

EURAC
research



MEDIZINISCHE UNIVERSITÄT
INNSBRUCK

DER LAWINENUNFALL REFRESHER KURS 2016

Privatdozent Dr. med. Hermann Brugger

Leiter des EURAC Instituts für alpine Notfallmedizin

I-39100 Bozen, Drususallee 1, Tel +39 0471 055560 Fax +39 0471 055579

E-mail hermann.brugger@eurac.edu



Inhalt

Der Lawinenunfall

Einleitung

Pathophysiologie

Notfallmedizinische Maßnahmen

Einleitung

Definition: Lawinenkatastrophen stellen seit jeher eine Bedrohung der Menschen im Gebirge dar. Verschüttungen von Siedlungen sind in Europa dank technischer Schutzbauten sehr selten geworden, umso mehr sind heute Wintersportler davon betroffen.

In Europa und Nordamerika werden im Durchschnitt 140 Lawinentote jährlich registriert. In den meisten Fällen sind es Skifahrer, Snowboarder und Schneeschuhwanderer, in Nordamerika zunehmend auch Snowmobiler.

Pathophysiologie

Die Letalität des Lawinenunfalls beträgt 23% (Brugger et al. 2001). Wird eine Person von einer Lawine erfasst, so sind die folgenden Faktoren für das Überleben entscheidend:

1. der Verschüttungsgrad,
2. die Verschüttungsdauer,
3. das Vorhandensein freier Atemwege mit oder ohne Atemhöhle,
4. der Verletzungsgrad.

Der Verschüttungsgrad

Von einer Ganzverschüttung spricht man, wenn Kopf und Oberkörper durch Lawinenschnee verschüttet sind, von einer Teilverschüttung, wenn Kopf und Oberkörper frei bleiben. Die Letalität der Ganzverschüttung beträgt 52%, der Teilverschüttung hingegen nur 4% (Brugger et al. 2001).

Wichtig! Maßnahmen, die eine Ganzverschüttung durch eine Lawine verhindern, führen zu einer signifikanten Senkung der Letalität.

Die Verschüttungsdauer

Die Überlebenswahrscheinlichkeit während einer Ganzverschüttung nimmt im zeitlichen Verlauf diskontinuierlich ab (Abb. 1) (Falk et al. 1994; Brugger et al. 2001; Haegeli et al. 2011). In den Alpen bleibt die Überlebenswahrscheinlichkeit im Durchschnitt bis 18 min nach der Verschüttung bei 80%. Diese Überlebensphase hängt von der Schneequalität ab und kann bei hoher Schneedichte deutlich verkürzt sein. Anschließend sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit bis 35 min auf 30 % steil ab. In dieser Erstickungsphase versterben circa 50 % der Verschütteten an akuter Asphyxie durch Verlegung der Atemwege mit Lawinenschnee, durch Aspiration oder Thoraxkompression. Ungefähr 20 % der Verschütteten überleben mit freien Atemwegen länger als 35 Minuten, sterben jedoch anschließend langsam an Hypothermie und Asphyxie.

