterläden schliessen),
- nachts lüften,
- leichte Kleidung.

Körper kühlen mit Duschen, kalten Tüchern auf Stirn und Nacken, kalten Fuss- und Handbädern:

- viel trinken, leicht essen,
- regelmässig trinken (mind. 1.5l/Tag), auch ohne Durstgefühl,
- kalte, erfrischende Speisen: Früchte, Salate, Gemüse, Milchprodukte,
- auf ausreichende Versorgung mit Salz achten.“ (Bundesamt für Gesundheit, 2016)

2.10 Mögliche Differenzialdiagnosen

Mögliche Differenzialdiagnosen, die ausgeschlossen werden müssen, sind unter anderem:

- Sepsis,
- ZNS-Infektionen,
- Medikamentenintox,
- Serotoninsyndrom,
- endokrine Störungen. (A. Truhlár, 2015)

3 Schlussteil

3.1 Beantwortung der Fragestellungen

3.1.1 Kernfrage: Welche therapeutischen Massnahmen, stehen dem INZ Baden zur Verfügung, um Patienten mit schwerer akzidentieller Hyperthermie (über 40°C) wieder in den normothermen Bereich zu führen?

Die folgenden Massnahmen sind auf das INZ Baden bezogen und wurden mit Dr. Markus Schwendinger besprochen:

- rasches Entkleiden,
- Besprühen mit lauwarmem Wasserspray (ca. 15°C),
- nasse kühle Tücher auflegen,
- Cold Pack (an den grossen oberflächlichen Blutgefässen, Axilla, Leiste und Nacken),
- grosszügige Volumengabe (Infusionslösungen bei Raumtemperatur – dürfen nicht über 28°C gelagert werden –),
- Kühlmatte (kann auf IDIS geholt werden),
- Crushed Ice (in Plastiksäcke und zusätzlich mit Tüchern umwickelt, kann in der Physiotherapie geholt werden)

Es ist darauf zu achten, dass der Patient nicht in einer Wasserlache liegt, da aufgrund der Rhythmusstörungen, die die akzidentielle Hyperthermie auslösen kann, mit einer Reanimation gerechnet werden muss. Falls es dazu kommt und eine Defibrillation indiziert ist, könnte eine Wasserlache für Patient und das Team gefährlich sein.

3.1.2 Leitfragen

3.1.2.1 Wie funktioniert die Thermoregulation des menschlichen Körpers?

Ziel der Thermoregulation ist es, die Körpertemperatur auch bei Schwankungen auf einem Sollwert von 37°C zu halten. Hormonelle Einflüsse (z. B. Menstruationszyklus) und Fieber verursachen eine längerfristige Sollwertverstellung. Ebenso ist der Sollwert von Tagesschwankungen ca. 0,6°C abhängig. Morgens um 3 Uhr ist die Minimumtemperatur und am frühen Abend um 18 Uhr die Maximumtemperatur.

Zuständig für die Thermoregulation ist der Hypothalamus. Zusätzliche Informationen werden über das Rückenmark und Sensoren auf der Haut aufgenommen. Bei einem Unterschied von Soll- und Istwert wird gegengesteuert. Dies geschieht über die Dilatation der Hautgefässe und die Schweissbildung.

3.1.2.2 Welche Auswirkungen hat die Hyperthermie auf den menschlichen Organismus?

Die Auswirkungen von Hitze auf den menschlichen Körper sind sehr vielseitig und können schwerwiegende Folgen haben, wie unter anderem Folgende (Aufzählung nicht komplett):

- Kopfschmerzen,
- blasse Haut,
- Nausea und/oder Emesis,
- Präsynkope,
- Vigilanzminderung,
- Bewusstseinsstörung bis Bewusstlosigkeit, Koma,
- Nackensteifigkeit,
- Blutdruckabfall,
- Tachykardie,
- schwere neurologische Störungen, unter anderem Ataxie, Delirium, Krämpfe,
- Rhabdomyolyse,
- DIC,
- Erhöhung der Serumtransaminase,
- Rhythmusstörungen,
- akutes Nierenversagen,
- Stoffwechselstörungen,
- Multiorganversagen,
- Schock,
- Schocknieren, Schockleber,
- Multithromben in Lunge und Milz,
- Enzephalopathie,
- Hirnödem,
- Hypokaliämie,
- Hyperurikämie,
- Laktatazidose,
- respiratorische Azidose.

Die Symptome sind sehr unterschiedlich und zeigen sich nicht bei jeder Hyperthermie gleich. Es ist wichtig, sich dieser vielen verschiedenen Symptomen bewusst zu sein.

3.1.2.3 Was unterscheidet Sonnenstich, Hitzeschlag und Hitzeerschöpfung?

In der folgenden Tabelle sind die Symptomaten sowie mögliche Massnahmen bei Sonnenstich, Hitzeerschöpfung und Hitzschlag ersichtlich.

