

# Akzidentelle Hypothermie - LAWINENMEDIZIN

Die Prognose von Patienten mit akzidenteller Hypothermie hat sich durch Fortschritte in der Behandlung und durch neue Erwärmungstechniken deutlich verbessert. Beim Lawinenunfall, einem Sonderfall der akzidentellen Hypothermie, hängt die Prognose des Verschütteten primär vom Ausmaß der Asphyxie und von den Begleitverletzungen ab. Lawinenverschüttete mit erhaltenem Kreislauf haben in der Regel eine gute Prognose. **Von Peter Paal et al.\***



## Aktuelle Entwicklungen

In den im Oktober 2015 erschienenen neuen Richtlinien des European Resuscitation Councils (ERC) wurde unter anderem ein neuer Algorithmus für die Versorgung von Lawinenverschütteten vorgestellt. Dieser soll die Treffsicherheit zwischen Asphyxie und Hypothermie in der präklinischen Differentialdiagnose verbessern. Außerdem wurden in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte bei der Behandlung von schwer unterkühlten Patienten mit noch vorhandenem Kreislauf aber auch im Kreislaufstillstand erzielt. Im Folgenden wird eine Übersicht geboten über die akzidentelle Hypothermie und über die Lawinenverschüttung als Sonderfall der akzidentellen Hypothermie.

## Krankheitsbilder

Eine akzidentelle Hypothermie kann sich nicht nur in kalten Regionen oder extremen Höhenlagen, sondern auch in gemäßigten Breiten und zu jeder Jahreszeit entwickeln. Wind, Feuchtigkeit

und leichte Kleidung erhöhen das Risiko. Eine Hypothermie ist immer nach Kälteexposition sowie bei Ertrinkungs- und Lawinenunfällen zu erwarten. Von einer primären akzidentellen Hypothermie spricht man, wenn der Patient keine vorbestehende Erkrankung aufweist. Bei einer sekundären akzidentellen Hypothermie liegen prädisponierende Faktoren oder Krankheiten vor, welche eine Abkühlung begünstigen (Tab. 1). Kinder kühlen aufgrund ihrer im Verhältnis zum Gewicht größeren Körperoberfläche rascher ab als Erwachsene. Auch alte Menschen haben durch die verminderte Wärmeproduktion ein erhöhtes Hypothermie-Risiko. Bei der sekundären Hypothermie sind im städtischen Bereich Alkohol und Drogen, in ländlichen Regionen körperliche Erschöpfung und Polytrauma die Hauptursachen. Die Lawinenverschüttung stellt einen Sonderfall der akzidentellen Hypothermie dar.

## Wichtigste Symptome

Sinkt die Körperkerntemperatur unbeabsichtigt unter 35°C, spricht man von akzidenteller Hypothermie. Mit der Ab-

kühlung nimmt der Sauerstoffbedarf des Körpers um rund sechs Prozent pro 1°C ab. Zum Beispiel betrug in einem Tiermodell der Sauerstoffverbrauch im Vergleich zur Normothermie bei einer Körperkerntemperatur von 28°C lediglich 50 Prozent und bei 18°C nur noch 19 Prozent. Durch die damit verbundene höhere Hypoxie-Toleranz haben tief hypotherme Patienten (Körperkerntemperatur <28°Celsius) bei einem Herzstillstand und anschließender kardiopulmonaler Reanimation (CPR) eine bessere Prognose als normotherme Patienten - vorausgesetzt die tiefe Abkühlung tritt vor dem Herzstillstand ein. Ein Überleben ohne neurologische Folgeschäden ist auch bei prolongiertem Herzstillstand und prolongierter Reanimation über Stunden möglich.

Die normale Körperkerntemperatur liegt bei rund 37,5°C. Die Thermoregulation erfolgt über Thermorezeptoren der Haut und im Hypothalamus. Vasokonstriktion verringert den Wärmefluss vom Körperinneren zur Körperoberfläche. Kältezittern steigert die Wärmeproduktion bis um das Sechsfache, verbraucht jedoch über den



© APA, picturesesk.com

aeroben Stoffwechsel entsprechend mehr Glucose und Sauerstoff. Die Körperkern-temperatur kann nach der Bergung noch weiter absinken. Dieses Phänomen wird als „Afterdrop“ bezeichnet und beruht auf einem Temperatúrausgleich zwischen dem wärmeren Körperkern und der kälteren Außenschicht. Durch den „Afterdrop“ bleibt das Risiko für einen Herzstillstand auch nach Beendigung der Kälteexposition bestehen. Präklinisch können eine rasche Isolierung vor Kälte, Feuchtigkeit und Wind sowie das Anlegen einer Wärmepackung die weitere Abkühlung verringern. Eine prähospitaler Wiedererwärmung ist aber mit den derzeitigen technischen Mitteln bei den in Mittel-europa üblichen Transportzeiten von unter einer Stunde kaum möglich.

## Diagnose

Die Einteilung der Hypothermie kann nach der adaptierten Schweizer Hypothermie-Klassifizierung anhand klinischer Symptome (das heißt: Vitalfunktionen, Bewusstsein, Atmung, Kreislauf, und Kältezittern) in fünf Stadien erfolgen

(siehe Tab. 2); damit ist sie auch für nicht-ärztliches Rettungspersonal geeignet. Zusätzlich sollte die Körperkerntemperatur gemessen und bis zur abgeschlossenen Wiedererwärmung überwacht werden.

