


Med Klin Intensivmed Notfmed  
<https://doi.org/10.1007/s00063-023-01072-1>  
Eingegangen: 17. April 2023  
Angenommen: 13. September 2023

© The Author(s), under exclusive licence to  
Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von  
Springer Nature 2023

**Redaktion**  
Michael Buerke, Siegen



# Pathophysiologie und Management der Hitzeerkrankung

Thomas Bein   
Universität Regensburg, Regensburg, Deutschland

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Im Rahmen des Klimawandels mit globaler Erwärmung wird eine Steigerung der Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen beobachtet. Diese Entwicklung bringt das vermehrte Auftreten der Hitzeerkrankung mit sich, eines potenziell lebensbedrohlichen Geschehens, das der raschen und fachkundigen Behandlung bedarf.

**Ziel der Arbeit:** Übersicht über die Pathophysiologie und das akute Management der Hitzeerkrankung.

**Material und Methoden:** Analyse und Wertung der wesentlichen bisherigen Studien, (systematischen) Übersichten oder Kommentare zur Hitzeerkrankung ohne den Anspruch auf eine vollständige Metaanalyse oder eines „systematic review“. Darstellung des bisher empfohlenen praktischen Managements der Hitzeerkrankung in Notaufnahmen oder auf Intensivstationen.

**Ergebnisse:** Die akute Hitzeerkrankung präsentiert sich in verschiedenen Manifestationen (Hitzekrampf, Hitzeödem, Hitzeerschöpfung, Hitzschlag) mit fließenden Übergängen. Pathophysiologisch kommt es zu einer Störung der Homöostase der Thermoregulation, einer massiven Umverteilung der Blutzirkulation zur Haut mit relativer Minderdurchblutung der intestinalen Organe und des Gehirns sowie zu einer akuten kardialen Belastung. Über verschiedene zytokinvermittelte Kaskaden kann der unkompenzierte Hitzestress im Multiorganversagen münden, vor allem bei chronisch kranken Menschen. Die Krankenhausmortalität des unkompenzierten Hitzschlags beträgt mehr als 50 %. Die frühzeitige Erkennung, Klassifizierung und das gezielte Management, vor allem adäquate Kühlungsmaßnahmen, sind entscheidende Parameter für das Outcome.

**Diskussion:** Sowohl in Notaufnahmen als auch auf Intensivstationen werden zukünftig mehr Patienten mit prolongierter Hitzeexposition behandelt werden. Die Kenntnis über Pathophysiologie und Management sind entscheidend für den Behandlungserfolg. Daher sollte das Thema Hitzeerkrankung vertieft in das Fort- und Weiterbildungskonzept aufgenommen werden.

### Schlüsselwörter

Hitzschlag · Multiorganversagen · Kühlung · Mortalität · Intensivtherapie · Hitzeerkrankung



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

## Zunahme von Hitzewellen – Gefährdung der Gesundheit

Der Klimawandel ist „fühlbare“ Realität geworden und die letzten Jahre waren weltweit von dramatischen Naturkatastrophen, zunehmender Trockenheit und

einer steigenden Frequenz von Hitzewellen gekennzeichnet. Der Deutsche Wetterdienst definiert das Phänomen Hitzewelle als eine *mehrtägige Periode mit ungewöhnlich hoher thermischer Belastung*. Ähnlich wie in internationalen Definitionen von „heat waves“ legt der

Deutsche Wetterdienst eine Kombination von perzentilbasierten Schwellenwerten (z. B. 98. Perzentil der Tagesmaximumwerte) und einer minimalen Dauer z. B. von 3 Tagen zugrunde [1]. Auch in Deutschland wird in den letzten Jahrzehnten eine Zunahme des Auftretens von Hitzewellen festgestellt, zweifelsfrei als Folge des Klimawandels und der Erderwärmung. So hat sich die Anzahl heißer Tage (Tagesmaximum der Lufttemperatur mindestens 30 °C) – über ganz Deutschland gemittelt – seit den 1950er-Jahren von etwa 3 Tagen pro Jahr auf derzeit durchschnittlich 9 Tage pro Jahr verdreifacht [2]. Da extreme Hitze einen bedeutenden Risikofaktor für die menschliche Gesundheit darstellt, ist die klinische und wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Hitzeerkrankung von besonderer Wichtigkeit, da erst kürzlich gezeigt wurde, dass Hitzewellen mit einer statistisch signifikanten Zunahme von Sterbefällen verknüpft sind [3]. Hitzeerkrankungen sind also potenziell lebensbedrohlich, sie erfordern bei der Behandlung in der Notaufnahme und ggf. der folgenden intensivmedizinischen Behandlung ein rasches und effektives Behandlungsmanagement. In diesem Beitrag wird der aktuelle Stand der Manifestation, Diagnostik und Behandlung von hitzeassoziierten Erkrankungen vorgestellt und diskutiert. Es handelt sich nicht um eine systematische Metaanalyse, sondern um eine vom Autor vorgenommene Sichtung und Gewichtung der international publizierten Studien und Übersichten zu diesem Thema.

### Pathophysiologie der Hitzeerkrankung

Als Hitzeerkrankung werden pathophysiologische Veränderungen auf Hitzeexposition (sei es in Ruhe oder während Anstrengung, z. B. Arbeit oder Sport) bezeichnet, die von Hitzeerschöpfung über beginnende Organschädigung bis zum lebensbedrohlichen Fall eines Hitzschlags führen können. Eine differenzierte Beschreibung der Manifestationen findet sich später.

Der Mensch ist in seiner Entwicklungsgeschichte schon immer starken Temperaturschwankungen ausgesetzt gewesen (historisch häufiger allerdings in den unteren Kältebereich: z. B. Eiszeit, extreme

Winter im Mittelalter), daher gehören Mechanismen zur Thermoanpassung und -regulation zu überlebenswichtigen Funktionen des autonomen Nervensystems [4]. Der menschliche Organismus reagiert auf (extreme) Hitze überwiegend durch 2 Mechanismen: Umverteilung des Bluts in die Haut, um somit die Hitze über die Haut abzuleiten und um die erhöhte Schweißsekretion auf der Haut als Kühlmechanismus („Verdunstungskälte“) einzusetzen. Das thermoregulatorische System des Menschen strebt eine Temperatur um 37 °C an als beste Temperatur für eine normale Zellfunktion. Die Homöostase der Thermoregulation wird durch den thermischen Kortex in der hinteren Inselrinde bewerkstelligt gemeinsam mit einem komplexen neuronalen Netzwerk (sensorische Rezeptoren in der Haut und den inneren Organen; [5]). Abweichungen von der „idealen“ Temperatur entstehen im Wesentlichen z. B. durch die Umgebungstemperatur sowie durch Störungen der zentralen Thermoregulation (z. B. Schädel-Hirn-Trauma, entzündliche zerebrale Erkrankungen, extreme körperliche Bewegung oder pharmakologische oder physische Intervention).