Sonnenstich/ insolation	Hitzeerschöpfung/ heat exhaustion	Hitzschlag/ heat stroke
Symptomatik		
<ul style="list-style-type: none"> ⇒ meningeale Reizung ⇒ seröse Meningitis aufgrund Sonneneinstrahlung auf den ungeschützten Kopf ⇒ selten: Bewusstseinsstörung aufgrund eines Hirnödems, Krämpfe, Koma 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Hyponatriämie aufgrund des Flüssigkeitsverlustes, Tachykardie ⇒ Hypotension ⇒ Schwäche ⇒ Unwohlsein ⇒ Kopfschmerzen ⇒ Emesis ⇒ Kollaps ⇒ Appetitlosigkeit ⇒ hyponatriämische Enzephalopathie mit Hirnödem, diese kann Verwirrtheit, Krämpfe, Bewusstseinsverlust oder Koma verursachen 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ ZNS-Störungen ⇒ Körpertemperatur >40°C rektal ⇒ Unruhe ⇒ Apathie ⇒ Krämpfe ⇒ trockene Haut ⇒ Elektrolytstörungen ⇒ bei jungen Patienten: initial Hypertonie und Tachykardie ⇒ bei älteren Patienten: eher Hypotension ⇒ Tod entweder unmittelbar nach Hyperthermie durch Herz-Kreislaufversagen oder verzögert durch Multiorganversagen
Massnahmen		
<ul style="list-style-type: none"> ⇒ leichte Oberkörperhochlagerung ⇒ kühle Umgebung ⇒ Schatten ⇒ lokale Kühlung 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ kühle Umgebung ⇒ Schocklage ⇒ Flüssigkeits- und Elektrolytsubstitution (ideal i.v.) 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ aktiv kühlen ⇒ Besprühen der Haut mit Wasser ⇒ Spülung mit Eiswasser von Magen, Kolon, Blase ⇒ Hämodialyse ⇒ Flüssigkeitsgabe i.v. ⇒ komatöse Patienten intubieren und beatmen

Tabelle 1: Unterschiede Sonnenstich, Hitzeerschöpfung und Hitzschlag (Eigene Darstellung)

Der Sonnenstich und die Hitzeerschöpfung sind die Vorstufen des Hitzschlags. Vor allem der Übergang der Hitzeerschöpfung zum Hitzschlag kann fließend sein. Bereits die Hitzeerschöpfung ist ein kritisches Krankheitsbild und erfordert

rasches Handeln. Der Sonnenstich kann mit den richtigen Massnahmen auch ausserhalb des Spitals behandelt werden.

3.1.2.4 Wie unterscheidet sich die akzidentielle zur malignen Hyperthermie?

Die maligne Hyperthermie ist eines aufgrund genetischer Faktoren bedingtes Krankheitsbild, ausgelöst durch halogenierte, volatile Anästhetika wie z. B. Sevofluran oder durch depolarisierende Muskelrelaxantien wie z. B. Succinylcholin.

Die akzidentielle Hyperthermie wird unterteilt in den klassischen und den überanstrengungsindizierten Hitzschlag. Der klassische Hitzschlag betrifft vor allem ältere Personen sowie jene, die Alkohol, Amphetamine, LSD oder Medikamente, die die Diurese oder die Schweißbildung beeinflussen, einnehmen.

Der anstrengungsindizierte Hitzschlag betrifft oft junge, gesunde Personen z. B. Sportler, Soldaten. Ältere Personen können auch betroffen sein, oft ist da der Grund, dass sie sich den Umgebungstemperaturen nicht angepasst kleiden.

Im Vergleich zum Fieber wird bei einer akzidentiellen Hyperthermie der Sollwert nicht verstellt.

3.1.2.5 Was für therapeutischen Massnahmen gibt es?

Die folgenden therapeutischen Massnahmen sind auf das INZ Baden bezogen:

- Entkleiden,
- Kühlen mit Cold Packs auf grossen Gefässen (Axilla, Leiste, Nacken),
- Besprühen mit lauwarmem Wasser (15°C),
- nasse, kalte Tücher auflegen,
- Kühlmatte → kann auf IDIS geholt werden,
- Crushed Ice → in Plastiksäcke und mit Tüchern umwickeln (kann in Physiotherapie geholt werden),
- Überwachung BD, P, EKG, AF, Temperatur,
- invasive Blutdruckmessung,
- regelmässige ABGA (Elektrolytüberwachung),
- Temperaturkontrolle (mittels Blasenkatheter mit Temperatursonde),
- Vigilanzüberwachung (bei GCS-Abfall an Intubation denken),
- Hirndruckzeichen beachten,
- 12-EKG,
- Labor: Notfallstatus, ⁵Abdomen-Block⁶, CK, ROTEM®, Typ & Screen, Blutgruppenbestimmung, Urin-Status,
- zwei grosslumige periphere Zugänge,
- grosszügige Volumengabe mit Ringer Acetat,
- Diurese kontrollieren → Einlage Blasenkatheter,

⁵ Beinhaltet: Kalium, Natrium, Calcium, Glucose, Kreatinin, ASAT, CRP, Blutstatus, INR/ Quick.

⁶ Beinhaltet: Blutstatus, INR/ Quick, Bilirubin gesamt, ALAT, Alk. Phosphatase, ASAT, g-GT, Pankreas-Amylase.