Kältezittern ist das Leitsymptom im Hypothermie Stadium I; es sistiert ab einer Körperkerntemperatur von rund 32°C im Hypothermie-Stadium II. Ab rund 33°C kann sich das Bewusstsein eintrüben; bei einer Körperkerntemperatur von unter 28°C sind die meisten Patienten bewusstlos, Lebenszeichen sind aber erhalten und die Körperkerntemperatur beträgt in der Regel 24 bis 28°C. Bei einer Körperkerntemperatur <24°C (Hypothermie-Stadium IV) weist der Patient in der Regel nur mehr minimale oder keine Vitalfunktionen auf. Aufgrund der sehr tiefen Hypothermie sind die Lebensfunktionen nur mehr minimal und damit kaum mehr erkennbar; deshalb kann für die Überprüfung der Vitalzeichen bis zu eine Minute Zeit aufgewendet werden. Es besteht die Gefahr, dass sehr tief unterkühlte, aber noch lebende Patienten, fälschlicherweise für tot erklärt werden. Im Hypothermie-Stadium

V, das heißt, wenn der Thorax gefroren ist oder bei einer invasiv gemessenen Körperkerntemperatur <9°C (Hypothermie V) ist der Patient tot.

Im EKG können ab 32°C die QRS-Komplexe verbreitert und die QT-Intervalle verlängert sein, eine J- oder Osborne-Welle und supraventrikuläre sowie ventrikuläre Arrhythmien auftreten. Herzfrequenz, Herzzeitvolumen und Blutdruck nehmen ab. Bereits im Hypothermie-Stadium I-II kann die periphere Vasokonstriktion und die abnehmende Ausschüttung von antidiuretischem Hormon über eine Kälte-diurese zur Dehydratation führen.

Auf eine Hyperventilation mit respiratorischer Alkalose im Stadium I folgt eine Hypoventilation mit gemischt metabolisch-respiratorischer Azidose. Der Blutzucker kann aufgrund verminderter Insulinfreisetzung sowohl erhöht, nach körperlicher Anstrengung und Erschöpfung der Glykogenreserven aber auch erniedrigt sein. Bereits ein geringfügiges Absinken der Körperkerntemperatur um 1°C führt zur Dysfunktion von Thrombo- ►►

zyten und der plasmatischen Gerinnung und damit zu einer erhöhten Blutungsneigung und einem erhöhten Transfusionsbedarf. Die Mortalität bei Polytrauma-Patienten nimmt aufgrund der zunehmenden Koagulopathie mit fortschreitender Abkühlung exponentiell zu. Selten erreichen Polytrauma-Patienten den Schockraum mit einer Körpertemperatur >36°C; meist liegt sie auch im Sommer deutlich darunter. Deswegen sollte der Kälteschutz bei Polytrauma-Patienten hohe Priorität haben. Bei funktionellen Gerinnungstests (zum Beispiel ROTEM) kann eine Hypothermie-induzierte Koagulopathie unerkannt bleiben, wenn das Testblut im Gerät auf 37°C erwärmt wird.

Kammerflimmern und Asystolie können spontan ab einer Körperkerntemperatur <28°C auftreten. Unter 20°C Körperkerntemperatur ist auch das EEG in der Regel isoelektrisch, so dass der Patient mit weiten reflexlosen Pupillen, ohne Puls und Atmung und Nulllinie im EKG klinisch tot erscheint. Es besteht das Risiko, dass diese Patienten prähospital aufgrund alleiniger klinischer Untersuchung für tot erklärt werden, obwohl der Tod hypothermer Patienten am Notfallort nur dann festgestellt werden sollte, wenn eine mit dem Leben nicht vereinbare Situation vorliegt (Tab. 3).

### Differentialdiagnose

Wird in unseren Breiten ein Mensch bewusstlos bei normaler oder kalter Umgebungstemperatur aufgefunden, muss man solange davon ausgehen, dass er hypotherm ist, bis das Gegenteil bewiesen ist. Sehr tief hypotherme Patienten (<24°C) mit minimalen Lebenszeichen sollten nicht voreilig für tot erklärt werden.

### Präklinische Therapie

Bei der präklinischen Versorgung eines somnolenten oder bewusstlosen Patienten soll immer auf adäquate Sauerstoffzufuhr, schonenden Umgang und Wärmeisolierung geachtet werden. Die Messung von Herzfrequenz und Körperkerntemperatur soll so rasch wie möglich durchgeführt werden. Präklinisch haben Sicherung der Vitalfunktionen, Isolierung vor Kälte und Feuchtigkeit und ein rascher Transport in das richtige Zielkrankenhaus mit der dem Stadium optimal entsprechenden Erwärmungstechnik oberste Priorität. Am Unfallort sollen nur essentielle diagnostische und therapeutische Maßnahmen erfolgen, um eine weitere Auskühlung zu vermeiden. Für eine optimale Beurteilung und Behandlung sollte die Versorgung systematisch nach einem Algorithmus wie zum

Beispiel ERC-Advanced Life Support und European Trauma Course (ETC) erfolgen. Nasse Kleidung muss nicht entfernt werden, jedoch soll der Patient bei Belassen der nassen Kleidung mittels windfester Isolierfolie, Wärmepackung inklusive mindestens zwei Decken eingepackt werden. Im Stadium I sollte sich der Betroffene – wenn möglich – aktiv bewegen. Warme, Zuckerhaltige nicht-alkoholische Getränke können verabreicht werden, sofern keine Anästhesie geplant ist.