Unter Hitzestress kommt es zu folgenden typischen pathophysiologischen Reaktionen [6]:

- Umverteilung des Blutflusses von Muskeln und Organsystemen zur Haut (Vasodilatation), um Hitzetransfer zur Haut zu ermöglichen;
- Schweißsekretion der Haut zur Wärmeabgabe;
- in der Folge Steigerung der kardialen Leistung bis hin zum kardialen Stress (Inotropiesteigerung, Tachykardie) als Reaktion auf die periphere Vasodilatation und die dadurch zentral ausgelöste Hypovolämie (distributiver Schock);
- „renal Stress“ durch Hypovolämie und Dehydratation;
- bei anhaltendem und nichtkompensiertem Hitzestress: Ischämie des Splanchnikusgebiets, kritische Organfunktionsstörungen durch Minderdurchblutung, insbesondere auch des zerebralen Systems.

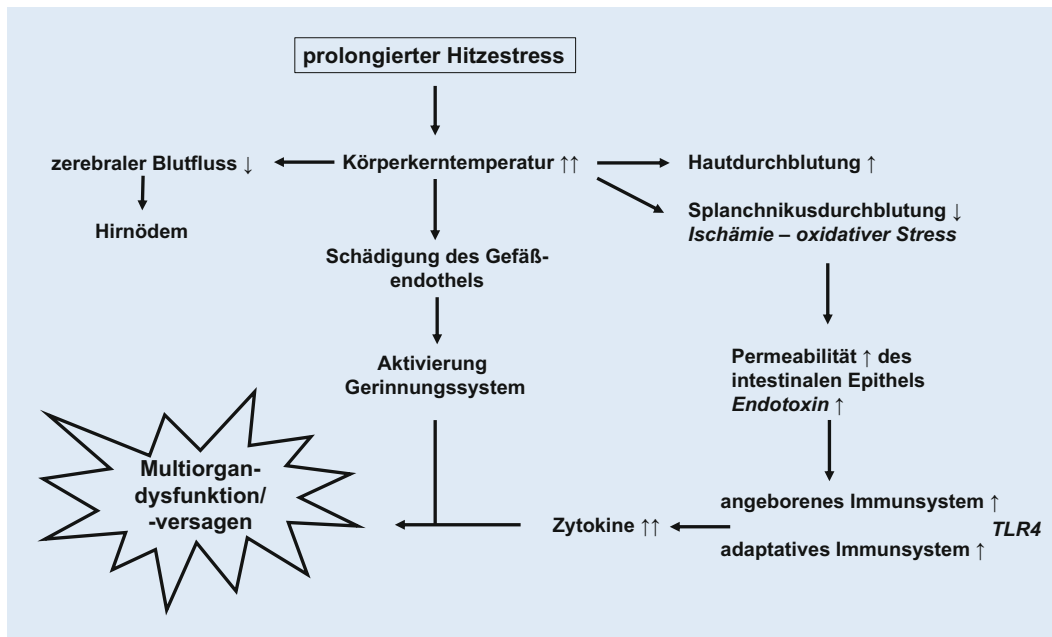
Dies sind zusammenfassend die Endorganschäden als Folge des unbehandelten, distributiven Schocks. Darüber hinaus

spielt ein weiterer Pathomechanismus eine wesentliche Rolle: Proinflammatorische Zytokine (Interleukin-1 $\beta$  und Interleukin-6, Tumornekrosefaktor) sind entscheidende Regulatoren bei Fieber und sind offensichtlich bei extremer Hitzeexposition ebenfalls bedeutsam: Infektionen und Hitzschlag induzieren ähnliche thermoregulatorische und inflammatorische (z. B. Heat-shock-Proteine, Zytokine) Antworten, die ein „systemic inflammatory response syndrome“ (SIRS; [6]) hervorrufen können mit dem Risiko eines Multiorgandysfunktions-syndroms oder eines Multiorganversagens [7]. Vergleichbar mit den Pathomechanismen einer Sepsis werden angeborene und adaptive Immunantworten im Rahmen einer schweren Hitzeexposition als Auslöser eines „Hitzschlagsyndroms“ angesehen, die zum SIRS oder sogar bis zum Multiorganversagen führen können (Abb. 1). Prolongierte und ausgeprägte Hitzeexposition stellt also eine bedrohliche Situation dar und bestimmte Risikogruppen sind besonders gefährdet: alte Menschen, kleine Kinder, chronisch Vorerkrankte, Nierenkranke, Patienten mit Erkrankungen des zentralen Nervensystems, Alkoholranke, Patienten mit bestimmter Dauermedikation, die die Thermoregulation beeinflusst (Anticholinergika, Antidepressiva, Spasmolytika), chronische Diuretikaehinahme. Weitergehende konkrete Risikoeinschätzungen mit spezifischen Handlungsempfehlungen sind derzeit (noch) nicht aus der wissenschaftlichen Literatur abrufbar, hier besteht Forschungsbedarf.

### Organbezogene Komplikationen der Hitzeerkrankung

Je nach Schwere und Dauer einer Hitzeexposition sowie des Risikostatus eines Patienten sind die folgenden typische Komplikationen und Organmanifestationen beschrieben (Übersicht in [8]).