- Bildgebung mittels Sono (Lunge), CT (Schädel), Röntgen (Thorax) nach Bedarf. (Markus Schwendinger 2019)

3.1.2.6 Wer gehört in die Risikogruppe und was sind die Besonderheiten dieser Risikogruppe?

- Ältere Menschen haben oft bereits vorbestehende Erkrankungen, wie z. B. Diabetes Mellitus, kardiale Einschränkungen und die Einnahme von Medikamenten. Zusätzlich kommen die altersphysiologischen Veränderungen hinzu, wie die Abnahme ekkriner Drüsen, Abnahme des Gesamtkörperwassers und Abnahme des Durstgefühls.
- Menschen mit Medikamenten: Verschiedene Medikamente können eine Hyperthermie begünstigen. Dazu gehören Medikamente mit anticholinergischer Wirkung wie z. B. Antidepressiva und auch Diuretika. Ihre Nebenwirkungen beeinflussen z. B. die Schweißbildung, Diurese.
- Menschen mit Drogenkonsum: Verschiedene Drogen, wie unter anderem LSD und Amphetamine, können zu einer Hyperthermie führen. Zusätzlich kommt hinzu, dass Personen nach dem Drogenkonsum nicht genügend Flüssigkeit zu sich nehmen und/oder zusätzlich Alkohol konsumieren.
- Säuglinge/Kleinkinder: Sie sind auf das Verhalten Erwachsener angewiesen. Oft werden sie zu warm angezogen, haben keine angepasste Flüssigkeitszufuhr oder werden im schlimmsten Fall, während sie schlafen, bei heißen Aussentemperaturen im Auto gelassen.
- Sportler: Sie erleiden oft einen anstrengungsindizierten Hitzschlag wegen einer Dehydratation und des Elektrolytverlustes. Oft nutzen Sportler das bewusste „Abschwitzen“, wobei sie warm angezogen trainieren (z. B. im Sommer mit Skianzug joggen) und dann eventuell einen Hitzschlag erleiden.

3.1.2.7 Mit welchen Komplikationen und Spätfolgen muss bei der akzidentiellen Hyperthermie gerechnet werden?

Multiorganversagen, DIC, Leberversagen, akutes Nierenversagen und Hirn-ödem sind sicher mitunter die schwersten Komplikationen, die eine Hyperthermie auslösen kann. Die Liste ist sehr lang. Die Letalität ist mit bis zu 50 % sehr hoch. Spätfolgen können unter anderem zerebrale Einschränkungen oder Organschädigungen sein.

3.2 Reflexion

Die Auseinandersetzung mit dem Thema Hyperthermie war sehr spannend und vielfältig. Ich habe verschiedene Fachliteratur aus dem deutsch- und englischsprachigen Raum gelesen und studiert.

Die Hyperthermie ist ein kritisches Krankheitsbild, das im Alltag oft unterschätzt wird und es noch wenig Studien bezüglich adäquater Therapie gibt.

Ich denke, es ist wichtig, sich mit dem Thema Hyperthermie auseinanderzusetzen. Es wird uns im Alltag – ob beruflich oder privat – immer häufiger begegnen.

Es kann jede Person aus der Bevölkerung treffen, die Risikogruppe ist sehr vielfältig. Jeder von uns schätzt die schönen, warmen Sonnentage im Sommer und genießt es, Zeit im Freien zu verbringen. Somit setzt sich auch jeder der Gefahr aus, von einer Hyperthermie betroffen zu sein. Die ersten Stufen dieser Erkrankung, den Sonnenstich, hat vermutlich schon fast jeder von uns erlebt.

Wichtig ist, dass daran gedacht wird, dass die Hyperthermie nicht nur im Sommer ein Thema ist. Schon frühlingshafte Temperaturen können in Kombination mit Risikofaktoren und/oder körperlicher Betätigung eine Hyperthermie auslösen. Nicht zu vergessen ist, dass in der Zeit, in der das eigene Körperbild immer wichtiger wird und viele mit zusätzlichen Mitteln das Schwitzen fördern möchten (z. B. durch zusätzliche Kleidung, Mütze, dicke eingepackt), dies auch zu einer Hyperthermie führen kann.

Die Komplikationen sind sehr breit gefächert. Die Begriffe „Hitzesepsis“ und „Hitzeschock“, die in der Fachliteratur immer wieder zu lesen sind, beschreiben es sehr gut. Die Hyperthermie ist ein „gefährliches“ Krankheitsbild.

Ich hoffe, ich kann mit meiner Diplomarbeit dazu beitragen, dass das Wissen bezüglich akzidentieller Hyperthermie und der Risiken, die sie mitbringt, bewusster wird.

3.2.1 Reflexion des Lernprozesses

Durch die Auseinandersetzung mit den verschiedenen Komplikationen, die aufgrund einer akzidentiellen Hyperthermie entstehen, konnte ich mein Wissen zusätzlich vertiefen, was mich in meinem persönlichen Lernprozess weitergebracht hat.

Auch habe ich wieder einmal feststellen müssen, dass ich unter Druck am besten funktioniere. Auch wenn ich versucht habe, mir wöchentlich Ziele zu setzen und frühzeitig mit der Diplomarbeit fertig zu sein, ging es auch dieses Mal nicht ohne Druck.

3.2.2 Reflexion des Produktes und des Prozesses

Ich habe mir zum Ziel gesetzt, ein Leporello zu gestalten. Im Gespräch mit Dr. Markus Schwendinger stellte sich heraus, dass es sinnvoll wäre, Guidelines bezüglich Hyperthermie für das INZ Baden zu entwickeln. Aus diesem Grund habe ich mich dazu entschieden, beides zu erarbeiten.

Das Studium verschiedener Fachliteratur hat mehr Zeit in Anspruch genommen, als ich in meinem Zeitplan eingerechnet habe. In der Literatur sind oft nur kurze Abschnitte oder nur auf einen Fall bezogene Informationen zur akzidentiellen Hyperthermie zu finden, da es nur wenige Studien und Forschungen zu diesem Thema gibt. Dadurch war die Literatursuche eine Herausforderung.