Somnolente oder komatöse Patienten (Stadium II-IV) sollen liegend transportiert werden. Bei Verdacht auf Traumatisierung der Wirbelsäule (zum Beispiel Bewusstlosigkeit, peripher neurologische Ausfälle oder Schmerzen im Bereich der Wirbelsäule), sollte eine Stabilisierung mittels Halskrause und Vakuummattatze erfolgen. Während der Bergung und Lagerung sollten Extremitäten und Rumpf nur langsam und mit besonderer Sorgfalt bewegt werden, da durch zu starke Bewegungen ein erhöhtes Risiko für Arrhythmien besteht. Ein Helikoptertransport sollte der Bodenrettung vorgezogen werden.

Die Ganzkörperisolierung und das Anlegen einer Wärmepackung (Tab. 4 und 5) sind Teil der Standardversorgung von ►►

### Ursachen für eine sekundäre akzidentelle Hypothermie

Thermodyregulation	Verminderte Wärmeproduktion	Erhöhter Wärmeverlust
<b>Zentrales Versagen</b>	<b>Endokrinologisches Versagen</b>	<b>Hautkrankheiten</b>
Anorexia nervosa	Alkoholische oder diabetische Ketoazidose	Verbrennungen
Kardiovaskuläres Ereignis	Nebenniereninsuffizienz	Induzierte Vasodilatation
Schädelhirntrauma	Hypophyseninsuffizienz	Pharmaka und Toxine
Dysfunktion des Hypothalamus	Laktatazidose	<b>Iatrogen</b>
Metabolisches Versagen	<b>Unzureichende Energiespeicher</b>	Notfallgeburt
Hirntumoren	Körperliche Erschöpfung	Kalte Infusionen
Morbus Parkinson	Hypoglykämie	Behandlung eines Hitzschlags
Pharmaka und Intoxikation	Mangelernährung	<b>Andere assoziierte Pathologien</b>
Subarachnoidale Blutung	<b>Neuromuskuläre Schwäche</b>	Malignome
<b>Peripheres Versagen</b>	Extremes Alter	Kardiopulmonale Krankheit
Akute Rückenmarkdurchtrennung	Beinträchtigung des Kältezitterns	Schwere Infektionen
Neuropathie	Inaktivität	Polytrauma
		Schock

Tab. 1

▶▶ somnolenten oder bewusstlosen hypothermen Patienten. Durch die Ganzkörperisolation kann der Patient zwar nicht aktiv erwärmt, aber weiteres Abkühlen vermindert werden. Zeigt ein Patient keine Anzeichen von Kältezittern (Körperkerntemperatur  $<32^{\circ}\text{C}$ ), sollte man zusätzlich Wärme von außen mittels Wärmebeuteln applizieren, da der Körper nicht mehr in der Lage ist, sich selbst zu erwärmen.

Beim intubierten Patienten ist die Messung der Körperkerntemperatur im mittleren bis unteren Ösophagus-Drittel Goldstandard. Bei nicht-intubierten Patienten kann die Körperkerntemperatur nicht-invasiv im äußeren Gehörgang gemessen werden; diese korreliert mit der Temperatur des Gehirns. Vor Einführen

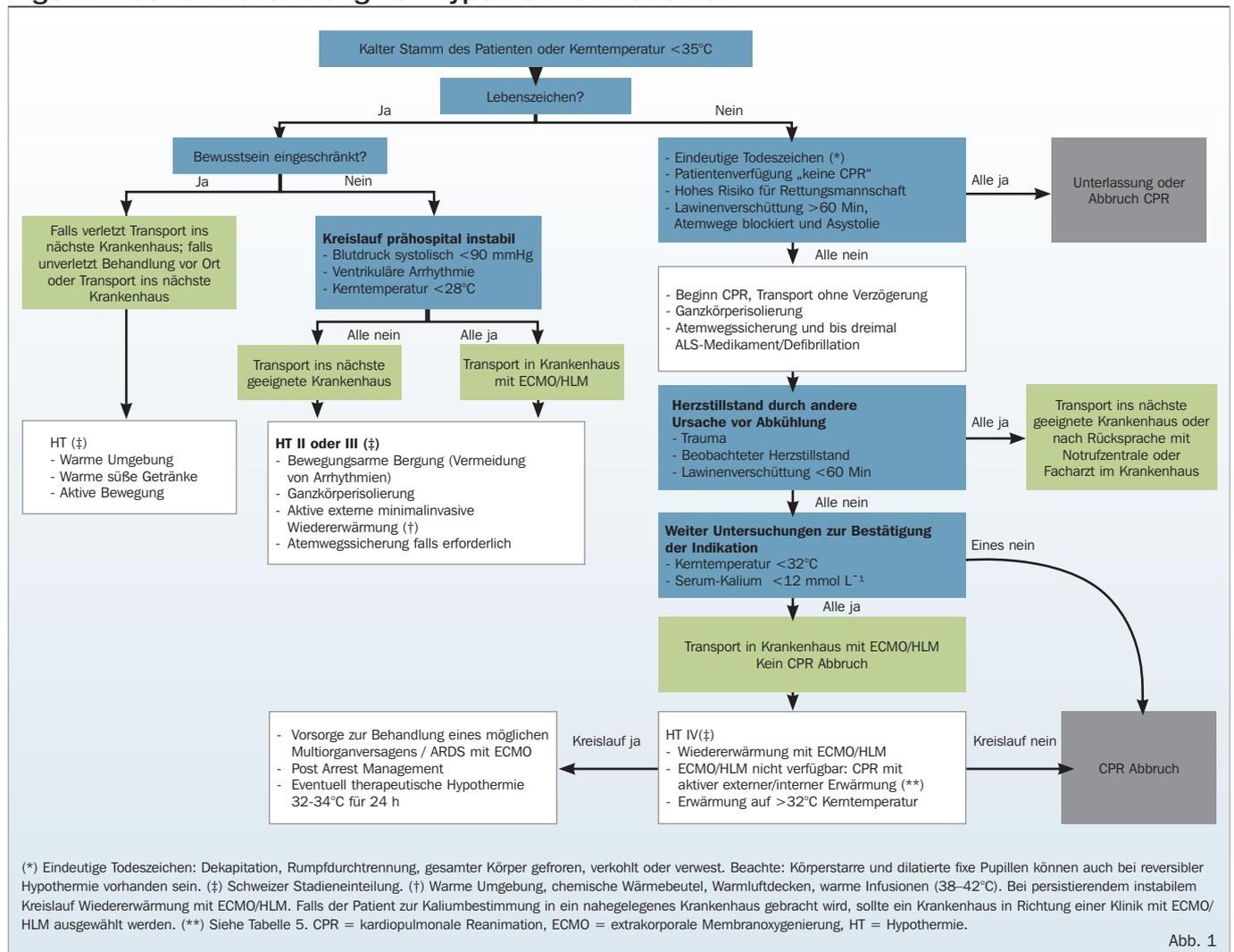
des Thermometers sollte der Gehörgang von Schnee und anderen Fremdkörpern befreit werden. In kalter Umgebung muss bei epitympanaler Temperaturmessung das Ohr mit einer Mütze gut isoliert werden, um nicht falsch niedrige Werte zu erhalten. Nur Thermometer mit Thermistor-Sensoren liefern präklinisch einigermaßen zuverlässige Messungen.