- **Zerebrales System:** Bewusstseinsstörungen stehen oft klinisch im Vordergrund der Hitzeerkrankung und haben wohl zum Begriff „Hitzschlag“ geführt. Sie reichen von einer milden mentalen Einschränkung oder von motorischen Defiziten über die Somnolenz bis zum Koma. Die pathophysiologischen Mechanismen sind noch nicht völlig geklärt, aber aus



**Abb. 1** ◀ Pathophysiologie des prolongierten Hitzestresses mit Entwicklung zum Multiorganversagen. TLR4 „toll like receptor 4“. (Modifiziert nach [7])

Tierexperimenten geht hervor, dass die Entwicklung einer zerebralen Ischämie auf dem Boden einer Minderperfusion, eines erhöhten zerebralen Metabolismus sowie die Entwicklung eines Hirnödems bedeutsam sind [9]. Neurologische Beeinträchtigungen sind sehr häufig bei schwerer Hitzeexposition, sie gehören quasi regelmäßig zum klinischen Bild. Nach epidemiologischen Daten aus Frankreich [10] hatten *alle* in Lyon erfassten Patienten, die während der Hitzewelle 2003 vom Hitzschlag betroffen waren, neurologische Komplikationen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch, dass Hitze die Morbidität und Mortalität aufgrund *psychischer* und *psychiatrischer* Erkrankungen erhöht [11]. In einer Metaanalyse bisheriger Studien [12] wurde ein erhöhtes Auftreten von psychischer Morbidität (z. B. Psychosen, Demenz) während Hitzewellen um durchschnittlich 6,4% errechnet.

- **Kardiovaskuläres und respiratorisches System:** Hitzeexposition hat erhebliche pathophysiologische Auswirkungen auf das kardiovaskuläre System – insbesondere bei Patienten mit kardialen Vorerkrankungen. Die erhöhte Durchblutung der Hautoberfläche mit Schwitzen und Dehydrierung induziert eine Steigerung des Herzzeitvolumens. Darüber hinaus können Änderun-

gen des Hämatokritwerts und der Blutviskosität einen thrombogenen Zustand sowie eine Aktivierung der Blutgerinnung und Hemmung der Fibrinolyse induzieren. In einem zweiten „pathway“ aktiviert Hitze – wie bereits beschrieben – eine Zytokinkaskade mit (kardiovaskulärer) endothelialer Dysfunktion, so dass das Risiko akuter kardialer Erkrankungen ansteigt [13]. In einer Metaanalyse bisheriger Arbeiten zum kardiovaskulären Risiko während Hitzewellen [14] wurde für die Letalität ein relatives Risiko von 1,15 (95%-Konfidenzintervall [95%-KI]: 1,090, 1,210;  $p < 0,01$ ) angegeben, dieses Risiko war nochmals erheblich erhöht bei alten Menschen, ischämischer Herzerkrankung, ischämischem zerebralem Insult und chronischer Herzinsuffizienz. In ähnlicher Weise wurde für die Sterblichkeit im Rahmen respiratorischer Erkrankungen, z. B. der chronischen obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) ein erhöhtes Risiko (RE: 1,18; 95 %-KI: 1,09, 1,28;  $p < 0,01$ ) gefunden.

- **Niere:** Das *renale System* steht in besonderem Fokus bei Hitzeexposition. Auf der einen Seite sollen die Nieren den menschlichen Organismus vor Dehydrierung schützen, auf der anderen Seite sind Hitzestress und Flüssigkeitsverlust selbst direkt nephrotoxisch

[15]. In verschiedenen epidemiologischen Studien wurde in den letzten Jahren – insbesondere aus Sri Lanka, Indien, Thailand und Mittelamerika – über einen signifikanten Anstieg des Auftretens von akutem Nierenversagen während Hitzewellen berichtet [16]. Für dieses Phänomen wurde der Begriff „heat stress nephropathy“ geprägt [17]. Pathogenetisch werden ausgeprägte Elektrolytstörungen und -imbalancen, Oligurie, Hyperurikämie und eine hitzebedingte „Inflammation“ diskutiert. Besondere pathogenetische Bedeutung für das Nierenversagen legen Berichte über das Auftreten von Rhabdomyolysen durch Hitzestress nah [18].

- **Leber:** Im Rahmen einer Fallserie wurde kürzlich über das Auftreten eines akuten Leberversagens im Zusammenhang mit ausgedehnter Hitzeexposition berichtet [19]. Bei 33 von 55 Militäranghörigen, die einen Hitzschlag erlitten hatten, entwickelte sich eine akute Leberinsuffizienz. Die 30-Tage-Mortalität der Patienten mit konsekutivem Leberversagen und schwerer Gerinnungsstörung betrug 57%, während kein Patient mit kompensierter Leberinsuffizienz verstarb.
- **Intestinum:** Unter den vielfältigen Funktionen des Gastrointestinaltrakts

**Tab. 1** Einteilung der Hitzeerkrankung<sup>a</sup>. (Modifiziert nach [21–23])

	Hitzeödem, Krämpfe (muskulär, zerebral)	Hitzeerschöpfung	Hitzschlag
Symptome	KKT < 38,3 °C: Schwellung Extremitäten, feuchte Haut, Krämpfe (muskulär, zerebral) Miliaria	KKT 38,3°–40 °C Lichtscheue, Orthostase, Antriebslosigkeit oder Unruhe, Synkopen, Schwindel, passagere Einschränkung des Bewusstseins, Übelkeit, Erbrechen, Tachykardie, kalte und klamme Haut	KKT > 40 °C Quantitative und qualitative Bewusstseinsstörung, Krampfanfälle, Koma, Tachykardie, Hyperventilation, Diaphoresis, Oligurie, Blutungsneigung
(Patho)physiologische Reaktion	Durchblutung der Hautoberfläche ↑, Schwitzen, Beginnendes vaskuläres Leck, beginnendes zerebrales Ödem, muskuläre Hyperaktivität, Flüssigkeit-Elektrolyt-Imbalance	Ausgeprägte periphere Vasodilatation, Vasomotonus ↓, venöser Rückstrom ↓, Splanchnikusvasokonstriktion, Hypovolämie, beginnende Organfunktionsstörung	Schweres thermoregulatorisches Versagen, Endotoxin-Leak, SIRS, zelluläre Apoptose, Multiorgandysfunktion

<sup>a</sup>Zu beachten ist, dass die einzelnen Symptome nicht in einer bestimmten Reihenfolge auftreten oder vollständig sein müssen. Es handelt sich nicht um eine regelhafte Abfolge von bestimmten Stadien, sondern die Symptome können sich unabhängig voneinander entwickeln  
KKT Körperkerntemperatur, SIRS „systemic inflammatory response syndrome“

ist die Aufrechterhaltung einer physiologischen Barriere zur Steuerung und Abwehr bakterieller Translokation von besonderer Bedeutung. Nach derzeitigem Kenntnisstand [20] ist die Gefahr einer schwerwiegenden Störung bzw. eines Zusammenbruchs dieser Barrierefunktion unter massiver Hitzeexposition erhöht. Pathogenetisch werden eine direkte lokale Hyperthermie des Endothels, eine Ischämie durch Splanchnikushypoperfusion sowie neuroendokrin-immunologische Störungen diskutiert.