Ich habe versucht, mich auf das Wesentliche zu beschränken, doch die Komplikationen, die durch eine akzidentielle Hyperthermie entstehen können, sind extrem vielfältig. Es war für mich eine Herausforderung mich an die vorgegebenen Seitenzahlen zu halten.

4 Literaturverzeichnis

Bücher:

Böhmer, R., Schneider, T. H., Wolcke, B. et al. (2013). *Taschenatlas Rettungsdienst*, (S.500 – 5003). (10. Auflage). Gau-Bischofsheim: Naseweis-Verlag.

Marino, P. L. (2008). *Das ICU-Buch*, (S. 321 – 322, 536). (4. Auflage). München: Elsevier GmbH, Urban&Fischer.

Silbernagl, S., Despopoulos, A. (2001) *Taschenatlas der Physiologie*, (S. 222/224). (5. Auflage). Stuttgart: Thieme.

Van Aken, H., Reinhart, K., Welte, T. et al. (2014). *Intensivmedizin*, (S. 1027). (3. Auflage). Stuttgart: Thieme.

Internet:

Bochhausen, C., Wiedenroth, C. B., Ghalibanfian, M. et al. (2008). *Letaler Verlauf eines Hitzeschock nach körperlicher Anstrengung bei starker Sonneneinstrahlung*. Abgefragt am 17.03.2019 von <https://link.springer.com/article/10.1007/s00390-007-0836-0>.

Bouchama, A., Knochel, J. P. (2002). *Heat Stroke*. Abgefragt am 21.03.2019 von <https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMra011089>.

Bundesamt für Gesundheit, BAG. (2016). *Drei Goldene Regeln für Hitzetage*. Abgefragt am 18.01.2019 von https://www.bundespublikationen.admin.ch/cshop_mimes_bbl/8C/8CDCD4590EE41ED694C8E221A68E6829.pdf.

Bundesamt für Gesundheit, BAG. (2018). *Hitze*. Abgefragt am 18.01.2018 von <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/hitze.html>.

Deussen, A. (2007). *Hyperthermie und Hypothermie – Auswirkungen auf das Herzkreislaufsystem*. Abgefragt am 21.03.2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00101-007-1219-4.pdf>.

Dunker, M., Rehm, M., Briegel, J. et al. (2001). *Anstrengungsinduzierter Hitzschlag*. Abgefragt am 24.01.2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs001010100169.pdf>.

Jörg, D., Bauderer, E. (2016). *Sommer, Sonne, Hitznotfall – Nicht selten lebensgefährlich*. Abgefragt am 03.04.2019 von <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0042-109220>.

Püllen, R., Heudorf, U. (2005). *Bedeutung und Prävention Hitze-assoziiierter Erkrankungen*. Abgefragt am 17.03.2019 von https://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Hitze_HessArzteblatt%202005.pdf.

Truhlár, A., Deakin, C. D., Soar, J. et al. (2015). *ECR Leitlinien – Kreislaufstillstand in besonderen Situationen*. Abgefragt am 04.04.2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10049-015-0096-7.pdf>.

Wiegand, K., Riediger, C., Stremmel, W. et al. (2006). *Akutes Leberversagen durch Hitzschlag – Unterschätztes Risiko oder Rarität? Zwei Fallberichte*. Abgefragt am 17.03.2019 von <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2006-931791?device=desktop&innerWidth=980&offsetWidth=980>.

Ziegenfuss, T. (2005). Notfall Hitzschlag. Abgefragt am 10.12.2018, von <https://www.thieme.de/viamedici/klinik-faecher-notfallmedizin-1539/a/hitzschlag-4187.htm>.

Medizin App:

Rosin, C., Nickel, C., Bingisser, R. (2007). *Hitzschlag*. Abgefragt am 12.04.2019 von medStandards. Basel: Universitätsspital Basel.

Gespräch:

Schwendinger, M., Direktor und Chefarzt Departement INZ Baden, am 12.04.19.

5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konzept der dualen Funktion des Kreislaufs.....	12
Abbildung 2: Einfluss externer Erwärmung auf die Herzkreislaufparameter beim Menschen (nach Rowell)	13
Abbildung 3: Möglicher pathophysiologischer Mechanismus des Hitzschlags	17

6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unterschiede Sonnenstich, Hitzeerschöpfung und Hitzschlag	23
--	----

7 Abkürzungsverzeichnis

12- EKG	12-Kanal Elektrokardiogramm
ABGA	arterielle Blutgasanalyse
AdA	Angehöriger der Armee
ADH	Antidiuretisches Hormon
AF	Atemfrequenz
afsain	Aargauische Fachschule für Anästhesie-, Intensiv- und Notfallpflege
ALAT	Alanin-Aminotransferase
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
ASAT	Aspartat-Aminotransferase
BD	Blutdruck
BE	Base excess/Basenexzess
C	Celsius
CK	Kreatinkinase
CT	Computertomografie
DIC	Disseminated Intravascular Coagulation/ disseminierte intravasale Gerinnung
ECR	European Resuscitation Council
EKG	Elektrokardiogramm
GCS	Glasgow Coma Score
H ₂ O	Wasser
Hb	Hämoglobin
i.v.	intravenös
ICAM-1	intercellular adhesion molecule 1
IDIS	Interdisziplinäre Intensivstation
INR	International Normalized Ratio
INZ	Interdisziplinäres Notfallzentrum
kgKG	Kilogramm Körpergewicht
KSB	Kantonsspital Baden
l	Liter
LDH	L-Lactatdehydrogenase
LSD	Lysergsäurediethylamid
min	Minute
ml	Milliliter

mmHg	Millimeter Quecksilbersäure
P	Puls
paCO ₂	Kohlendioxidpartialdruck
PaO ₂	Sauerstoffpartialdruck
pH	Mass für den sauren oder basischen Charakter einer wässrigen Lösung
PTT	partielle Thromboplastinzeit
ROTEM®	Thrombelastographie
SIRS	Systemisches inflammatorisches Response- Syndrom
St.n.	Status nach
T	Temperatur
TNF-a	Tumornekrosefaktor
VBGA	venöse Blutgasanalyse

8 Anhang

Interview mit Herr Dr. Markus Schwendinger, Direktor und Chefarzt Department INZ Baden. Am 12.04.2019.

