

Virtuální konference „Základy hypotermie – mezinárodní přístup 2021“

BASICS Scotland Virtual Conference 2021 – The BASICS of Hypothermia:
An International Approach

Pod názvem *BASICS Scotland Virtual Conference – The BASICS of Hypothermia: An International Approach* uspořádala od 15. do 20. února 2021 skotská charitativní organizace – **BASICS Scotland** (British Association of Immediate Care), poskytující zdravotnickým pracovníkům podporu vysoce kvalitní akutní přednemocniční péče, virtuální konferenci o hypotermii. **BASICS Scotland** má sídlo v malé vesnici Aberuthven v **County of Perth** (Perthshire) ve středním Skotsku.

Během pěti večerů a jednoho pozdního odpoledne odeznělo 16 sdělení.



Náhodná hypotermie – Dr. Peter Paal

Accidental Hypothermia. Dr Peter Paal



Na nechtěný pokles teploty tělesného jádra umírá ročně v USA 1500 osob, ve Skotsku více než 100 a v Polsku více než 450 osob (Brown et al. 2012, Darocha et al 2019). Oběť hluboké hypotermie 13,7 °C se zástavou oběhu byla 9 h úspěšně resuscitována (Gilbert et al. 2000); 2letý chlapec s 11,8 °C přežil bez následků 135 min CPR a 22 h ECMO (Darocha et al. 2020). Již r. 1958 Niazi a Lewis referovali o podchlazení 51leté ženy s malignitou na 9 °C na 1 hodinu, CR Stephen (1961) o 5 operovaných na méně než 10 °C a jednom na 4,2 °C.

Předchází-li hypotermie srdeční zástavě může být možné přežití i po delší době, neboť chlad snižuje spotřebu kyslíku o 7 % na 1 °C poklesu teploty. Akutní hypotermie – ve studené vodě či zasypaní lavinou – je spojena se zvýšenou glykemií, subakutní hypotermie – při vyčerpání nebo ponoření relativně teplé vody – s nízkou hladinou glukózy v krvi. Sekundární hypotermie je následkem řady patologických stavů.

Nová doporučení Evropské resuscitační rady přinesla aktualizovaný algoritmus pro postup při hypotermii.

Hypothermia Outcome Prediction after ECLS HOPE

V algoritmu léčení hluboké hypotermie se zástavou oběhu – při rozhodování o indikaci ECLS stanovilo doporučení ERC Guidelines 2015 jako kritérium hladinu draslíku v séru do 12 mmol/l a v případech podchlazení po zasypaní lavinou do 8 mmol/l. Při hladině vyšší bylo na zvážení resuscitaci ukončit. Nespokojenost s existencí jediné hodnoty, která by rozhodovala o konečném osudu pacienta vedla v roce 2018 k vytvoření komplexního skóre – **Hypothermia Outcome Prediction after Extracorporeal Life Support For Hypothermic Cardiac Arrest Patients: The HOPE score**.



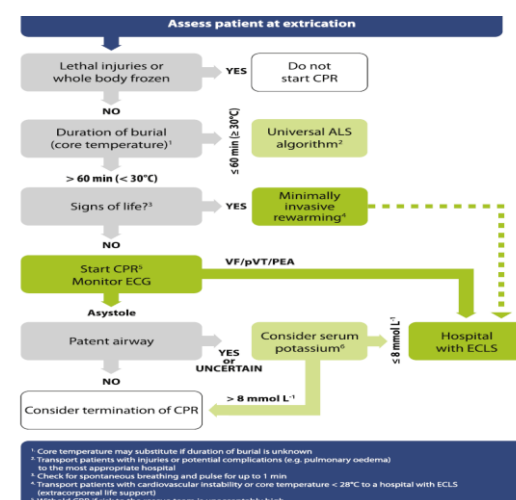
HOPE score je výsledkem analýzy vztahů proměnných: věk, pohlaví, mechanismus, draslík, teplota, svědectví srdeční zástavy (witnessed cardiac arrest), počáteční srdeční rytmus, trvání resuscitace, zahřívací metoda. Konkrétní skóre pro jednotlivé případy podchlazení lze nechat spočítat na www.hypothermiascore.org – kritická hodnota je 0,10.