### Manifestation der Hitzeerkrankung

Es hat sich international (noch) keine einheitliche Nomenklatur zur (Schweregrad-) Einteilung durchgesetzt, auch die Empfehlungen zum Management basieren bisher nicht auf einer allgemein akzeptierten Leitlinie – ein solcher Schritt ist angesichts der Zunahme der medizinischen und gesellschaftlichen, städtebaulichen und – last, but not least – gesundheitspolitischen Bedeutung dringend geboten.

Bezüglich der Vorstellung einer klinisch praktikablen Einteilung hat sich der Autor an 3 – aus seiner Sicht – hierfür besonders geeignete Publikationen gehalten [21–23] und diese in **Tab. 1** zusammengefasst.

Die Einteilung erfolgt zunächst in die Symptome *Hitzeerkrankung*, *Hitzeödem* („*heat edema*“). Eine weitere Manifestation ist die *Hitzeerschöpfung* („*heat exhaustion*“). Der wohl schwerste Erkrankungsgrad

ist der *Hitzschlag* („*heat stroke*“), die Bezeichnung signalisiert schon sprachlich die besondere zerebrale Gefährdung und die Bedrohlichkeit durch Organausfälle. Die einzelnen Symptome müssen nicht in einer bestimmten Reihenfolge auftreten oder vollständig sein. Es handelt sich nicht um eine regelhafte Abfolge von bestimmten Stadien, sondern die Symptome können sich unabhängig voneinander entwickeln. Bei der pflegerischen (Erst-)Versorgung ist besonders auf den Flüssigkeitsstatus und den Hautzustand zu achten – insbesondere bei alten Menschen und Risikopatienten, danach richtet sich das akute Volumenmanagement. Darüber hinaus sind die rasche neurologische Einschätzung, die unmittelbare Blutentnahme und das Monitoring der Vitalparameter (Körperkerntemperatur, Pulsoxymetrie, engmaschige Blutdruckmessung) wichtige pflegerische Sofortmaßnahmen.

Sowohl die klinische Einschätzung als auch die Auswahl der entsprechenden Therapie richten sich nicht nur nach dieser Einteilung, sondern vor allem auch nach dem Risikopotenzial, dem chronischen Gesundheitsstatus und den in der jeweiligen Behandlungsinstitution vorhandenen Möglichkeiten. Viele ältere Studien – vor allem aus dem speziellen Bereich des Leistungssports oder des Militärs – haben sich ausschließlich mit der Hitzeerkrankung durch Anstrengung („*exertional heatstroke*“) befasst. Vergleicht man diese Studien mit solchen zum „*classical heatstroke*“, die für diese Arbeit überwiegend herangezogen werden, können

keine klaren Unterscheidungen im Management, der Behandlung oder dem Outcome erkannt werden, sodass das Thema „Hitzschlag durch Anstrengung“ nicht separat behandelt wird, wenngleich während Hitzewellen solche arbeits- oder sportbedingten Hitzeschlagerkrankungen eine gewisse Bedeutung haben [24, 25].

Die frühzeitige Einschätzung der Manifestation der akuten Hitzeerkrankung – idealerweise noch im präklinischen Setting (Rettungsdienst, Notarzt, Notaufnahme) – ermöglicht die Ansteuerung einer Institution mit gezielter, sofortiger und medizinisch adäquater Behandlungsstrategie [26]: Während die Behandlung eines Hitzeerkrankungsmeist ambulant möglich sein wird, sollte bei Hitzeerschöpfung nach ambulante Check zumindest die stationäre Aufnahme bei Risikokonstellation erwogen werden, um (z. B. während Kühlung) die Vitalparameter zu überwachen. Diese ist natürlich zwingend erforderlich beim Auftreten eines Hitzeschlages. Für Patienten mit Hitzeerschöpfung/ Hitzschlag und hohem Risikopotenzial (hohes Alter, kardiale, renale oder respiratorische Vorerkrankungen) kann es sogar nach individueller Einschätzung geboten sein, das Management der Kühlung und weiteren Behandlung dem Intensivpersonal zu übergeben [27], ohne dass dies allerdings zu einer Verzögerung des Behandlungsbeginns führen sollte. Nach Senkung der Körperkerntemperatur und bei Ausbleiben einer quantitativen (z. B. Somnolenz, Sopor) oder qualitativen Bewusstseinsstörung (z. B. Halluzinationen,

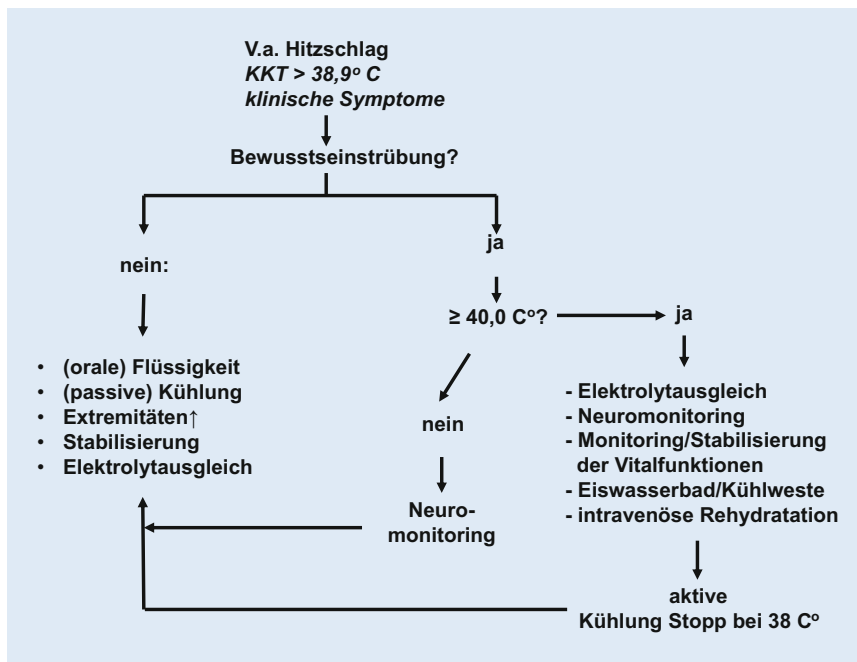


Abb. 2 ▲ Akutes Management des Hitzschlags. KKT Körperkerntemperatur. (Modifiziert nach [21].)