Guide Lines Heat Stroke

Leporello „Heat Stroke“

Gespräch mit Dr. Markus Schwendinger, Direktor und Chefarzt Departement INZ Baden. Am 12.04.2019.

Hyperthermie kann schwerwiegende Störungen, unter anderem DIC, Rhabdomyolyse, Multiorganversagen usw. verursachen. Wo sehen Sie aus ihrer Erfahrung die grösste Gefahr?

Bis jetzt noch nicht viele Fälle erlebt. Wo man es ab und zu sieht, ist z.B. bei Toxidrome, anticholinerges Syndrom, maligne neuroleptisches Syndrome, welche mit Hyperthermie einhergehen sowie bei der malignen Hyperthermie.

Mit der Klimaerwärmung wird die Hyperthermie sicher häufiger auftreten. Es wurden schon Bauarbeiter zugewiesen, welche aufgrund von Wärmeeinstrahlungen von unten und oben eine Hyperthermie erlitten haben. Habe jedoch noch nie einen Fall mit schwerwiegenden Komplikationen erlebt.

Intoxikationen (z.B. mit Ecstasy, GHB) können eine ausgeprägte Hyperthermie entwickeln.

Kann mich an einen Fall erinnern, den Eindrücklichsten den ich hatte. Eine junge Dame, die nach Lehrabschlussprüfung vom Freund ein GHB erhalten hatte. Sie haben gemeinsam die ganze Nacht durchgetanzt. Zu Hause wurde sie dann Hyperthermie. Da sie nicht wach geworden war kam sie, im Verlauf des Nachmittags, in den Spital. Sie war Vigilanz gemindert, hatte 42°C Fieber, sowie maligne Herzrhythmusstörungen, Nierenversagen, Leberversagen und DIC. Das ganze Spektrum einer Hyperthermie. Initial war ich mit den Rhythmusstörungen beschäftigt. Habe mir Unterstützung durch Dr. Hufschmid geholt. Wir waren zwei Stunden nur die Rhythmusstörungen am Behandeln. Reanimation, geblitzt, Asystolie, Kammerflimmern, Torsades de Point, sie hatte so ziemlich alle Rhythmusstörungen gemacht, die es gibt. Mit der Zeit, wussten wir nicht mehr richtig, wie wir weiter vorgehen sollen. Habe es geschafft sie zu stabilisieren. Auch haben wir frühzeitig mit Hämofiltration angefangen, mit dem Gedanken die Temperatur zu senken. Konnten sie dann stabilisieren. Die Patientin hatte eine Azidose, eine Niereninsuffizienz und wurde auf der IDIS intubiert. Die Patientin ist nach wenigen Stunden auf der IDIS gestorben, aufgrund von Zellnekrosen und einer Hyperkaliämie von 8 oder 9.

Hitzschlag hat eine Mortalität von ca. 50%. Jene die wir gesehen haben, hatten einen guten Outcome. Es waren auch nicht so schwerwiegende Fälle.

Auf Grund der verschiedenen Reaktionen des Körpers welche Massnahmen sind Ihnen wichtig:

Entkleiden und Kühlen?

Ja.

Zwei periphere Zugänge?

Ja.

Grosszügige Volumengabe mit Ringer Acetat?

Ja.

BE: NFS, Abdomen-Block, CK?

Ja.

Vitalzeichenüberwachung?

Ja.

12- EKG?

Ja.

Temperaturmessung rektal?

Nein, mittels Blasenkatheter mit Temperatursonde.

Vigilanzüberwachung?

Ja.

Hirndruckzeichen beachten?

Ja.

Ausfuhrüberwachung?

Ja.

UST?

Ja.

Spül-DK legen?

Nein. Keine Kühlung mittels Spülkatheter. Man muss sich auch Fragen ob man invasiv oder nicht invasiv kühlen möchte. Man hat auch die Möglichkeit den Bair Hugger zu nutzen, diesen kann man auf 34°C einstellen. Auf der IDIS gibt es eine Kühlmatte die man holen könnte. Invasive Methoden sind unter anderem: extrakorporalen Kreislauf, ECMO, Hämofiltration. Als erstes wurde ich jedoch versuchen mit Cold Packs und der Kühlmatte zu kühlen.

ROTEM?

Ja, frühzeitig.

ABGA, arterielle Leitung?

Ja, wichtig -invasive Blutdruckmessung- zur Volumensteuerung, Elektrolytüberwachung da Schocksymptomatik. Regelmässige ABGA.

RX zum Ausschluss von Mikrothromben?

Die Oxygenierung ist ein Problem das ich klinisch erkenne. Eine hypoxischer Patient erkenne ich klinisch, da möchte ich die Ursache wissen. Ich habe zwei Möglichkeiten: Die eine Möglichkeit ist das Labor, dies dauert jedoch. Die zweite Möglichkeit ist ein Thoraxröntgen. Dies kann auch gut im Schockraum durchgeführt werden.