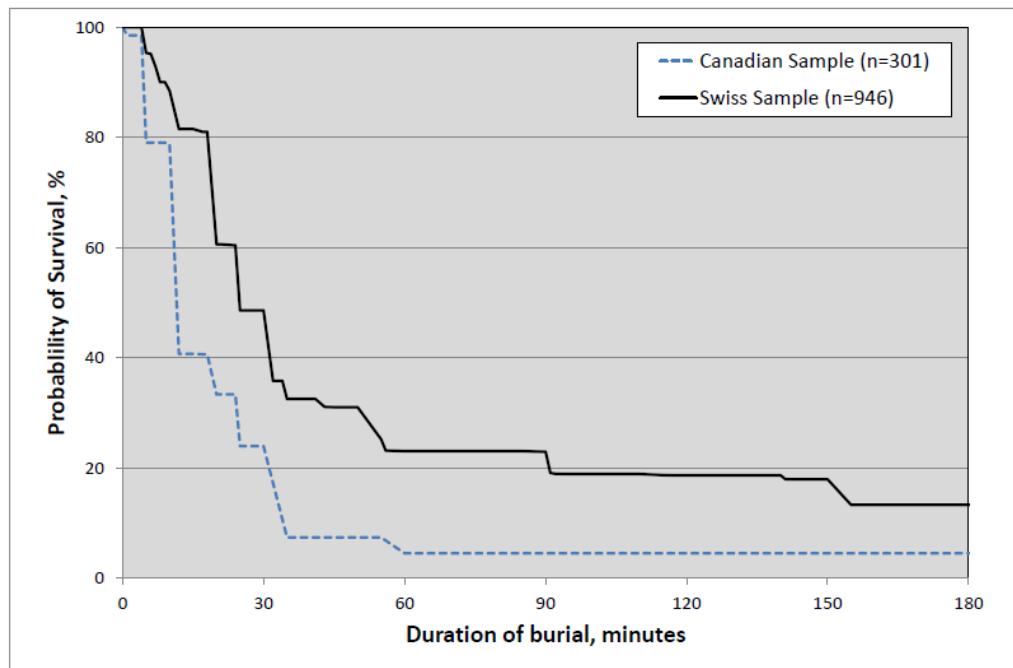


Abb. 1: Überlebenswahrscheinlichkeit bei Ganzverschüttung in Abhängigkeit von der Verschüttungsdauer in der Schweiz (durchgehend) und in Kanada (strichliert) 1980-2005. Aus: Haegeli P, Falk M, Brugger H, Etter HJ, Boyd J. Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland. CMAJ 2011;183(7):789-795.

Die durchschnittliche Verschüttungstiefe von ganz verschütteten Personen beträgt circa 1 Meter (Brugger u. Falk 1992). Zwischen Verschüttungstiefe und Verschüttungsdauer besteht eine signifikante Korrelation, d.h. je tiefer ein Verschütteter zu liegen kommt, desto später wird er meist geborgen und desto geringer ist somit seine Überlebenschance.

Hinweis für die Praxis: in den Alpen hat ein ganz verschüttetes Lawinenopfer 18 Minuten lang eine gute Überlebenschance, das bedeutet, dass alles daran gesetzt werden sollte, das Opfer in dieser Zeit zu befreien. Anschließend besteht noch eine Chance, Lawinenopfer mit freien Atemwegen lebend zu bergen. Nach circa 2 h besteht nur mehr eine sehr geringe Hoffnung auf Lebendbergung.

Atemwege und Atemhöhle

Definition: Als „Atemhöhle“ gilt jeder noch so kleine Hohlraum vor Mund und Nase bei gleichzeitig freien Atemwegen. Der Befund „keine Atemhöhle“ sollte nur dann erhoben werden, wenn Mund und Nase durch den Schnee luftdicht verschlossen sind (Brugger et al. 1996).

Eine ganz verschüttete Person kann nur dann länger als 35 Minuten überleben, wenn sie über freie Atemwege und eine eventuell vorhandene Atemhöhle, d. h. einen Hohlraum vor Mund und Nase, verfügt. Die Dauer des Überlebens hängt vom Volumen der Atemhöhle, von der Schneedichte und individuellen Faktoren ab (Brugger et al. 2003). Aus experimentellen Untersuchungen kann geschlossen werden, dass es bereits nach wenigen Minuten zur Hypoxie und Hyperkapnie (durch die CO₂-Rückatmung aus der Schneehöhle) kommt, begleitet von einer respiratorischen Azidose (über die Freisetzung von H⁺-Ionen). Nach längerer Verschüttung tritt als dritter Faktor die Hypothermie dazu, wobei der CO₂-Anstieg die Auskühlung beschleunigt (Grissom et al. 2002). Dieses Zusammentreffen von

- Hypoxie,
- Hyperkapnie und
- Hypothermie

wird als Triple-H-Syndrom bezeichnet (Brugger et al. 2003, Brugger et al. 2010).

Die Atemhöhle ist im Allgemeinen nur wenige Zentimeter breit und innen häufig vereist, bei vorsichtiger Bergung und entsprechender Aufmerksamkeit jedoch meistens gut erkennbar.

Hinweis für die Praxis: Das Vorhandensein freier Atemwege ist prognostisch entscheidend und ein wichtiges Entscheidungskriterium für die Durchführung der Triage. Kann zusätzlich eine Atemhöhle beobachtet werden, ist dies ein weiterer Hinweis darauf, dass das Lawinenopfer nach der Verschüttung noch geatmet hat. Eine Atemhöhle ist im Allgemeinen nur wenige Zentimeter breit und innen häufig vereist, bei vorsichtiger Bergung und entsprechender Aufmerksamkeit jedoch meistens gut erkennbar. Bergretter und Lawinenhundeführer sollten auf die Tragweite dieses Befundes hingewiesen und entsprechend geschult werden. Das Ausgraben des Verschütteten sollte im Kopfbereich mit besonderer Vorsicht und ohne Zeitdruck erfolgen.