Potassium	>12	≤ 12	
	5	58	37
	Rewarming not indicated	Futile rewarming (non-survivors)	Successfull rewarming (survivors)
	32	31	37
HOPE	< 0.10	≥ 0.10	

Fig. 3. Comparison of the outcome and proportion of patients for whom rewarming is indicated according to the HOPE vs potassium triage. In a situation where a physician would rewarm only those patients achieving a good prognosis, when facing 100 patients, 27 ECLS unsuccessful rewarming could be avoided without losing a single additional life using our score (with a cutoff at 0.10) rather than potassium alone (with a cutoff of 12 mmol/L) as a rewarming criterion.

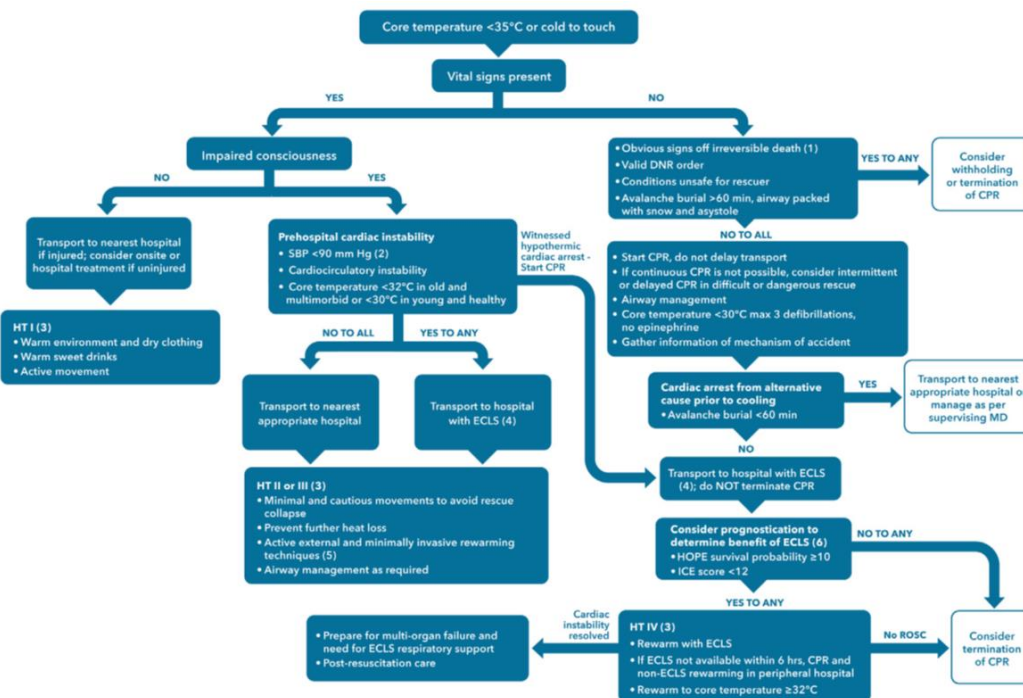
Avalanche accident algorithm. Management of completely buried victims 2015

European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015 Section 4. Cardiac arrest in special circumstances, Resuscitation 95 (2015) 148–201



ECLS, extracorporeal life support

Avalanche accident algorithm. Management of completely buried victims 2021



Carsten Lott, Anatolij Truhlář, Annette Alfonzo, Alessandro Barelli, Violeta González-Salvado, Jochen Hinkelbein, Jerry P. Nolan, Peter Paal, Gavin D. Perkins, Karl-Christian Thies, Joyce Yeung, David A. Zideman, Jasmeet Soar, Gamal Eldin Abbas Khalifa, Efrén Álvarez, Roberta Barelli, Joost J.L.M. Bierens, Bernd Boettiger, Guttorm Brattebø, Douglas Browne, Hermann Brugger, Tomasz Darocha, Charles D. Deakin, Joel Dunning, Silvija Hunyadi-Anticevic, Rudolph W. Koster, David J. Lockey, Mathieu Pasquier, Jan Schmitz:

European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances, Resuscitation, 2021, 161: 52-219,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300957221000642>

Podchlazení v Japonsku – pohled ze subtropů.