Symptome eines Delirs) sowie stabilen Vitalparametern kann eine Entlassung aus der Notaufnahme nach Hause erwogen werden. Liegen – auch nach Wiederherstellung einer Normothermie – eine Bewusstseinsstörung und/oder andere moderate Funktionsstörungen anderer Organsysteme (Hypotension, Tachypnoe, Oligurie) vor, ist die Überwachung auf einer Intermediate-Care-Station empfehlenswert. Bei progredienten oder manifesten Organstörungen (zunehmende Somnolenz, zerebrale Krämpfe, beginnendes Schocksyndrom oder beginnende respiratorische Insuffizienz, Anurie, Gerinnungsstörung) ist die intensivmedizinische Behandlung indiziert. Hier gilt ebenfalls für eine Entscheidungsfindung die sorgfältige individuelle Einschätzung der aktuellen Situation und der Anamnese.

### Management der Hitzeerkrankung

Die rasche und gezielte Einteilung der Manifestation beim Eintreffen von Hitzeerkrankten in der Notaufnahme oder auf der Intensivstation mit entsprechendem individuellem Therapieangebot trägt wesentlich zu einem guten Outcome bei [7]. Kühlungsmaßnahmen sollten so früh wie möglich begonnen werden, manche Studien sehen einen Vorteil mit dem Beginn

bereits im Rettungsmittel (Notarztwagen, Hubschrauber) mittels spezieller präklinischer Devices (Entkleidung, „body bags“, Abdeckungen, Gebläse; [28]), vor allem wenn der Transport länger als 30 min dauern sollte [25].

Die unmittelbare *Sichtung und Klassifizierung* sollte nach folgenden Kriterien vorgehen [26]:

- Entkleidung (falls noch nicht geschehen) und kühle Umgebungstemperatur;
- sofortige Erfassung der Körperkerntemperatur (meistens über inneren Gehörgang);
- Check des Neuro- und des Vitalstatus;
- „Hitzeanamnese“: Wie lange und wo war der/die Patient/in welcher Hitzeexposition ausgesetzt;
- sorgfältige Erfassung der Begleiterkrankungen und möglicher zusätzlicher Hitzेरisikofaktoren (z. B. chronische kardiale oder respiratorische Erkrankung, chronische Medikamenteneinnahme mit besonderer Sensibilität für die Thermoregulation [z. B. Antidepressiva, Anticholinergika], Alkoholkrankheit, Diabeteserkrankung, chronische Nierenerkrankung).

Nach der Einschätzung sind *unmittelbare Sofortmaßnahmen* zu treffen, die von

Maßnahmen des bekannten *ABCDE-Schemas* als einer Strategie zur Untersuchung und Versorgung kritisch kranker oder verletzter Patienten auf der Basis einer Prioritätenliste eingerahmt werden:

- Entscheidung über eine adäquate Weiterverlegung und -behandlung, z. B.: Verlegung auf die Intensivstation;
- *Muskelkrampf*: ambulante Behandlung, bei ausgeprägten Risikofaktoren kann eine stationäre Aufnahme erwogen werden;
- *Hitzeerschöpfung*: Hier ist in der Regel eine stationäre Aufnahme mit Basismonitoring (EKG, Blutdruck, Elektrolyt- und Blutzuckerkontrollen, evtl. Pulsoxymetrie) erforderlich;
- *Hitzschlag*: wenn möglich intensivmedizinische Behandlung mit den Möglichkeiten eines differenzierten Kühlungs- und Überwachungsmanagements.

### Kühlung und supportive Therapie

Das allgemeine Behandlungskonzept richtet sich nach dem aktuellen Grad der Organeinschränkung (Hämodynamik, respiratorisches System, Gerinnung, Niere etc.). In diesem Kontext kommt der gezielten Bestimmung wichtiger Laborparameter eine große Bedeutung zu: Die Erkennung (und Korrektur) akuter Elektrolytstörungen, die Erfassung von Hämolyseparametern (Nierenschädigung, Rhabdomyolyse) sowie die Abnahme von Laborparametern, die Hinweise auf ein Schocksyndrom geben (Laktat, evtl. zentralvenöse O<sub>2</sub>-Sättigung).

Zusätzlich ist die schnelle Einleitung kühlender Maßnahmen für den Behandlungserfolg und das Outcome im Sinne der Vermeidung bleibender mentaler Einschränkungen und längerfristiger Organschäden entscheidend [3, 7, 8]. Hierbei sollte der/die Hitzschlagpatient:in ab einer Körperkerntemperatur ≥ 39°C auf etwa 38°C heruntergekühlt werden, allerdings (in der Regel) nicht schneller als mit etwa 0,5°C pro 30 min, um schwerwiegende hämodynamische oder zerebrale (Gegen-)Reaktionen zu vermeiden (■ Abb. 2). Ab dem Erreichen von 38°C sollte die Kühlung gestoppt werden, um eine überschießende weitere Temperaturabnahme zu verhindern.