Hypothermie

Bei einer Lawinenverschüttung hat die Hypothermie eine relativ geringe Bedeutung und schlechtere Prognose als nach Exposition im Freien, da die verschüttete Person häufig bereits erstickt ist, bevor die Unterkühlung zum Tragen kommt. In diesen Fällen

bleibt eine Wiedererwärmung erwartungsgemäß ohne Erfolg. Die Abkühlungsrate wird auf durchschnittlich 3°C pro Stunde geschätzt (Locher u. Walpoth 1996), ist aber von zahlreichen Faktoren wie Schneefeuchtigkeit, Bekleidung und Konstitution abhängig und kann Werte bis 9°C pro Stunde erreichen (Oberhammer et al. 2008). Nach der Bergung, wenn das Lawinenopfer der Kälte und dem Wind ausgesetzt ist, sollte auf das Risiko eines raschen Auskühlens besonders geachtet werden.

Verletzungen

Das Verletzungsrisiko hängt vom Gelände und von der Schneebeschaffenheit ab. Lawinenabgänge über Felsen oder durch Waldgebiete sowie Nassschneelawinen sind mit einem erhöhten Verletzungsrisiko verbunden. In den österreichischen Alpen liegt der Anteil an tödlichen Verletzungen bei 6% (Hohlrieder et al. 2006), in Kanada hingegen bei 24% (Boyd et al. 2009). Häufig sind Frakturen der Extremitäten, stumpfe Thorax- und Bauchtraumen sowie Schädelhirntraumen und Verletzungen der Halswirbelsäule.

Notfallmedizinische Maßnahmen

Wichtig! Der Lawinenunfall ist eine Indikation für den Rettungshubschrauber. Notarzt sowie Hundeführer mit Lawinensuchhund („docs and dogs“) sollten zuerst zum Unfallort geflogen werden.

Bei allen Entscheidungen im Rahmen eines organisierten Einsatzes muss die rasche Bergung von Verschütteten gegenüber den Risiken für die Rettungsequipe abgewogen werden (Gefahr von Nachlawinen, Schnee- und Wetterbedingungen, Tagdauer). Komplette Winter- und Sicherheitsausrüstung (Skier oder Schneeschuhe, Lawinenverschüttetensuchgerät, Airbag), ein Thermometer zur Messung der Kerntemperatur und Utensilien zur Wärmepackung (Tab. 3) sind erforderlich. Während der Sucharbeit kann außerhalb der Lawine ein windgeschütztes Depot mit Patientensammelstelle (Triagestation) eingerichtet werden. Wird ein Verschütteter geortet, so sollte der Notarzt beim Ausgraben anwesend sein, um die entscheidenden Befunde

- Atemwege,
- Atemhöhle und
- Vitalfunktionen

zu erheben. Fallen mehrere Verschüttete gleichzeitig zur Behandlung an, so hat die Erhaltung der Vitalfunktionen überlebender Patienten Vorrang vor der Reanimation von Verschütteten ohne Vitalfunktionen.

Hinweis für die Praxis: Metalllaryngoskop und Notfallmedikamente sollten vor der Kälte geschützt sein (am Körper tragen oder chemischen Wärmebeutel in den Notarzt-

rucksack legen). Bei Kälte ist auf eine ausreichende Batterieladung aller Überwachungsgeräte zu achten.

Algorithmus zur Behandlung von Lawinenverschütteten

Die Leitlinien zur Behandlung von Lawinenopfern wurden 2015 vom European Resuscitation Council (ERC) aktualisiert und ein überarbeiteter Algorithmus zum Management von Lawinenopfern veröffentlicht (Abb. 2) (modifiziert nach Truhlar et al. Resuscitation 2015). Besonders zu beachten sind dabei die Änderungen der Grenzwerte für die Reanimation von Lawinenverschütteten: die Verschüttungsdauer wurde von 35 auf 60 Minuten, Körperkerntemperatur von 32°C auf 30°C und die Grenze für ein überlebbares Serumkalium von 12mmol/L auf 8mmol/L geändert. Diese Grenzwerte wurden aufgrund mehrerer retrospektiver Fallstudien in Frankreich (Boue et al. 2014), Norwegen (Hilmo et al. 2014) und Österreich (Mair et al. 2014) adaptiert. Grundlage für diese Anpassung war die Erkenntnis, dass bisher kein Lawinenverschütteter mit einer Körperkerntemperatur von >30°C oder einem Serumkalium >8mmol/L erfolgreich wiedererwärmt wurde. Durch diese Änderungen können frustrane extrakorporale Wiedererwärmungen (extracorporeal life support, ECLS mittels Herzlungenmaschine (HLM) oder extrakorporaler Membranoxygenierung- ECMO) vermieden werden.