Bei Dyspnoe ist das Sono eine gute Variante. Ich erkenne Ergüsse, Lungenödem und den Pneu. Mikrothromben sehe ich im Sono nicht, da ist ein Röntgen indiziert. Das D-Dimere ist aufgrund der DIC nicht aussagekräftig.

CT?

Hirnödem ist eine klinische Diagnose, da benötigen wir nicht zwingend ein CT. Jedoch um Differenzialdiagnosen auszuschliessen, oder auch bei komatösen Patienten, wo man das Bewusstsein nicht richtig beurteilen werden kann. Bei der Diagnose Hitzschlag, ist eine primäre Bildgebung notwendig. Wenn die

Diagnose unsicher ist, ist eine Bildgebung zwingen um Differenzialdiagnosen auszuschliessen. Wurde sagen, wenn Diagnose klar ist kann darauf verzichtet werden, beim geringsten Zweifel durchführen.

Nehmen wir an wir haben z.B. einen Bauarbeiter, der im Freien bei 40°C gearbeitet hat, zusammengebrochen und somnolent ist. Man weiss nicht ob mit Kopfanprall, ob ein cerebrales Ereignis die Ursache ist oder er war vielleicht sogar in einem Malariagebiet im Urlaub war. In dem Fall wurde man, wenn er kritisch ist, eine Bildgebung durchführen.

Haben wir, einen in Frischhaltefolie gewickelten Jogger der aufgefunden worden ist, dann ist der Fall relativ klar. Genauso wie wenn jemand Ecstasy genommen hat.

Besprühen des Patienten, sowie nass, kalte Tücher werden empfohlen? Wie sehen Sie das?

Dies macht auch Sinn, die Wärmeabgabe ist mit Faktor 28 deutlich erhöht. Wichtig ist das kein Wasserbad verursacht wird. Dies hat man früher bei Hypothermie gemacht, unter anderem mit Lavage, ist jedoch auf «keinen grünen Zweig gekommen». Auch verursacht es eine riesige Sauerei. Auch aus Sicherheitstechnischen Gründen, Rutschgefahr für die Mitarbeitenden, wenn der Boden nass ist. Auch macht die Hyperthermie oft Rhythmusstörungen, wodurch das freie Wasser eine zusätzliche Gefahr ist. Auch wenn man den Patienten abtrocknet, ist z.B. das Bett immer noch nass. Daher ist es sinnvoll mit Besprühen und kalten, feuchten Tüchern zuarbeiten. Da auch eine Verdunstung gewünscht wird, ist das Besprühen sinnvoll.

Nach ECR Leitlinien keine Anpassungen, weiter kühlen während Reanimation. Es wird beschrieben das bei jedem Grad über 37°C, mit einem schlechteren neurologischen Outcome gerechnet werden muss. Wie sind Ihre Erfahrungen?

Medikamente die über den Stoffwechsel wirken, zeigen im idealen Bereich, von 37°C die beste Wirkung. Darunter und darüber ist die Wirkung verändert. Beim Patienten mit Hypothermie ist dies bekannt. Bei Patienten mit Hyperthermie gibt es noch zu wenig Erfahrungswerte, deshalb ist es sinnvoll die Standarddosierung zu verabreichen.

WHO Elektrolytlösung bei stabilen Patienten sinnvoll?

Salz- und Glucosetrinklösung nach WHO-Empfehlung

- 4 Teelöffel Zucker (= Saccharose wird im Körper in Glucose und Fructose gespalten),
- $\frac{3}{4}$ Teelöffel Salz (Kochsalz = Natriumchlorid),
- 1 Tasse Orangensaft oder ersatzweise 2 Bananen dazu essen (enthält Kalium),
- 1 Liter Mineralwasser oder industriell aufbereitetes Wasser.

Um was geht es, Patient ist massiv dehydriert, Elektrolytverluste. Bei Vorstufen des Hitzschlags sicher sinnvoll. Die Vorbereitung benötigt Zeit. In dem Moment ist die Flüssigkeitszufuhr das A und O, daher lieber Wasser als nichts zu trinken.

Im Sommer ist die Raumtemperatur im Schockraum eher hoch, auf dem INZ haben wir die Möglichkeit mit Cold Packs (Axillar, Leiste und Nacken) und lauwarmen Wasserspray. In der Physio hat es Crushed Ice, wäre es sinnvoll einen Beutel auch bei uns auf dem INZ zu lagern?

Cold Packs werden relativ schnell war, dann ist der gewünschte Effekt vorbei. Da wir auch nur über eine bestimmte Anzahl zur Verfügung haben, werden wir schnell an unsere Grenzen kommen.

Würde sagen erste Stufe, Cold Packs, die haben wir gleich vor Ort, sowie die Kühlmatte von der IDIS. Zweite Stufe Crushed Ice von der Physio, in Plastiksäcke abfüllen und in Handtücher wickeln. Gefahr von Erfrierungen. Musste man noch klären ob wir auch Zugang haben, wenn Physio nicht im Haus ist. Crushed Ice auf dem INZ zu lagern, scheint nicht sinnvoll zu sein. Da wir aktuell nicht viele Fälle haben.

In verschiedener Fachliteratur liest man, das gekühlte Infusionen sinnvoll sind, haben Sie bereits Erfahrungen damit gemacht? Wäre es aus Ihrer Sicht sinnvoll, dass wir welche im Kühlschranks lagern?