Als mögliche Kühltechniken (hier in absteigender Invasivität) wird die Immersion in kaltes (8–17°C) oder temperiertes Wasser (20–26°C) beschrieben. Darüber hinaus kommen kommerzielle Eispackungen, temperierte Duschen (etwa 20°C), kalte Handtücher (etwa 5°C), Kühlwesten und -jacken, die Infusion kalter Flüssigkeit (etwa 4°C), die Applikation eines kalten Luftstroms (Ventilator), die Reduktion der Raumtemperatur oder die Verdunstungskühlung in Betracht. Die Anzahl prospektiv randomisierter Studien zum Vergleich verschiedener Kühltechniken ist überschaubar, sie lässt keine evidenzbasierten Aussagen zur grundlegenden Effektivität oder Zuordnung der verschiedenen Techniken zur Anwendung bei spezifischen Patientengruppen zu. Während für die Anwendung der Eiswasserimmersion als „invasiver“ Kühltechnik die Gruppe jüngerer Menschen (militärisches Personal, Sportler, [Straßen-]Arbeiter) als Zielgruppe gesehen wird, bieten sich für ältere Patienten und vor allem für solche mit Vorerkrankungen die „schonenderen Verfahren“ (Extremitätenimmersion, Kühlpackungen, passive Kühlung) an. Zu beachten ist, dass Kühlverfahren ein besonderes Komplikationspotenzial (Herzrhythmusstörungen, z. B. ventrikuläre Tachykardie – Aspirations – neurologische Verschlechterung, z. B. Eintrübung, Übelkeit, Erbrechen – Hypotension, Krampfanfälle, Muskelspasmen) aufweisen abhängig vom Invasionsgrad der Kühlmethode sowie vom (Vor-)Erkrankungsstadium des Patienten. Daher sollten Kühlmethoden, die über die passive Kühlung hinausgehen, unter der ständigen Überwachung von spezialisiertem Personal erfolgen mit entsprechendem Monitoring und rasch einsetzbarer technischer Unterstützung (Schrittmacherapplikation, Intubation und Beatmung, Einsatz vasoaktiver Substanzen). Bei mildereren Fällen wird ein großlumiger venöser Zugang über die Peripherie ausreichend sein, während bei „klassischem“ Hitzschlag von manchen Autoren die Anlage eines zentralen Venenkatheters empfohlen wird [8]. Auch die Anlage eines Blasenkatheters kann – insbesondere bei Hitzschlag von Patienten mit vorbestehenden Nierenerkrankungen – besonders im Hinblick auf die frühzeitige Identifikation

einer Rhabdomyolyse indiziert sein. Der Einsatz von Dantrolen [29] oder antipyretischen Substanzen (z. B. Metamizol) zur Hitzschlagbehandlung wird derzeit nicht empfohlen, da in kleinen Fallserien kein Vorteil gezeigt wurde und mit ausgeprägten Nebenwirkungen (v. a. Hypotension) zu rechnen ist.

Die fachgerechte Versorgung von Patienten mit Hitzschlag – einer potenziell lebensbedrohlichen Erkrankung – erfordert spezielles Wissen und praktische Expertise im Team, darüber hinaus sollte der Einsatz passiver oder aktiver Kühlungsverfahren Routine oder mindestens gut eingeübt sein. Die Einschätzung der Gefährdung des individuellen Patienten, die Auswahl des passenden Behandlungsverfahrens, der Einsatz adäquater Monitoringverfahren und die Bereitstellung aller organunterstützenden technischen Verfahren (bei Bedarf künstliche Beatmung, Kreislauftherapie, Nierenersatzverfahren) sind entscheidende Weichenstellungen für den Erfolg der Behandlung.

### Der Patient mit Hitzschlag auf der Intensivstation

Systematische Untersuchungen zu Behandlung und zum Verlauf von Patienten mit Hitzschlag auf Intensivstationen sind rar, mehrere Publikationen liegen zur Datenauswertung während der Hitzewelle 2003 aus Frankreich vor. Mittels einer Umfrage auf mehreren französischen Intensivstationen wurden die Daten und Verläufe von 345 Patienten erfasst [27], die Krankenhausmortalität für diese Gruppe betrug 62,6% (!). Als unabhängige Risikofaktoren für eine erhöhte Letalität wurden statistisch errechnet: Ereignis des Hitzschlags zuhause oder in einer Gesundheitsinstitution (im Gegensatz zu einem öffentlichen Ort), ein hoher *Simplified Acute Physiology Score II*, hohe Körperkerntemperatur, verlängerte Prothrombinzeit, vasoaktive Substanzen am ersten Tag und Behandlung auf einer Intensivstation ohne Klimaanlage (130-Tage-Letalität=88%) im Vergleich zur Ausstattung mit Klimaanlage (130-Tage-Letalität=72%,  $p=0,006$ ), obwohl bei allen diesen Patienten Methoden der Kühlung (Eispackungen, Kühlwesten) angewendet wurden. Einer künstlichen

Beatmung wurden 95% der Hitzschlagpatienten unterzogen und etliche erhielten weitere Organunterstützungsverfahren. In einer weiteren multizentrischen Beobachtungsstudie aus Frankreich während der Hitzewelle 2003 wurden von Hausfater et al. [30] 16 Notaufnahmen im Großraum Paris einbezogen und 1456 Patienten, die sich mit einer Körperkerntemperatur  $>38,5^{\circ}\text{C}$  vorstellten, analysiert. Das mittlere Alter betrug  $79 \pm 19$  Jahre. Obwohl bei 27% der Patienten eine kritische Situation festgestellt wurde, fand eine Verlegung auf die Intensivstation nur bei 5% statt. Kühlungsmaßnahmen wurden bei 64% der Patienten durchgeführt (Eispackungen, feuchte Tücher, Zufuhr von kalter Luft, Luftbefeuchtung und Infusion kalter Lösungen). Die 1-Jahres-Überlebensrate für alle Patienten betrug 57%. Die unabhängigen Risikofaktoren für eine erhöhte Letalität entsprachen weitgehend den Ergebnissen von Misset et al. [27]. Die Autoren diskutieren selbstkritisch, dass sie zu diesem Zeitpunkt (2003) die potenzielle Lebensbedrohung durch Hitzschlag unterschätzt und in der Behandlung (strikte Kühlung, Verlegung auf die Intensivstation) nicht konsequent waren, da sie nicht mit einer so hohen 1-Jahres-Letalität gerechnet hatten.

Offensichtlich kommt der konsequenten Nutzung von Klimaanlage („heating, ventilation“ und „air conditioning“ [HVAC]) auf Intensivstationen, nicht nur für die Behandlung von hitzkranken Patienten, sondern auch aus hygienischen Gründen, eine besondere Bedeutung zu. Zahlreiche nationale und internationale Vereinigungen (in Deutschland: Verein Deutscher Ingenieure) fordern für jede Intensivstation das Betreiben von Klimaanlage mit bestimmten Qualitätskriterien [31]; ob diese Forderung – zumindest in Deutschland – konsequent umgesetzt ist, konnte der Autor dieses Beitrages nicht in Erfahrung bringen. In Frankreich zumindest sind, bzw. waren im Jahre 2003, nur die Hälfte der untersuchten Intensivstationen mit Klimaanlage ausgestattet.