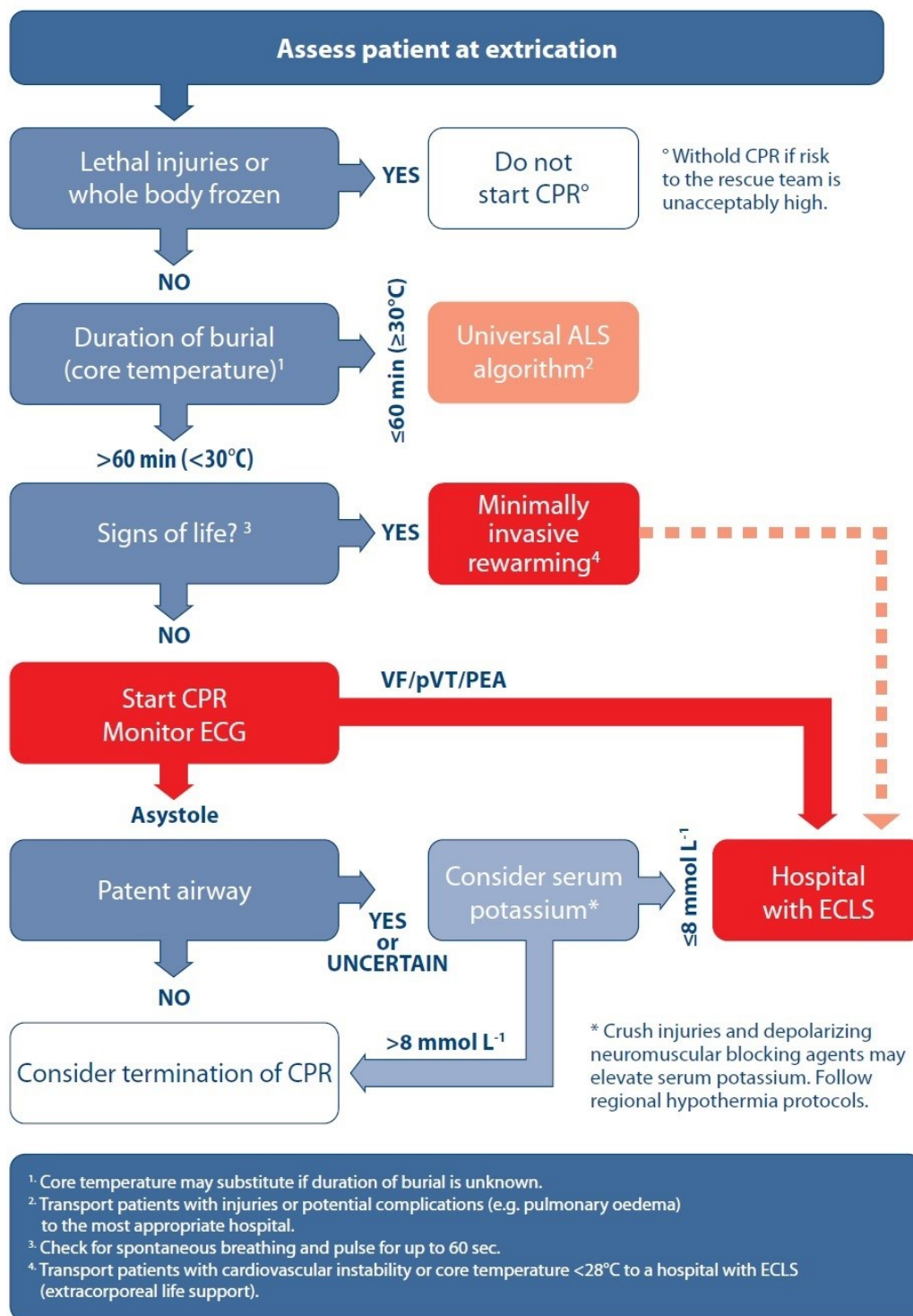


Abb. 2: ERC Leitlinien zur präklinischen Behandlung von Lawinenopfern (modifiziert nach Truhlar et al. 2015)

Dabei ist das therapeutische Vorgehen zeitabhängig. Bei Verschüttungsdauer bis 60 Minuten ist die dringende Behandlung einer obstruktiven Asphyxie vorrangig, bei Verschüttungsdauer ab 60 Minuten steht die schonende Behandlung der Hypothermie im Vordergrund.