Im Vergleich zu einem Patienten mit Hyperthermie von ca. 42°C, ist die Raumtemperatur bereits kühl. Infusionen gelten auch als Medikamente und dürfen nicht über 28°C gelagert werden. Daher sind sie für einen Patienten mit Hyperthermie kühl. Dies ist ausreichend.

In Ihrem Unterricht an der afsain bezüglich Hyperthermie, haben Sie erwähnt das man pro 15 Minuten 1°C herunterkühlen sollte, beim Studium, verschiedener Literatur habe ich dies bezüglich nur Informationen gefunden, dass ein rasches Kühlen indiziert ist.

Im medStandards der Universitätsspital Basel, unter Hitzschlag, findet man diese Angabe. Pro 15 Minuten den Körper um 1°C herunterkühlen. Ziel ist es die Gefahr einer Unterkühlung zu vermeiden.

Guide Lines Heat Stroke

Definition:

Der Hitzschlag ist eine Störung und eine Insuffizienz des körpereigenen Wärmemechanismus mit einem Anstieg der Körpertemperatur über 40°C sowie der Unfähigkeit, den Sollwert zu halten. Bei Fieber ist der Sollwert verändert. Es besteht akute Lebensgefahr. Die Letalität liegt bei 10 bis 50 %.

Klassischer Hitzschlag:

Es sind häufig sind ältere Menschen mit Vorerkrankungen betroffen. Besonders gefährdet sind sie, wenn sie Medikamente einnehmen, die den Körper entwässern (Diuretika) oder auf die Schweißbildung eine hemmende Wirkung (Anticholinergika) haben. Bei jüngeren Menschen können Faktoren, die die endogene Wärmeproduktion steigern (Sauna, Amphetaminen, LSD), einen klassischen Hitzschlag verursachen.

Anstrengungsindizierter Hitzschlag:

Die Ursache für einen anstrengungsindizierten Hitzschlag ist die aktive Wärmeproduktion durch gesteigerte Muskelaktivität. Diese Form des Hitzschlags tritt meistens bei jungen gesunden Menschen auf. Das im Sport bekannte „Ausgeschwitzt“, wobei eine Dehydratation bewusst gefördert und zusätzlich mit isolierenden Kleidern unterstützt wird, kann einen Hitzschlag provozieren.

Der anstrengungsindizierte Hitzschlag kann bei jedem Wetter auftreten. Eine Aussentemperatur von 10°C kann schon ausreichend sein.

Menschen mit einem erhöhten Risiko:

- Menschen m höheren Alter,
- Menschen mit Demenzerkrankung,
- Menschen mit chronischen Erkrankungen,
- Menschen mit Suchterkrankungen (Alkohol, Drogen, Medikamente),
- Menschen mit Behinderungen,
- Menschen, die im Freien arbeiten,
- Menschen, die mit Hitze arbeiten,
- Menschen, die sich sportlich betätigen,
- Säuglinge und Kleinkinder. (

Massnahmen:

- Entkleiden,
- Kühlen mit Cold Packs auf grossen Gefässen (Axilla, Leiste, Nacken),
- Besprühen mit lauwarmem Wasser (15°C),
- nasse, kalte Tücher auflegen,
- Kühlmatte → kann auf IDIS geholt werden,
- Crushed Ice → in Plastiksäcke und mit Tüchern umwickeln (kann in Physiotherapie geholt werden),
- Überwachung BD, P, EKG, AF, Temperatur,
- invasive Blutdruckmessung,
- regelmässige ABGA (Elektrolytüberwachung),
- Temperaturkontrolle (mittels Blasenkatheter mit Temperatursonde),
- Vigilanzüberwachung (bei GCS-Abfall an Intubation denken),

- Hirndruckzeichen beachten,
- 12-EKG,
- Labor: Notfallstatus, Abdomen-Block, CK, ROTEM®, Typ & Screen, Blutgruppenbestimmung, Urin-Status,
- zwei grosslumige periphere Zugänge,
- grosszügige Volumengabe mit Ringer Acetat,
- Diurese kontrollieren → Einlage Blasenkatheter,
- Bildgebung mittels Sono (Lunge), CT (Schädel), Röntgen (Thorax) nach Bedarf.

Pro Minute soll die Körpertemperatur um ca. 1°C heruntergekühlt werden.

Mögliche Symptome und Komplikationen:

(Aufzählung nicht komplett)

- Kopfschmerzen,
- blasse Haut,
- Nausea und/oder Emesis,
- Präsynkope,
- Vigilanzminderung,
- Bewusstseinsstörung bis Bewusstlosigkeit, Koma,
- Blutdruckabfall,
- Tachykardie,
- schwere neurologische Störungen, unter anderem Ataxie, Delirium, Krämpfe,
- Rhabdomyolyse,
- DIC,
- Rhythmusstörungen,
- akutes Nierenversagen,
- Stoffwechselstörungen,
- Multiorganversagen,
- Schock,
- Multithromben in Lunge und Milz,
- Hirnödem,
- Hypokaliämie,
- Laktatazidose,
- respiratorische Azidose.

Hirndruckzeichen:

- zunehmende Kopfschmerzen,
- Nausea,
- Unruhe,
- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit (GCS-Abfall),
- Atemstörungen bis Atemstillstand,
- Bradykardie,
- deutlicher Blutdruckanstieg,
- Muskelkrämpfe der Streckmuskulatur (v. a. im Rücken),
- Streckkrämpfe in den Extremitäten,
- Pupillenstörungen (v. a. Mydriasis).