Dr. Naoto Ishimaru

Hypothermia in Japan: perspective from subtropical climate – Dr Naoto Ishimaru



Vassal a spol. (2001) zjistili ve Francii u 47případů podchlazení, že k němu v 51 % došlo uvnitř budov a ve 49 % ve venkovním prostředí, naproti tomu Elbaz a spol. (2008) v Izraeli u 169 osob v 72 resp. v 28 %, v Japonsku Matsuyama a spol. (2018) u 537 osob 78 resp. 22 % a Ishimaru a spol. (2020) u 67 případů dokonce v 90 resp. 10 %. Přitom nejčastějšími základními onemocněními a stavy byly diabetes 24 %, demence 21 %, mozková příhoda 19 %, abusus alkoholu 16 %, ICHS 15 %....

Hypotermie ve venkovním prostředí (outdoor) postihuje zejména osoby mladší, méně nemocné a hospitalizace u nich netrvá dlouho.

Referováno o nemocniční úmrtnosti na hypotermii ve Francii, Izraeli, Finsku a Japonsku, různých způsobech predikce mortality: Elbaz et al. 2008, Izrael; 5 A scoring model – Okada et al. 2019, Japonsko, SOFA score – Kandori et al. 2019, Japonsko.

Charakteristika zdravotní péče v Japonsku: velký počet nemocnic, většina je soukromých, jsou velmi dobře vybavené, s otevřeným přístupem, malý počet lékařů na obyvatelstvo, kteří jsou převážně ve velkých městech.

Nejnovější studie: Takauji a spol. [Accidental hypothermia_ Factors related to a prolonged hospital stay – A nationwide observational study in Japan. Am J Emerg Med 2021 Mar 29;47:169-175. doi: 10.1016/j.ajem.2021.03.079. Online ahead of print] s 656 pacienty byl výskyt hypotermie uvnitř budov 75,1 % a doba hospitalizace byla delší než 7 dní (medián 17 dní).

Historie hypotermie, vývoj definice a výzvy pro záchranu v horách. Dr. Duncan Trip

Duncan Trip, prezident BASIC Scotland

Is hypothermia an **underdiagnosed** condition?

Má být hypotermie na vrcholu pyramidy?

Znalost tělesné teploty je klíčem pro kritické rozhodování.

Zjišťování tělesné teploty je zásadní výzvou v problematice podchlazení:

- Jak často se myslí na zjištění tělesné teploty?
- Jak je snadné / obtížné zjištění teploty v terénu?
- Používá se správný teploměr?
- Měří se teplota na správném místě?
- Odpovídá naměřená hodnota teplotě tělesného jádra?
- Je vybavení odolné vůči poškození nízkou teplotou?
- Má teploměr stupnici pro nízké teploty?
- Existují fyziologické metody k posouzení teploty?



Management měření teploty

- Je třeba věnovat větší pozornost hypotermii?
- Kde je místo problému hypotermie v systému priorit ABCDE?
- Může přítomnost podchlazení změnit / změnit priority v ABCDE?
- Je třeba upravit praxi?
- Jak diagnostikovat hypotermii?
- Jaké cesty/postupy (*pathways*) jsou při podchlazení dostupné?
- Co ještě je třeba zohlednit?
- Jaké zařízení jsou dostupná