Notfallmedizinische Maßnahmen bei Verschüttungsdauer bis 60 Minuten

Wichtig! Bis 60 Minuten nach Verschüttung ist eine möglichst rasche Bergung und das Atemwegsmanagement entscheidend, um irreversible Folgen einer obstruktiven Asphyxie zu verhindern.

Befindet sich das Lawinenopfer in kritischem Zustand, so kann man davon ausgehen, dass dies auf akute Asphyxie oder auf ein mechanisches Trauma zurückzuführen ist. Schon während der Bergung sollten verlegte Atemwege so rasch wie möglich freigelegt und bei fehlender Atmung die Reanimation nach dem ALS Protokoll eingeleitet werden (Truhlar et al. 2015). Dabei ist zu beachten dass wegen der nicht-kardialen Ursache die Herzdruckmassage allein nicht ausreichend ist, sondern immer in Kombination mit der Beatmung durchgeführt werden muss (Nolan et al. 2010). Ist ein längerer Abtransport zu erwarten, sollte der Patient mit einer Wärmepackung versehen werden. Die Wahl des geeigneten Zielkrankenhauses richtet sich bei traumatisierten Patienten nach der Art der Verletzung, ansonsten wird das nächstgelegene Krankenhaus mit Intensivabteilung angefliegen. Ganz verschüttete Lawinenopfer sollten immer, auch bei fehlender Beeinträchtigung, zum Ausschluss pulmonaler Komplikationen (Aspiration, sekundäres Lungenödem) stationär eingewiesen werden.

Hinweis für die Praxis: störende Lichtreflexe können unter Umständen die Intubation auf dem Lawinenfeld erschweren. Es kann hilfreich sein, sich selbst und den Kopf des Patienten abzudecken, um bessere Lichtverhältnisse zu schaffen.

Notfallmedizinische Maßnahmen bei Verschüttungsdauer länger als 60 Minuten

Wichtig! Ab 60 Minuten sind freie Atemwege Voraussetzung für das Überleben, weshalb bei der Freilegung des Verschütteten darauf geachtet werden muss. Wird ein Verschütteter mit freien Atemwegen geborgen, besteht immer Hoffnung auf ein Überleben, die Behandlung der Hypothermie stellt die wichtigste notfallmedizinische Maßnahme dar. Die Bergung sollte nicht so rasch, sondern so sanft wie möglich erfolgen.

Um große Bewegungen zu vermeiden, sollte der Körper einer verschütteten Person vor der Bergung möglichst zur Gänze freigelegt werden. Bereits am Unfallort sollte der Schweregrad der Hypothermie abgeschätzt und sowohl die Körperkerntemperatur als

auch das Ekg monitorisiert werden. Die einzelnen Maßnahmen entsprechen der Behandlung bei Hypothermie.

Lawinenverschüttete mit Asystolie: Triage durch den Notarzt

Etwa 85% der Lawinenopfer, die durch den organisierten Rettungsdienst gefunden werden, befinden sich im Kreislaufstillstand, in den meisten Fällen aufgrund einer irreversiblen obstruktiven Asphyxie. Nur in wenigen Fällen handelt es sich um eine Hypothermie im Stadium IV.

Wichtig! Ziel der Triage von Lawinenverschütteten mit Kreislaufstillstand ist es, die Fälle mit Verdacht auf eine reversible Hypothermie im Stadium IV am Unfallort zu erkennen und gezielt zur Wiedererwärmung in eine Klinik mit Herzlungenmaschine oder extrakorporaler Membranoxygenierung (ECMO) einzuweisen.

Kriterien für die Triage sind

- Verschüttungsdauer
- Körperkerntemperatur und
- Freie Atemwege und Atemhöhle.

Die Körperkerntemperatur sollte unmittelbar nach der Bergung gemessen werden. Auch wenn die eptympanale Messung tiefere Werte als die ösophageale Messung anzeigen kann (vgl. Hypothermie), ist sie für die Triage geeignet, da sich ein zu tief gemessener Wert nicht nachteilig für den Patienten auswirkt.