Medikamente:

Antipyretika sind bei einem Hitzschlag ineffektiv. Antikonvulsive Medikamente können bei zerebralen Krampfanfällen, angewendet werden.

Literatur:

Böhmer, R., Schneider, T. H., Wolcke, B. et al. (2013). Taschenatlas Rettungsdienst. (10. Auflage). Gau-Bischofsheim: Naseweis-Verlag.

Dunker, M., Rehm, M., Briegel, J. et al. (2001). Anstrengungsinduzierter Hitzschlag.

Jörg, D., Bauderer, E. (20016). Sommer, Sonne, Hitzenotfall – Nicht selten lebensgefährlich.

Medizin App:

Rosin, C., Nickel, C., Bingisser, R. (2007). Hitzschlag. Abgefragt am 12.04.2019 von medStandards. Basel: Universitätsspital Basel.

Gespräch:

Schwendinger, M., Direktor und Chefarzt Departement INZ Baden, am 12.04.19.

HEAT STROKE

Im Rahmen des Nachdiplomstudiums Notfallpflege HF, an der afsain, zur Diplomarbeit „Hyperthermie im Sommer“.

Erstellt von Silke Placereani

Definition:

Es ist eine Störung und eine Insuffizienz des körpereigenen Wärmemechanismus mit einem Anstieg der Körpertemperatur über 40°C sowie der Unfähigkeit, den Sollwert zu halten. Bei Fieber ist der Sollwert verändert. Es besteht akute Lebensgefahr. Die Letalität liegt bei 10 bis 50 %.

Klassischer Hitzschlag:

Betrifft häufig ältere Menschen mit Vorerkrankungen. Zusätzliche Gefährdung auf Grund von Medikamenteneinnahme, wie z.B. Diuretika oder Anticholinergika. Junge Menschen können Faktoren, die die

endogene Wärmeproduktion steigern (Sauna, Amphetaminen, LSD) einen klassischen Hitzschlag verursachen.

Anstrengungsindizierter Hitzschlag:

Die Ursache, ist die aktive Wärmeproduktion durch gesteigerte Muskelaktivität. Tritt meistens bei jungen gesunden Menschen auf. Eine Aussentemperatur von 10°C kann schon ausreichend sein.

Betroffen sind vor allem Menschen:

- im höheren Alter,
- mit Demenzerkrankung,
- mit chronischen Erkrankungen,
- mit Suchterkrankungen (Alkohol, Drogen, Medikamente),
- mit Behinderungen,
- die im Freien arbeiten,
- die mit Hitze arbeiten,
- die sich sportlich betätigen,
- Säuglinge und Kleinkinder.

Symptome/ Komplikationen: (Aufzählung nicht komplett)

- Kopfschmerzen,
- blasse Haut,
- Nausea und/oder Emesis,
- Präsynkope,
- Vigilanzminderung,
- Bewusstseinsstörung bis Bewusstlosigkeit, Koma,
- Blutdruckabfall,
- Tachykardie,
- schwere neurologische Störungen, unter anderem Ataxie, Delirium, Krämpfe,
- Rhabdomyolyse,
- DIC,
- Rhythmusstörungen,
- Stoffwechselstörungen,
- Multiorganversagen,
- Schock,
- Multithromben in Lunge und Milz,
- Hirnödem,
- Hypokaliämie,
- Laktatazidose,
- respiratorische Azidose.

Massnahmen:

- Entkleiden,
- Kühlen mit Cold Packs auf grossen Gefässen (Axilla, Leiste, Nacken),
- Besprühen mit lauwarmem Wasser (15°C),
- nasse, kalte Tücher auflegen,
- Kühlmatte → kann auf IDIS geholt werden,
- Crushed Ice → in Plastiksäcke und mit Tüchern umwickeln (kann in Physiotherapie geholt werden),
- Überwachung BD, P, EKG, AF, Temperatur,
- invasive Blutdruckmessung,
- regelmässige ABGA (Elektrolytüberwachung),
- Temperaturkontrolle (mittels Blasenkatheter mit Temperatursonde),
- Vigilanzüberwachung (bei GCS-Abfall an Intubation denken),
- Hirndruckzeichen beachten,
- 12-EKG,
- Labor: Notfallstatus, Abdomen-Block, CK, ROTEM[®], Typ & Screen, Blutgruppenbestimmung, Urin-Status,
- zwei grosslumige periphere Zugänge,
- grosszügige Volumengabe mit Ringer Acetat,
- Diurese kontrollieren → Einlage Blasenkatheter,
- Bildgebung mittels Sono (Lunge), CT (Schädel), Röntgen (Thorax) nach Bedarf.

Pro Minute soll die Körpertemperatur um ca. 1°C heruntergekühlt werden.

Hirndruckzeichen:

- zunehmende Kopfschmerzen,
- Nausea,
- Unruhe,
- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit (GCS-Abfall),
- Atemstörungen bis Atemstillstand,
- Bradykardie,
- deutlicher Blutdruckanstieg,
- Muskelkrämpfe der Streckmuskulatur (v. a. im Rücken),
- Streckkrämpfe in den Extremitäten,
- Pupillenstörungen (v. a. Mydriasis).

Medikamente:

Antipyretika sind bei einem Hitzschlag ineffektiv. Antikonvulsive Medikamente können bei zerebralen Krampfanfällen, angewendet werden.