Přednemocniční hodnocení hypotermie. Dr. John Ellerton

Prehospital Assessment of Hypothermia– Dr John Ellerton

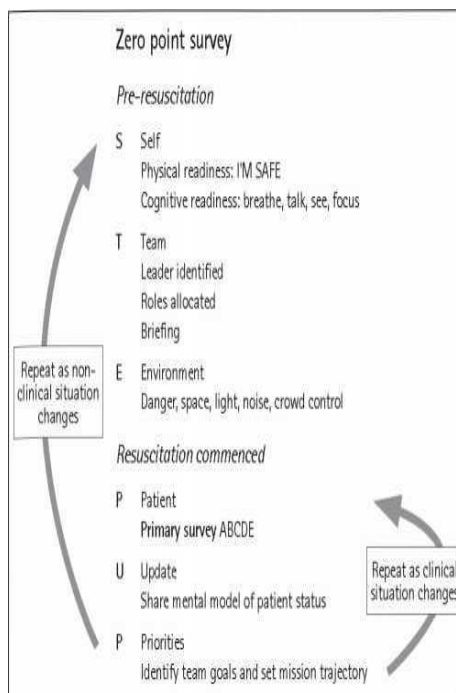


Představena koncepce **Zero Point Survey ZPS, pre-primary survey (Nullpunktuntersuchung)**, jež při standardní výuce resuscitace bere v úvahu proměnlivé osobní, týmové a enviromentální faktory (prostředí) s cílem optimalizovat postup kříšení. Jedná se o fázi ještě předcházející prvotnímu vyšetření pacienta před zahájením resuscitace – **primary survey PS**, než se přistoupí ke zjišťování životních funkcí. Cílem PS je identifikovat, stanovit priority a oddálit ohrožení života.

Jsou však situace, kdy PS nepředstavuje přiměřený první krok, resp. není primárně významný, a tudíž musí PS v resuscitaci předcházet dodatečný počáteční krok v čase nula nazvaný **Zero Point Survey ZPS** nebo **pre-primary survey**.

ZPS je přípravou pro PS – znázorněnou jako STEP UP (viz obrázek): **S**elf, **T**eam, **E**nvironment, **P**atient, **U**ppdate, **P**riorities. Touto přípravou se poskytovatel záchrany může zabývat již na cestě k pacientovi.

- Zero point survey: a multidisciplinary idea to STEP UP resuscitation effectiveness. Cliff Reid et al. Clin Exp Emerg Med 2018;5(3):139-143. <https://doi.org/10.15441/ceem.17.269>
- Zero Point Survey – STEP UP your Resuscitation Skills with the Zero Point Survey. <https://emcentered.com/step-up-your-resuscitation-skills-with-the-zero-point-survey/>



Podsiadlo Pawel. ICAR Krakow 2019

- Unwitnessed OHCA patients may survive without neurological deficit if they are severely hypothermic
- Asystole does not rule out good outcome in UHCA