Ist die Asystolie elektrokardiographisch gesichert, ergeben sich für die Triage folgende Möglichkeiten (Abb. 2):

1. Verschüttungsdauer bis 60 Minuten und/oder Kerntemperatur höher oder gleich 30°C: Kreislaufstillstand durch akute Asphyxie. Die Reanimation erfolgt nach dem ALS Protokoll (Truhlar et al. 2015).
2. Verschüttungsdauer ab 60 Minuten und/oder Kerntemperatur tiefer als 30°C: die Angaben über die Atemwege sind entscheidend für das weitere Vorgehen.
 - a) Atemwege frei: Verdacht auf Hypothermie IV. Die Reanimation sollte bis zur Wiedererwärmung in einer Klinik mit extrakorporalem Kreislauf fortgesetzt werden.
 - b) Atemwege blockiert: Prognose infaust. Die Reanimation kann durch den Notarzt abgebrochen und der Tod durch Asphyxie festgestellt werden.
 - c) Keine sicheren Angaben zu den Atemwegen: Fortsetzung der Reanimation und Transport in eine Klinik mit extrakorporalem Kreislauf. Alternativ Bestimmung des Serumkaliums im nächstgelegenen Krankenhaus. Das venöse Serumkalium ist ein Indikator für Asphyxie und stellt ein zusätzliches Kriterium für die Triage beim Lawinenunfall dar (Locher et al. 1991, Mair et al. 1994, Boyd et al. 2010). Bei Serumkalium >8 mmol/l kann eine reversible Hypothermie mit Si-

cherheit ausgeschlossen und die Reanimation abgebrochen werden, bei ≤ 8 mmol/l sollte hingegen die Reanimation bis zur Wiedererwärmung mit extrakorporalem Kreislauf fortgesetzt werden. Es sei erwähnt, dass ein massives Weichteiltrauma oder die Anwendung von depolarisierenden Muskelrelaxantien ebenfalls zu einem Kaliumanstieg führen können. In diesem Fall sollte ein zu hoher Wert nicht zum Abbruch der Wiederbelebungsmaßnahmen führen.

Um die Versorgung von Lawinenopfern zu verbessern wurde von der Internationalen Kommission für Alpine Notfallmedizin (ICAR MEDCOM) eine „Lawinencheckliste“ entwickelt, welche nach Erfassung wesentlicher Basisparameter wie Lebenszeichen, Verschüttungsdauer, Körperkerntemperatur und Atemwege das weitere Management in Form eines Flussdiagramms vorgibt (Abb. 3) (Kottmann et al. 2015).

Wichtig! Bei Verschütteten mit freien Atemwegen sollte der Tod nur nach einem Aufwärmversuch in einer Klinik mit extrakorporalem Kreislauf festgestellt werden. Als therapeutisches Prinzip gilt beim Lawinenunfall: kein unterkühltes Lawinenopfer mit freien Atemwegen ist tot, bis es wiedererwärmt und tot ist.

Zusammenfassung

- Das Überleben in einer Lawine hängt vor allem von der Dauer der Verschüttung und dem Vorhandensein freier Atemwege ab.
- Bis 60 Minuten nach Verschüttung ist eine möglichst rasche Bergung und das Atemwegsmanagement entscheidend, um irreversible Folgen einer obstruktiven Asphyxie zu verhindern.
- Ab 60 Minuten sind freie Atemwege Voraussetzung für das Überleben, weshalb bei der Freilegung des Verschütteten darauf geachtet werden muss. Wird ein Verschütteter mit freien Atemwegen geborgen, stellt die Behandlung der Hypothermie die wichtigste notfallmedizinische Maßnahme dar. Die Bergung sollte nicht so rasch, sondern so sanft wie möglich erfolgen.
- Bei Verschütteten mit freien Atemwegen und Kreislaufstillstand sollte der Tod nur nach einem Aufwärmversuch in einer Klinik mit extrakorporalem Kreislauf festgestellt werden.