Adäquate Oxygenierung schützt das hypotherme Myokard vor Arrhythmien. Deshalb sollten hypotherme Patienten Sauerstoff erhalten. Bei bewusstlosen Patienten ( $\text{GSC}<8$ ) sollte die Sicherung der Atemwege in Betracht gezogen werden. Es gilt aber abzuwägen, ob eine präklinische Narkoseeinleitung inklusive Atemwegsicherung gerechtfertigt ist, da

durch Narkotika eine Vasodilatation induziert wird und damit der „Afterdrop“ verstärkt wird. Das kann im schlimmsten Fall einen Hypothermie-induzierten Herzstillstand bewirken. Der „Afterdrop“ ist wahrscheinlich mit Ketamin als Induktionsanästhetikum am geringsten ausgeprägt.

Durch die kältebedingte periphere Vasokonstriktion kann die Anlage eines intravenösen Zuganges schwierig sein. Außerdem können in kalter Umgebung Infusionen rasch abkühlen und gefrieren. Den hypothermen Patienten mit warmen Infusionen präklinisch zu erwärmen, ist unrealistisch. Falls nicht klar indiziert, kann man deshalb auf einen intravenösen Zugang verzichten oder alternativ einen intraossären Zugang legen. ▶▶

### Algorithmus zur Behandlung von hypothermen Patienten



## Akzidentelle Hypothermie: Einteilung und Management

Stadium	Klinik	Kerntemperatur	Behandlung
HT I	Wach, zitternd	35–32°C	-Warme Umgebung und Bekleidung, warme süße Getränke, aktive Bewegung falls möglich
HT II	Eingetrübt, nicht zitternd	32–28°C	-EKG -Minimale und vorsichtige Bewegungen, um Arrhythmien zu vermeiden -Liegend lagern und immobilisieren -Isolierung -Minimalinvasive, aktive externe Erwärmung (warme Umgebung; Wärmepackung, warme Infusionen, Warmluftdecken)
HT III	Bewusstlos, nicht zitternd, Vitalzeichen vorhanden	28–24°C	Zusätzlich zu HT II-Behandlung: -Atemwegsmanagement falls erforderlich -Bei instabilem Kreislauf Erwärmung mit ECMO/HLM
HT IV	Keine oder nur minimale Vitalzeichen	9-24°C	Zusätzlich zu HT II- & III-Behandlung: -CPR und bis zu drei Defibrillationen, Katecholamine wahrscheinlich nicht wirksam -ECMO/HLM-Erwärmung oder falls nicht verfügbar CPR und Erwärmung mit aktiv externen und internen Methoden
HT V	Keine Vitalzeichen, Tod	<9°C?	Keine Therapie mehr möglich

Tab. 2

» Durch die Hypothermie ist der Metabolismus verlangsamt und die Wirkung von Anästhetika verlängert. Bei einer Körperkerntemperatur >30°C können Anästhetika und ALS-Medikamente in niedrigerer Dosierung oder längeren Zeitintervallen als bei normothermen Patienten verabreicht werden. Bei einer Körperkerntemperatur <30°C sind Wirkung und Einsatz von Antiarrhythmika (zum Beispiel Amiodaron) und Vasopressoren (zum Beispiel Adrenalin) umstritten, da eine Verbesserung des Outcomes bisher nicht nachgewiesen ist. Adrenalin kann außerdem drohende lokale Erfrierungen durch Vasokonstriktion verschlechtern. Der Einsatz von Adrenalin wird aufgrund des bisher nicht nachgewiesenen therapeutischen Nutzens und möglicher Nebenwirkungen in den ERC-Richtlinien 2015 bei der Reanimation von Patienten mit einer Körperkerntemperatur <30°C nicht empfohlen.