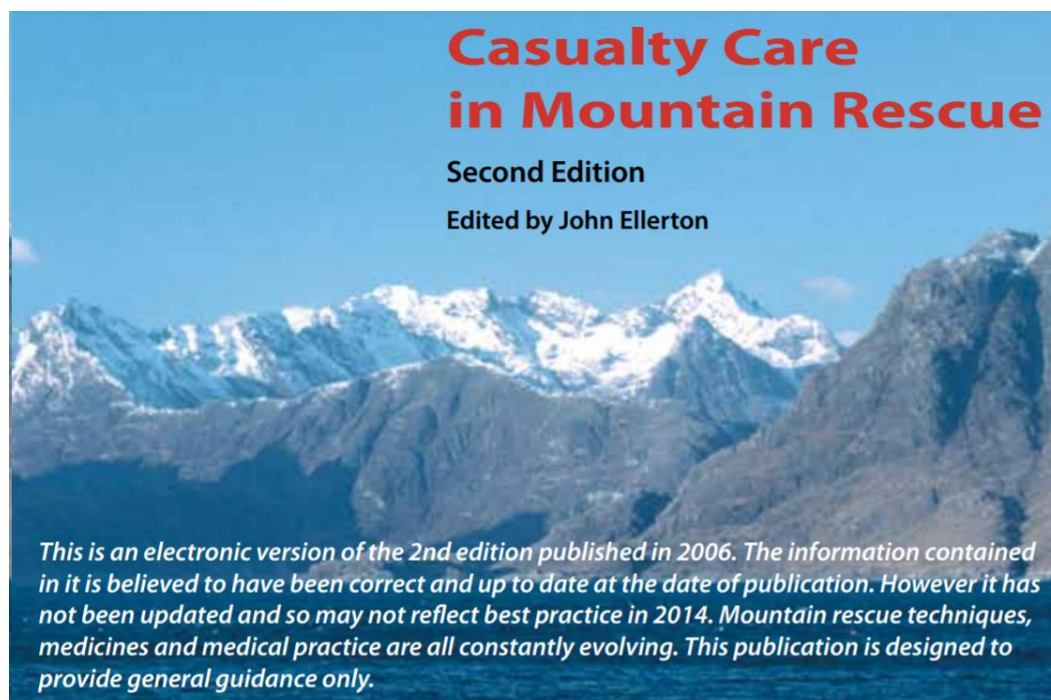
Severe accidental hypothermia Les Gordon BMJ



'not dead unless 'warm and dead'
unless
you were really dead before you were rescued
Adapted from Evan Lloyd



Casualty Care in Mountain Rescue Ed 2



John Ellerton: *Casualty Care in Mountain Rescue*, Second Edition 2006. 408 stran.
<http://kerrymountainrescue.ie/wp-content/uploads/2016/10/Casualty-Care-in-Mountain-Rescue-Ed2.pdf>

Klasifikace hypotermie: revize švýcarského systému Dr. Martin Musi

Staging of accidental Hypothermia. The Revised Swiss System. – Dr Martin Musi



Stanovení závažnosti hypotermie (určení stupně, stadia) je předpokladem pro zvolené způsobu léčení, určení prognózy, třídění a transport do adekvátního zdravotnického zařízení (ECLS). Ideální metodou je spolehlivé změření teploty tělního jádra, což bývá obtížné a často nemožné. Alternativou jsou pomůcky pro určení stadia podchlazení dle klinické manifestace, jako je *Swiss Staging System* s 5 nebo 4 fázemi:

Stage	Clinical findings	Core temperature, °C	Stage	Clinical findings	Core temperature, °C
HT I	Conscious, shivering	35 to 32°C	HT I	Conscious, shivering	35 to 32°C
HT II	Impaired consciousness, not shivering	<32 to 28°C	HT II	Impaired consciousness, not shivering	<32 to 28°C
HT III	Unconscious, not shivering, vital signs present	<28 to 24°C	HT III	Unconscious, not shivering, vital signs present	<28 to 24°C
HT IV	No vital signs	<24°C	HT IV	No vital signs	<24°C
HT V	Death due to irreversible hypothermia	<13.7°C?			

Pasquier a spol. v roce.... hodnotili švýcarský model u 305 podchlazených, přičemž se ukázalo, že tímto způsobem byl určen stupeň hypotermie pouze v 61 %, v 18 % nadhodnocen a v 21 % podhodnocen – v těchto případech bylo podceněno riziko srdeční zástavy a pacient byl transportován do méně vybavené nemocnice. Autoři konstatovali, že hodnocení stavu (stupně poruchy) vědomí záchranáři-nelékaři může být obtížné, resp. nespolehlivé. Také interpretace přítomnosti třesu může být matoucí a může oběť umístit

do dvou různých fází, neboť třesová reakce je individuální a třes se může při podchlazení objevit i při teplotě tělního jádra nižší než 32 °C, a pak předstírá méně závažnou hypotermii.