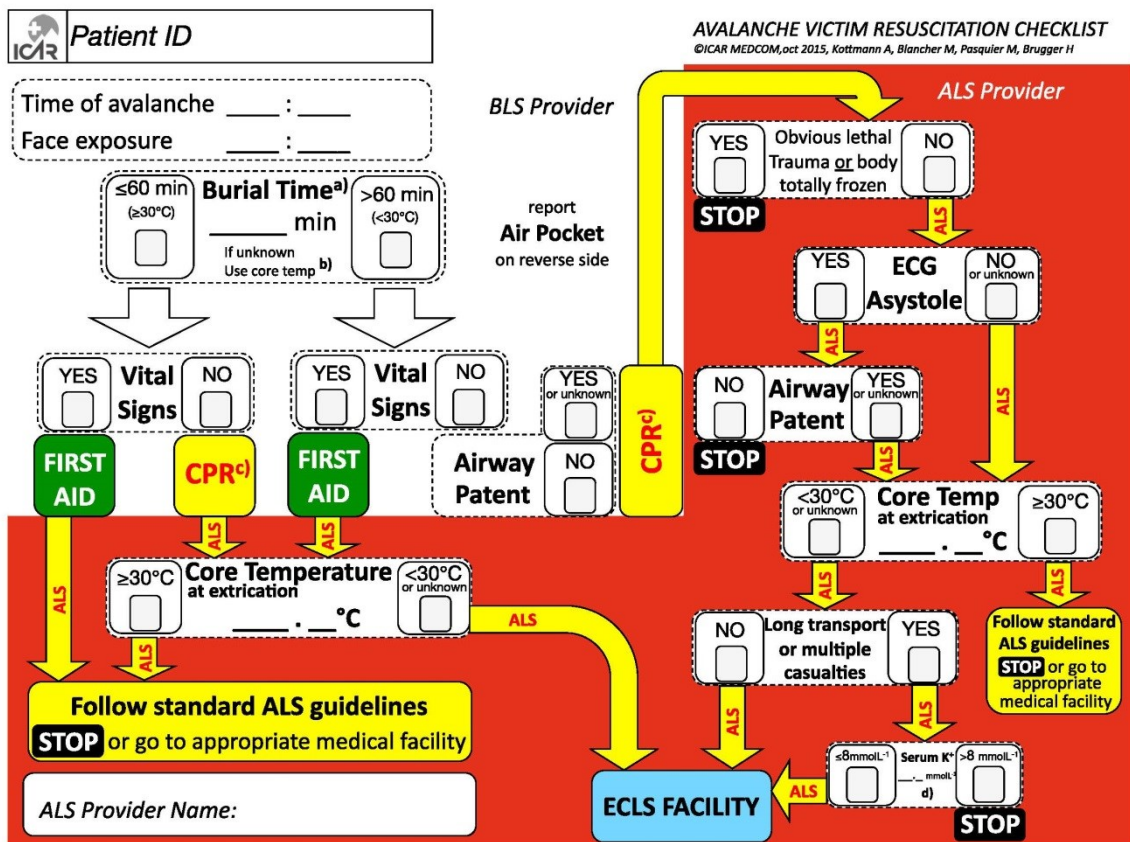


Abb. 3: Lawinen Checkliste der Internationalen Kommission für Alpine Notfallmedizin ICAR MEDCOM (Kottmann et al. 2015)