Succinylcholin kann die Kalium-Serumkonzentration erhöhen und sollte deshalb bei Lawinenschüttelten nicht eingesetzt werden, da es die Kalium-Triage-Entscheidung beeinträchtigen könnte (Abb. 1).

Wache Patienten mit stabilem Kreislauf können in das nächstgelegene Krankenhaus, somnolente Patienten sollen

in ein Krankenhaus mit intensivmedizinischer Betreuung transportiert werden. Bei instabilem Kreislauf (Blutdruck systolisch <90mmHg, ventrikuläre Arrhythmie, Körperkerntemperatur <28°C) und im Herzstillstand soll direkt ein Krankenhaus mit der Möglichkeit zur extrakorporalen Erwärmung angesteuert werden (Abb. 1).

Reanimationsmaßnahmen bei schwer hypothermen Patienten im Herzstillstand sind in der Regel langwieriger (zum Beispiel Transport bis zu einem Zentrum mit extrakorporaler Wiedererwärmung). Sogar gut geschultes medizinisches Fachpersonal hat Schwierigkeiten, eine hoch qualitative Herzdruckmassage aufrecht zu erhalten, die Qualität sinkt während eines Transportes (zum Beispiel im Hubschrauber) ab. Deshalb sollte bei prolongiertem oder schwierigem Transport die Anwendung einer mechanischen Herzdruckmassage (zum Beispiel mit Autopulse oder LUCAS) in Betracht gezogen werden.

Kann eine kontinuierliche CPR nicht durchgeführt werden, kann bei schwer hypothermen Patienten eine intermittierende CPR durchgeführt werden, um den Transport über unwegsames Gelände zu ermöglichen: Bei Patienten mit einer Körperkerntemperatur <28°C können zum Beispiel fünf Minuten CPR mit ≤ fünf Mi-

nuten ohne CPR alternierend zum Einsatz kommen; liegt die Körperkerntemperatur <20°C, können fünf Minuten CPR mit ≤ zehn Minuten ohne CPR abwechseln.

Nach prolongierter CPR haben hypotherme Patienten eine bessere Prognose als normotherme Patienten; die Durchführung der CPR entspricht jener beim normothermen Patienten. Bei einer Körperkerntemperatur <30°C bleibt die Defibrillation in der Regel erfolglos. In diesem Fall sollen maximal drei Defibrillationen abgegeben werden. Tritt kein Spontankreislauf auf, sollte die CPR - falls notwendig - über Stunden bis zur extrakorporalen Wiedererwärmung fortgeführt werden. Eine mechanische Herzdruckmassage ist besonders in diesen Fällen hilfreich.

### Innerklinische Therapie

Im Schockraum können bei tief hypothermen Patienten zur Beurteilung des Kreislaufs und der zerebralen Oxygenierung invasive Blutdruckmessung inklusive Pulskonturanalyseverfahren, Echokardiographie und Nah-Infrarotlicht-Spektroskopie (NIRS) eingesetzt werden. Zentralvenöse Katheter sollten Herzfern, also beispielsweise femoral, platziert werden, um Arrhythmien zu vermeiden. Laboruntersuchungen sollten eine arte-

### Bedingungen, bei denen man eine CPR unterlassen oder abbrechen kann

1. Nicht akzeptables Risiko für Retter; Retter erschöpft oder extreme Umweltbedingungen, bei denen eine CPR nicht möglich ist	<b>ODER</b>
2. Dekapitation, Rumpfdurchtrennung, gesamter Körper verkohlt oder verwest	<b>ODER</b>
3. Gesamter Körper gefroren	<b>ODER</b>
4. Lawinenopfer in Asystolie mit verlegten Atemwegen, Verschüttungsdauer >60min	

Tab. 3

rielle Blutgasanalyse und Kontrolle von Blutbild und Gerinnung umfassen. Wird eine Intoxikation vermutet, sind spezifische toxikologische Untersuchungen erforderlich.

Bei stabilem Kreislauf soll mit passiven oder minimal-invasiven, aktiven externen Methoden wiedererwärmt werden, um Nebenwirkungen wie Blutung, Infektion oder Thrombose zu vermeiden (Tab. 5). Die Hypothermie-bedingte Hypovolämie soll mit rund 42°C warmer balancierter Kristalloidlösung ausgeglichen werden. Die passive Wiedererwärmung durch Ganzkörperisolierung und Decken ist langsam (rund 1°C/h) und daher nur für wache, zitternde, kardial stabile Patienten empfehlenswert. Spätestens ab einer Körperkerntemperatur  $\leq 32^\circ\text{C}$  sollte

eine aktive externe Wiedererwärmung eingesetzt werden – zum Beispiel mittels Warmluftdecken.

Patienten im Herzstillstand sollen entweder mittels Herz-Lungen-Maschine (HLM) oder einer Kreislauf ersetzenden veno-arteriellen extrakorporalen Membranoxygenierung (VA ECMO) wiedererwärmt werden (Abb. 1). Unter laufender CPR werden Vena und Arteria femoralis kanüliert; anschließend erfolgt die Wiedererwärmung über diesen veno-arteriellen extrakorporalen Kreislauf. Die VA-ECMO ist bei Hypothermie-induziertem Herzstillstand das Verfahren der Wahl.