In einer weiteren Studie wurden die Auswirkungen einer massiv erhöhten Temperatur im Krankenzimmer ohne Klimaanlage auf Mitarbeiter und Patienten untersucht [32]. Während einer Hitzewelle betrug die durchschnittliche Temperatur

im Intensivbehandlungszimmer 32,1°C mit einem Maximum von 38°C und einem Minimum von 20°C. Während der extremen Temperaturanstiege der Umgebungstemperatur im Behandlungszimmer stiegen die Körperkerntemperaturen aller Patienten – ohne eine Intervention durch das Team – auf 38,5°C oder mehr an, es zeigte sich also eine unmittelbare und lineare Beeinflussung der Temperaturentwicklung der Patienten durch die steigende Umgebungstemperatur. Mittlerweile – und das völlig zu Recht und im Licht nicht nur der eben vorgestellten Studie – im Zeitalter des „fühlbaren“ Klimawandels mit vermehrten Hitzewellen werden Rufe auch nach einer konsequenten Ausstattung von Pflegestationen mit Klimaanlage laut, aber die Realität scheint hiervon (noch) weit entfernt zu sein.

Es ist davon auszugehen, dass Patienten mit Hitzschlag in Zukunft häufiger ihren Weg über die Notaufnahmen auf die Intensivstationen finden werden und die Aufnahme dieses Krankheitsbilds in intensivmedizinische Aus- und Fortbildungen ist unabdingbar. Hier sollten auch die Fachgesellschaften die Initiative ergreifen. Nur die genaue Kenntnis der Pathophysiologie, des Managements, der Rahmenbedingungen und der bestmöglichen medizinischen Therapie im Ärzte- und Pflegeteam wird es ermöglichen, mit der großen Gefährdung dieser Patienten fachgerecht umzugehen und somit die Überlebensrate und Überlebensqualität zu verbessern [32]. Es fehlen leider sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene noch mittels Konsensuskonferenzen durch Experten erstellte Leitlinien, aber immerhin kann man sich mit einem sorgfältig erstellten und praxistauglichen Manual behelfen [23].

#### Fazit für die Praxis

- Im Rahmen des Klimawandels nehmen Hitzewellen an Häufigkeit und Intensität zu.
- Die Diagnose „Hitzeerkrankung“ rückt daher zunehmend in den Fokus von Notaufnahmen und Intensivstationen.
- Die Manifestation der Hitzeerkrankung sind Hitzekrampf, Hitzeödem, Hitzerschöpfung und der Hitzschlag. Die Hitzeerkrankung ist potenziell lebensbedrohlich.

- Pathophysiologisch kommt es in schweren Fällen zu einem Zusammenbruch der Thermoregulation, einer massiven Vasodilatation der Hautoberfläche, einer intestinalen Minderperfusion und einer akuten kardialen Belastung.
- Der unkompenzierte Hitzschlag kann über die pathophysiologische Initiierung von Zytokinkaskaden zum Multiorganversagen führen mit hoher Letalität.
- Die frühzeitige Diagnosestellung mit Klassifizierung, die Einleitung gezielter und adäquater Behandlungsmaßnahmen (Kühlung, supportive Therapie) sind entscheidend für den Therapieerfolg.
- Grundlegende Kenntnisse zu Pathophysiologie und zum Management der Hitzeerkrankung sollten in notfall- und intensivmedizinische Fortbildungsinhalte aufgenommen werden.

#### Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. med. Thomas Bein**  
 Universität Regensburg  
 Regensburg, Deutschland  
 thomas.bein@klinik.uni-regensburg.de

#### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** T. Bein gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden vom Autor keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

#### Literatur

1. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=624852&lv2=101094>. Zugegriffen: 12. Apr. 2023
2. Deutscher Wetterdienst und Extremwetterkongress Hamburg Faktenpapier. [www.ewk2022.de](http://www.ewk2022.de). Zugegriffen: 12. Apr. 2023
3. Winklmayr C, Muthers S, Niemann H, Mücke HG, an der Heiden M (2022) Heat-related mortality in Germany from 1992 to 2021. *Dtsch Arztebl Int* 119:451–457
4. William P, Cheshire J (2016) Review thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress. *Auton Neurosci* 196:91–104
5. Hanna EG, Tait PW (2015) Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. *Int J Environ Res Public Health* 12:8034–8074
6. Bouchama A, Ollivier V, Roberts G, Al Mohanna F, de Prost D, Eldali A, Saussereau E, El-Sayed R, Chollet-Martin S (2005) Experimental heatstroke in baboon: analysis of the systemic inflammatory response. *Shock* 24:332–335
7. Leon LR, Helwig BG (2010) Heat stroke: role of the systemic inflammatory response. *J Appl Physiol* 109:1980–1988