Literatur

- Boyd J, Haegeli P, Abu-Laban RB, Shuster M, Butt JC. Pattern of death among avalanche fatalities: a 21-year review. *CMAJ* 2009;180(5):507-512.
- Boué Y, Payen J-F, Brun J, Thomas S, Levrat A, Blancher M, et al. Survival after avalanche-induced cardiac arrest. *Resuscitation* 2014; 85 (9): 1192–6.
- Boyd J, Brugger H, Schuster M. Prognostic factors in avalanche resuscitation: a systematic review. *Resuscitation* 2010;81:645-652.
- Brugger H, Falk M. Neue Perspektiven zur Lawinenverschüttung. *Wien Klin Wochenschr* 1992;104:167-173.
- Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L. On-site triage of avalanche victims with asystole by the emergency doctor. *Resuscitation* 1996;31:11-16.
- Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L, Falk M, Tschirky F. Field management of avalanche victims. *Resuscitation* 2001;51:7-15.
- Brugger H, Durrer B. On-site treatment of Avalanche Victims. *High Alt Med Biol* 2002;3-4:421-424.
- Brugger H, Sumann G, Meister R, Adler-Kastner L, Mair P, Gunga HC, Schobersberger W, Falk M. Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow: implications for avalanche survival. *Resuscitation* 2003;58:75-81.
- Brugger H, H, Paal P, Falk M. Outcry stopped approved pig study of avalanche survival. *Nature* 2010;463:877.
- Brugger H, Paal P, Boyd J. Prehospital resuscitation of the buried avalanche victim. *High Alt Med Biol* 2011;12/3:199-205.
- Danzl DF. Accidental hypothermia. In: Rosen et al., eds. *Emergency medicine: concepts and clinical practice*. St. Louis: Mosby 1998.
- Falk M, Brugger H, Adler-Kastner L. Avalanche survival chances. *Nature* 1994;368:21.
- Grissom CK, Radwin MI, Scholand MB, Harmston CH, Muetterties M. Hypothermia During Avalanche Burial. *Wilderness Environ Med* 2002;13:72-73.
- Grossman MD, Saffle JR, Thomas F, Tremper B. Avalanche trauma. *J Trauma* 1989;29:1705-1709.
- Haegeli P, Falk M, Brugger H, Etter HJ, Boyd J. Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland. *CMAJ* 2011;183(7):789-795.
- Hilmo J, Naesheim T, Gilbert M. "Nobody is dead until warm and dead": prolonged resuscitation is warranted in arrested hypothermic victims also in remote areas--a retrospective study from northern Norway. *Resuscitation* 2014; 85 (9): 1204–11.
- Hohlrieder M, Schubert H, Brugger H, Pavlic M, Ellerton J, Mair P. Pattern and Severity of Injury in Avalanche Victims. *High Alt Med Biol* 2007;8-1:56-61.
- Kottmann A, Blancher M, Spichiger T, Elsensohn F, Létang D, Boyd J, et al. The Avalanche Victim Resuscitation Checklist, a new concept for the management of avalanche victims. *Resuscitation* 2015; 91: e7–e8.
- Locher T, Walpoth BH. Differentialdiagnose des Herzkreislaufstillstands hypothermer Lawinenopfer: retrospektive Analyse von 32 Lawinenunfällen. *Schweiz Rundsch Med Prax* 1996;85:1275–1282.
- Mair P, Kornberger E, Furtwaengler W, Balogh D, Antretter H. Prognostic markers in patients with severe accidental hypothermia and cardiocirculatory arrest. *Resuscitation* 1994;27:47-54.
- Mair P, Brugger H, Mair B, Moroder L, Ruttman E. Is Extracorporeal Rewarming Indicated in Avalanche Victims with Unwitnessed Hypothermic Cardiorespiratory Arrest? *High Alt. Med. Biol.* 2014; 15 (4): 500–503.
- Truhlář A, Deakin CD, Soar J, Khalifa GE, Alfonzo A, Bierens JJ, Brattebø G, Brugger H, Dunning J, Hunyadi-Antičević S, Koster RW, Lockey DJ, Lott C, Paal P, Perkins GD, Sandroni C, Thies KC, Zideman DA, Nolan JP, Barelli A, Böttiger BW, Georgiou M, Handley AJ, Lindner T, Midwinter MJ, Monsieurs KG, Wetsch WA. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. 2015 Oct;95:148-201. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.017. Epub 2015 Oct 15.

- Nolan JP, Soar J, Zideman DA, Biarent D, Bossaert LL, Deakin C, Koster RW, Wyllie J, Böttiger BW. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2010;81:1219-1276.
- Oberhammer R, Beikircher W, Hörmann C et al. Full recovery of an avalanche victim with profound hypothermia and prolonged cardiac arrest treated by extracorporeal re-warming. *Resuscitation* 2008;76:474-480
- Paal P, Beikircher W, Brugger H. Der Lawinennotfall, eine aktuelle Übersicht. *Anästhesist* 2006;55:314-324.
- Paal P, Braun P, Brugger H et al. Animal rights activists bury avalanche study. *BMJ* 2010;341:133.
- Putzer G, Schmid S, Braun P, Brugger H, Paal P. Cooling of six centigrades in an hour during avalanche burial. *Resuscitation* 2010;81:1043-1044.
- Ruttmann E, Weissenbacher A, Ulmer H et al. Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiocirculatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007;134:594-600.
- Soar J, Perkins GD, Abbas G, Alfonzo A, Barelli A, Bierens JJ, Brugger H, Deakin CD, Dunning J, Georgiou M, Handley AJ, Lockey DJ, Paal P, Sandroni C, Thies KC, Zideman DA, Nolan JP. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: Electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation* 2010;81:1400-1433.
- Stalsberg H, Albretesen C, Gilbert M, Kearney M, Moestue E, Nordrum I, Rostrup M, Orbo A. Mechanism of death in avalanche victims. *Virchows Archiv* 1989;414:415-422.
- Walpoth BH, Walpoth-Aslan BN, Mattle HP, Radanov BP, Schroth G, Schaeffler L, Fischer AP, von Segesser L, Althaus U. Outcome of survivors of accidental deep hypothermia and cardiocirculatory arrest, *N Engl. J Med* 1997;337(21):1500-1505.