Während die Erfolgsrate bei Hypothermie-bedingtem Herzstillstand mit den herkömmlichen aktiven Methoden (zum

Beispiel Spülung von Körperhöhlen) bei rund zehn Prozent liegt, können mittels VA-ECMO bis zu 100 Prozent der Patienten erfolgreich wiedererwärmt werden, weshalb herkömmliche aktive Methoden in den Hintergrund getreten sind. Nur in den seltenen Fällen, in denen Patienten mit einem hypothermen Herzstillstand ein ECMO/HLM-Zentrum nicht erreichen kann, sollte eine Wiedererwärmung in einem peripheren Krankenhaus erwogen werden, zum Beispiel unter kontinuierlicher CPR und mit Peritoneallavage, Warmluftdecken und warmen Infusionen. Falls ein hypothermer Patient bei  $>32^\circ\text{C}$  keinen Spontankreislauf (ROSC) entwickelt, ist die Prognose infaust. Die Fortsetzung einer VA-ECMO nach ROSC kann für die Überbrückung eines häufig auftretenden Lungenversagens hilfreich sein.

### Überlebenswahrscheinlichkeit im Verlauf einer Ganzkörperverschüttung

im freien alpinen Gelände der Schweiz (1980 bis 2005).

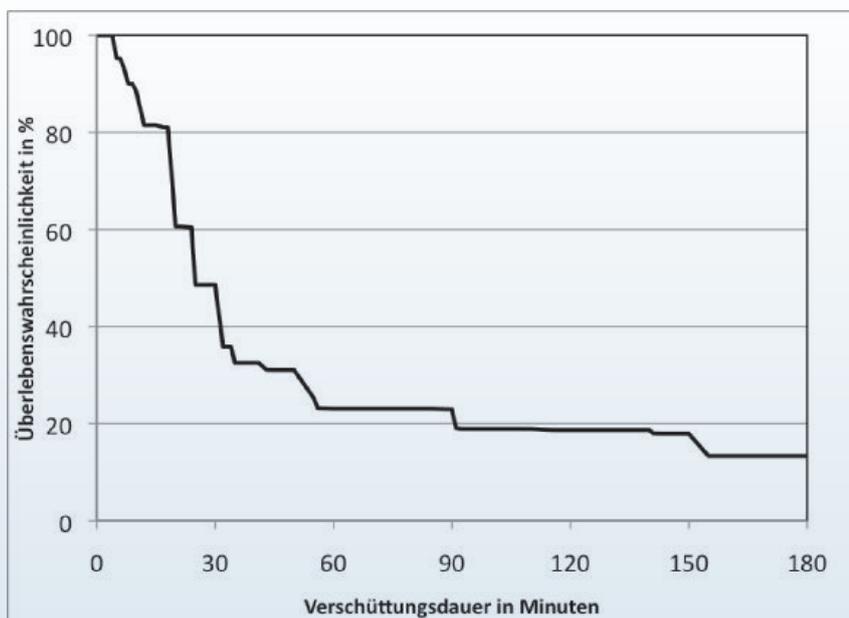


Abb. 2

Ein Polytrauma schließt eine extrakorporale Wiedererwärmung bei Verwendung von Heparin-beschichteten Sets an Stelle der systemischen Heparinisierung nicht aus. Extrakorporal kann die Körperkerntemperatur um  $>$  acht Grad C/h erhöht werden, wobei die optimale Wiedererwärmungsrate nicht bekannt ist. Entsprechend den aktuellen ERC-Richtlinien sollte nach Wiederherstellung des Spontankreislaufes ein Therapiebündel inklusive milder Hypothermie (je nach Protokoll 32-36°C für 24 Stunden) angewandt werden. Fieber sollte nach erfolgreicher CPR vermieden werden, da es das Outcome verschlechtert.

### Lawinenunfall

Lawinenverschüttete sterben an Asphyxie, einem tödlichen Trauma oder durch die Kombination von Asphyxie mit Hypothermie. In Europa und Nordamerika gibt es jährlich rund 150 Lawinentalote. Während es sich in Europa vor allem ►►

## Präklinischer Kälteschutz

Wärmepeckung in allen Stadien der Hypothermie

Utensilien: 2-3 chemische Wärmebeutel, 1 Rettungsdecke, 2 Woldecken, 1 Mütze (Ohren und Hals verdeckt)

- 2-3 chemische Wärmebeutel in Herz-Nähe auf Thorax und Oberbauch (nicht direkt auf die Haut)
- Vor dem Umlagern Auflegen von 2 Woldecken und 1 Alufolie auf die Patiententrage
- Umlagern unter Vermeidung großer Bewegungen
- Patienten in Decken und Alufolie dicht einpacken
- Kopfschutz (~30% der Körperwärme gehen über Kopf verloren)

Tab. 4

► um Skifahrer und Snowboarder außerhalb der erschlossenen Skigebiete handelt, sind es in den USA und Kanada zunehmend auch Motorschlittensfahrer.

Die Letalität bei Lawinenunfällen beträgt insgesamt rund 23 Prozent; bei Ganzkörpererschüttung 52,4 Prozent und bei Teilerschüttung 4,2 Prozent. Bei Ganzkörpererschüttung nimmt die Überlebenschance im Verlaufe der Verschüttung diskontinuierlich ab (Abb. 2). Die Versorgung hängt von Verschüttungsdauer, Körperkerntemperatur und Vorhandensein freier Atemwege ab.