8. Yeo PLT (2004) Heat stroke—a comprehensive review. *AACN Clin Issues* 15(2):280–293
9. Bain AR, Nybo L, Ainslie PN (2015) Cerebral vascular control and metabolism in heat stress. *Compr Physiol* 5:1345–1380
10. Argaud L, Ferry T, Le QH, Marfisi A, Ciorba D, Achache P, Ducluzeau R, Robert D (2007) Short- and long-term outcomes of heatstroke following the 2003 heat wave in Lyon, France. *Arch Intern Med* 167:2177–2183
11. Walinski A, Sander J, Gerlinger G, Clemens V, Meyer-Lindenberg A, Heinz A (2023) The effects of climate change on mental health. *Dtsch Arztebl Int* 120:117–124
12. Liu J, Varghese BM, Hansen A et al (2021) Is there an association between hot weather and poor mental health outcomes? A systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 153:106533
13. Chen K, Breitner S, Wolf K, Rai M, Meisinger C, Heier M, Kuch B, Peters A, Schneider A (2019) Projection of temperature-related myocardial infarction in Augsburg, Germany: moving on from the paris agreement on climate change. *Dtsch Arztebl Int* 116:521–527
14. Cheng J, Xu Z, Bambrick H, Prescott V, Wang N, Zhang Y, Su H, Tong S, Wenbiao H (2019) Cardiorespiratory effects of heatwaves: a systematic review and metaanalysis of global epidemiological evidence. *Environ Res* 177:108610
15. Sasai F, Roncal-Jimenez C, Rogers K, Sato Y, Brown JM, Glaser J, Garcia G, Sanchez-Lozada LG, Rodriguez-Iturbe B, Dawson JB, Sorensen C, Hernando AA, Gonzalez-Quiroz M, Lanasa M, Newman LS, Johnson RJ (2023) Climate change and nephrology. *Nephrol Dial Transplant* 38:41–48
16. Lee WS, Kim WS, Lim YH, Hong YC (2019) High temperatures and kidney disease morbidity: a systematic review and meta-analysis. *J Prev Med Public Health* 52:1–13
17. Jaswal P, Singh G, Basu J, Kaur D (2022) Heat stress nephropathy: what have we learned? *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets*. <https://doi.org/10.2174/1871530323666221208151913>
18. Thongprayoon C, Petnak T, Kanduri SR, Kovvuru K, Cheungpasitporn W, Boonpheng B, Chewcharat A, Bathini T, Medaura J, Vallabhajosyula S, Kaewput W (2020) Impact of rhabdomyolysis on outcomes of hospitalizations for heat stroke in the United States. *Hosp Pract* 48:276–281
19. Li C, Su H, Li H, Li X, Wang H, Song Q, Hu J (2022) Severe acute liver injury in patients with exertional heat stroke associated with poor short-term prognosis. *World J Emerg Med* 13(2):124–129. <https://doi.org/10.5847/wjem.j.1920-8642.2022.047>
20. Ogdén HB, Child RB, Fallowfield JL, Delves SK, Westwood CS, Layden JD (2020) The gastrointestinal exertional heat stroke paradigm: pathophysiology, assessment, severity, aetiology and nutritional countermeasures. *Nutrients* 12:537
21. Gauer R, Meyers BK (2019) Heat-related illnesses. *Am Fam Physician* 99:482–489
22. Leyk D, Hoitz J, Becker C, Glitz KJ, Nestler K, Piekarski P (2019) Gesundheitsgefahren und Interventionen bei anstrengungsbedingter Überhitzung. *Dtsch Arztebl Int* 116:537–534
23. Junaid Abdul Razzak JA, Ullah Khan NA, Heat A Provider manual for healthcare professionals on assessment and management of patients with heat exhaustion and heat stroke. <https://www.elrha.org/wp-content/uploads/2020/07/HEAT-manual-pdf1.pdf>. Zugegriffen: 12. Apr. 2023
24. Caldwell AR, Saillant MM, Pitsas D, Johnson A, Bradbury KE, Charkoudian N (2022) The effective-

- ness of a standardized ice-sheet cooling method following exertional hyperthermia. *Mil Med* 187(9):e1017–e1023. <https://doi.org/10.1093/milmed/usac047>
25. Smith JE (2005) Cooling methods used in the treatment of exertional heat illness. *Br J Sports Med* 39:503–507
  26. Bouchama A, Dehbi M, Chaves-Carballo E (2007) Cooling and hemodynamic management in heatstroke: practical recommendations. *Crit Care* 11:R54
  27. Misset B, De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Gattoliat O, Bouhrara E, Annane D, Hausfater P, Garrouste-Orgeas M, Carlet J (2006) Mortality of patients with heatstroke admitted to intensive care units during the 2003 heat wave in France: a national multiple-center risk-factor study. *Crit Care Med* 34(4):1087–1092
  28. Kim DA, Lindquist BD, Shen SH et al (2020) A body bag can save your life: a novel method of cold water immersion for heat stroke treatment. *J Am Coll Emerg Physicians Open* 1:49–52
  29. Bouchama A, Cafego A, Devol EB, Labdi O, el-Assil K, Seraj M (1991) Ineffectiveness of dantrolene sodium in the treatment of heatstroke. *Crit Care Med* 19:176–180
  30. Hausfater P, Megarbane B, Dautheville S, Patzak A, Andronikof M, Santin A, Ludovic A, Nabila K, Gerald T et al (2010) Prognostic factors in non-exertional heatstroke. *Intensive Care Med* 36:272–280
  31. Saran S, Gurjar M, Baronia A, Sivapurapu V, Ghosh PS, Raju GM, Maurya I (2020) Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) in intensive care unit. *Crit Care* 24:194
  32. Douma MJ, Aves T, Allan KS, Bendall JC, Berry DC, Chang W, Epstein J, Hood N, Singletary EM, Zideman D, Lin S, Vere Borra V, Jestin N, Carlson JN, Cassan P, Charlton NP, Markenson DS, Meyran D, Sakamoto T, Swain JM, Woodin JA (2020) First aid cooling techniques for heat stroke and exertional hyperthermia: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 148:173–190

## Weiterführende Literatur

33. Rublee C, Dresser C, Giudice C, Lemery J, Sorensen C (2021) Evidence-based heatstroke management in the emergency department. *West J Emerg Med* 22(2):186–195. <https://doi.org/10.5811/westjem.2020.11.49007>
34. Stephan F, Ghiglione S, Decailliot F, Yakhou L, Duvaldestin P, Legrand P (2005) Effect of excessive environmental heat on core temperature in critically ill patients. An observational study during the 2003 European heat wave. *Br J Anaesth* 94:39–45

## Pathophysiology and management of heat illness

**Background:** The frequency and intensity of heat waves are currently increasing due to climate change. Hence more cases of heat illness are being observed, a potentially life-threatening disease, which requires rapid and expert management.

**Objectives:** An overview of the pathophysiology and acute management of heat illness is presented.

**Materials and methods:** Analysis and evaluation of important, recently published contributions, studies, and reviews regarding heat illness without claim for completeness or fulfilling the criteria for a 'systematic meta-analysis'. Presentation of a recommended clinical–practical classification and management of heat illness in emergency departments or intensive care units.

**Results:** The manifestation of heat illness arising from prolonged exposure to heat prevails (heat cramps, heat edema, heat exhaustion, heat stroke). The main pathophysiologic mechanisms are disruption of thermoregulation, peripheral vasodilation of the skin surface, hypoperfusion of visceral organs, and brain, and cardiac stress. Uncompensated heat stress can result in multiorgan dysfunction/failure syndrome due to the initiation of cytokine pathways, specifically in at-risk and/or chronically ill patients. The manifestation of uncompensated heat stroke is associated with a hospital mortality > 50%. Rapid identification, classification and targeted management are crucial for the outcome, in particular the initiation of adequate cooling measures.

**Conclusion:** In the future, increasing numbers of patients suffering from prolonged heat exposure will require treatment in emergency departments and intensive care units. Sufficient professional knowledge regarding pathophysiology and management are decisive for successful therapy. Hence, the topic heat illness should be implemented in training and education.

### Keywords

Heat stroke · Multiple organ failure · Cooling · Mortality · Intensive care