Bei einer Verschüttungsdauer <60 Minuten beziehungsweise einer Körpertemperatur  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  sollte der Verschüttete so rasch wie möglich aus den Schneemassen befreit werden, da er durch Trauma oder Asphyxie zu versterben droht. Nach einer Ganzkörpererschüttung sollte ein Patient stationär auf einer Intensivstation aufgenommen werden, um pulmonale Komplikationen (zum Beispiel ein Lungenödem) frühzeitig behandeln zu können. Die Inzidenz für ein Lungenödem nach Ganzkörpererschüttung ist unklar; bisher wurden nur wenige Fälle beschrieben. Die Ätiologie scheint sich aus einer Kombination von negativem pulmonalem Druck bei Inspiration (massive Einatemungsanstrengung mit Entwicklung eines Negative-Pressure-Pulmonary-Oedema), Hypoxie-induzierter pulmonalerarterieller Hypertonie und Hypoxie induzierter Linksherzinsuffizienz zu ergeben. Für die Behandlung eines Lawinenopfers nach kompletter Verschüttung sollten immer Unfallhergang, das potentielle Verletzungsmuster sowie das Risiko eines Lungenödems in Betracht gezogen werden. Eine 24-Stunden-Überwachung von Ganzkörper-Verschütteten auf einer Beobachtungs- oder Intensivstation mit

Option zur Durchführung einer nicht-invasiven-Beatmung (NIV) erscheint sinnvoll.

Fehlen Kreislaufzeichen oder bei einer Asystolie sollte bereits während der Bergung mit der CPR begonnen werden. Sind die Atemwege verlegt und der Patient asystol, kann die CPR nach 20 Minuten abgebrochen werden, da der Patient in diesem Fall sehr wahrscheinlich erstickt ist.

Bei einer Verschüttungsdauer >60 Minuten beziehungsweise einer Körpertemperatur  $<30^{\circ}\text{C}$  sind freie Atemwege Voraussetzung für das Überleben. Wird eine Atemhöhle (Hohlraum vor Mund und Nase) beobachtet, ist das ein Hinweis, dass der Verschüttete atmen konnte. Die Behandlung der Hypothermie ist dann vorrangig. Der Patient sollte nicht so rasch sondern so vorsichtig wie möglich aus den Schneemassen befreit werden. Die Überwachung sollte mittels EKG, nicht-invasiver Blutdruckmessung und Körperkerntemperatur erfolgen. Lawinenerschüttete mit stabilem Kreislauf können in ein Krankenhaus mit Intensivstation gebracht werden, Lawinenerschüttete mit Körperkerntemperatur  $<28^{\circ}\text{C}$ , instabilem Kreislauf (ventrikuläre Arrhythmie, systolischem Blutdruck  $<90\text{mmHg}$ ) oder Herzstillstand sollten hingegen in ein Krankenhaus mit VA-ECMO oder HLM transportiert werden (Abb. 1). Bei einem Serum-Kalium  $>8\text{mmol/l}$  kann auf eine Wiedererwärmung verzichtet werden. Ebenso gelten ein tödliches Trauma, ein steif gefrorener Körper oder ein hohes Risiko für die Rettungsmannschaften als Gründe für die Unterlassung oder den Abbruch einer Reanimation (Tab. 3). In einer retrospektiven Analyse an der Universitätsklinik Innsbruck von 28 Patienten mit prolongiertem, hypothermem Herz-

stillstand nach Lawinenerschüttung und Reanimation mit ECMO haben nur zwei Patienten mit gutem neurologischen Outcome überlebt. Beide hatten einen beobachteten Kreislaufstillstand. Dagegen hat keiner der 25 Patienten überlebt, die schon zum Zeitpunkt des Ausgrabens einen Herzstillstand aufwiesen.

In Frankreich wurde ein 17-jähriger Variantenschifahrer erst nach sechs Stunden Verschüttungszeit gefunden. Beim Ausgraben hatte er  $22^{\circ}\text{C}$  Körperkerntemperatur, Kreislaufzeichen, eine Herzfrequenz von 27/min und einen systolischen Blutdruck von 55 mmHg. Er wurde vom Notarztteam intubiert und beatmet. Bei Übergabe im Schockraum trat Kammerflimmern auf. Der Patient wurde an der ECMO aufgewärmt und überlebte ohne neurologische Residuen.

Auch bei einem hypothermen Kreislaufstillstand ohne Lawinenerschüttung tritt meist vor einem Kreislaufstillstand und einer Hypoxämie eine schwere Hypothermie auf. Auch in solchen Fällen ist die Chance auf ein gutes Outcome hoch, wenn die Patienten sofort CPR erhalten und mit ECMO aufgewärmt werden.

## Wichtige Fallgruben

Generell gilt für hypotherme Patienten ohne Lebenszeichen: „Niemand ist tot, solange er nicht wiedererwärmt und tot ist“ – wobei es gewisse Einschränkungen zu beachten gilt (Tab. 3). Die niedrigste, dokumentierte Körperkerntemperatur, die jemals erfolgreich überlebt wurde, betrug neun Grad C im Rahmen einer experimentellen „therapeutischen Hypothermie“ zur Behandlung eines fortgeschrittenen Ovarialkarzinoms und  $13,7^{\circ}\text{C}$  bei akzidenteller Hypothermie. Geht ein Herzstillstand einer tiefen Abkühlung vo- ►►

## Effizienz diverser Erwärmungstechniken

Erwärmungstechnik	Erwärmungsrate (°C/h)	Indikation
<b>Ohne Kreislaufunterstützung</b>		
Warme Umgebung und Bekleidung, warme gesüßte Getränke, aktive Bewegung	~2	HT I
Minimalinvasive, aktive externe Erwärmung (warme Umgebung, Erwärmung mit Wärmepackung, Warmluftdecken)	0.1–3.4	HT II oder HT III mit stabilem Kreislauf
Hämodialyse/Hämofiltration	~2–4	HT II und HT III mit stabilem Kreislauf
Peritoneal- oder Thoraxlavage	~3	HT IV wenn keine ECMO/HLM verfügbar ist
Veno-venöse ECMO	~4	Unklar
<b>Mit Kreislaufunterstützung</b>		
Veno-arterielle ECMO	~6	HT III mit instabilem Kreislauf oder HT IV
HLM	~9	HT III mit instabilem Kreislauf oder HT IV, wenn keine ECMO verfügbar

ECMO = extrakorporale Membranoxygenierung, HLM = Herz-Lungen-Maschine, HT = Hypothermie

Tab. 5

►► raus, ist die Prognose infaust wie zum Beispiel beim Ertrinken im warmen Wasser. Kühlt eine Person aber zuerst ab und erleidet dann einen Herzstillstand, ist die Prognose günstiger - vorausgesetzt der Herzstillstand tritt bei tiefer Körperkern-temperatur (<28°C) ein. Ebenso sind niedrige Kalium- und normale pH- und BE-Werte prognostisch günstig. Dennoch gibt es zahlreiche Patienten die trotz initial niedrigem Serum-Kaliumwert versterben. Der Maximalwert für Kalium wurde in den ERC-Richtlinien 2015 mit 8mmol/L für Lawinenverschüttete festgelegt; für Patienten mit einer anderen Ursache für akzidentelle Hypothermie liegt der Wert bei 12 mmol/L. Hintergrund ist, dass der höchste überlebte Serum-Kaliumwert bei einem Lawinenverschütteten 6,7mmol/L und bei einem akzidentell hypothermen Kind 11,7mmol/L betragen hat.

Entscheidend für das Überleben nach Lawinenverschüttung sind die Verschüttungszeit, das Vorhandensein freier Atemwege, traumatische Verletzungen und die Körpertemperatur. Sollte es zu einem Kreislaufstillstand kommen, haben diejenigen Patienten wesentlich bessere Überlebenschancen, bei denen der Kreislaufstillstand beobachtet wurde, unter tiefer Hypothermie (<28°C) eintritt und sofort CPR-Maßnahmen initiiert werden. In solchen Fällen kann auch eine mehrstündige CPR schadlos überlebt werden.

## Zusammenfassung

Fortschritte in der Behandlung und Verfügbarkeit von neuen Erwärmungstechniken haben die Prognose von Patienten mit akzidenteller Hypothermie deutlich verbessert. Patienten mit einer Körperkern-temperatur von  $\geq 28^\circ\text{C}$  und stabiler Hämodynamik können minimal-invasiv aktiv extern erwärmt werden. Bei instabiler Hämodynamik (Blutdruck systolisch <90mmHg, ventrikuläre Arrhythmie, Körperkern-temperatur <28°C) soll ebenfalls minimal-invasiv und aktiv extern erwärmt werden, jedoch in einem Krankenhaus mit der Verfügbarkeit einer veno-arteriellen extra-korporalen Membranoxygenierung (VA-ECMO) oder Herz-Lungen-Maschine (HLM). Bei Herzstillstand soll eine invasive Erwärmung durchgeführt werden. Hypotherme Patienten sollen direkt in eine Klinik mit einer dem Schweregrad entsprechenden Therapiemöglichkeit transportiert werden, um Komplikationen vorzubeugen und das Überleben zu verbessern. Der Lawinennotfall ist ein Sonderfall der akzidentellen Hypothermie. Beim Lawinenverschütteten hängt die Prognose primär vom Ausmaß der Asphyxie und von den Begleitverletzungen ab. Lawinenverschüttete mit erhaltenem Kreislauf haben in der Regel eine gute Prognose. Die Prognose bei beobachtetem Herzstillstand ist sehr gut - vorausgesetzt die Ursache für den Herzstillstand ist nicht traumatisch,

es wird unmittelbar eine kontinuierliche CPR initiiert und der Patient mittels ECMO oder HLM wiedererwärmt. Nur selten können hypotherme Lawinenverschüttete mit unbeobachtetem Kreislaufstillstand erfolgreich reanimiert und wiedererwärmt werden; das neurologische Outcome ist dabei selten gut. ◀◀

## Literatur bei den Verfassern

\*) **Dr. Peter Paal**, PD, MBA, St. Bartholomew's Hospital, Barts Health NS Trust/Queen Mary University of London sowie Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin/Medizinische Universität Innsbruck; E-Mail: peter.paal@bartshealth.nhs.uk; **Dr. Günther Sumann**, Abteilung für Anästhesiologie und Intensivmedizin/ Salzkammergut-Klinikum Vöcklabruck; **Dr. Hermann Brugger**, PD, Medizinische Universität Innsbruck

**Lecture Board: Univ. Prof. Dr. Peter Mair**, Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin, Medizinische Universität Innsbruck; **Univ. Doz. Dr. Matthias Hohlrieder**, Landeskrankenhaus Feldkirch

**Ärztlicher Fortbildungsanbieter:** Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin/Medizinische Universität Innsbruck