Revidovaný švýcarský systém – *the Revised Swiss System* (Martin E. Musí, Alison Sheets, Ken Zafren, Herman Brugger, Peter Paal, Natalie Hölzl, Mathieu Pasquier) – z těchto důvodů nevychází z určování tělesné teploty jako kritéria stupně hypotermie, nýbrž se stanoví *riziko hypotermické srdeční zástavy* (Risk of Hypothermic Cardiac Arrest) pomocí stupnice AVPU (*AVPU scale*).

Riziko srdeční zástavy v hypotermii

A The patient is awake.	GCS 15	pacient je vzhůru NÍZKÉ RIZIKO
V The patient responds to verbal stimulation.	GCS 9-14	reaguje na slovo STŘEDNÍ RIZIKO
P The patient responds to painful stimulation.	GCS < 9	reaguje na bolest VYSOKÉ RIZIKO
U The patient is completely unresponsive.	GCS 3	úplné bezvědomí SRDEČNÍ ZÁSTAVA?

Stupnice je jednoduchá, snadno zapamatovatelná, použitelná v terénu i laiky, reprodukovatelná a koreluje s *Glasgow Coma Scale* GCS. Stav vědomí však může být ovlivněn úrazem či přidruženým onemocněním.

Přítomnost třesu neslouží k definici stadia. Jeho přítomnost obvykle znamená teplotu tělního jádra >30 °C, při které je srdeční zástava nepravděpodobná, avšak při poruše vědomí – při V, P, U škály AVPU – nesmí záchranáře falešně uklidnit

Návrh: Revised Swiss System

	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
Clinical findings ^a	“Alert” from AVPU	“Verbal” from AVPU	“Painful” or “Unconscious” from AVPU AND Vital signs present	“Unconscious” from AVPU AND No detectable vital signs ^b
Risk of cardiac arrest ^c	Low	Moderate	High	Hypothermic cardiac arrest

No blood pressure / No respiration/ No femoral or carotid pulse checked over at least 1 minute

Dr. Musí představil návrh doporučení (The Revised Swiss System: Recommendation of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom):

Stanovení diagnózy hypotermie

- Podezření na podchlazení: anamnéza expozice chladu a známky podchlazení v nepřítomnosti jiného patologického stavu
- Pokud je to možné, potvrdit diagnózu spolehlivým změřením teploty tělesného jádra (<35 °C)

Staging podle Revidovaného švýcarského systému

- Jestliže nelze spolehlivě změřit teplotu tělesného jádra, použije se The Revised Swiss System,
- a podle něho se řídí resuscitace, výběr cílové nemocnice a potřeba zahřívání mimotělním oběhem (ECLS)

Staging podle teploty tělesného jádra

- Definitivní stanovení stupně hypotermie vyžaduje spolehlivé změření teploty tělesného jádra, jejíž určení může být v terénu obtížné až nemožné.
- Epitympanický teploměr s termistorem lze použít pouze u pacientů bez srdeční zástavy.
- U intubovaných a při srdeční zástavě se měří teplota v jícnu.
- Jestliže je spolehlivě změřena teplota tělesného jádra, je vodítkem pro resuscitaci, výběr cílové nemocnice a potřebu zahřívání mimotělním oběhem (ECLS).

K zapamatování: Pacienti s hypotermickou srdeční zástavou mají vysokou naději odejít z nemocnice plně uzdraveni

Literatura

Martin E. Musí, Alison Sheets, Ken Zafren, Herman Brugger, Peter Paal, Natalie Hölzl, Mathieu Pasquier. *Clinical staging of accidental hypothermia: The Revised Swiss System Recommendation of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom)*. Resuscitation 162 (2021) 182-187

[https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(21\)00096-4/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(21)00096-4/fulltext)

Musi Martin, Sheets Alison, Zafren Ken, Brugger Hermann, Paal Peter, Hölzl Natalie, Pasquier Mathieu. *Clinical staging of accidental hypothermia: The Revised Swiss System: Recommendation of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom)*. <http://www.icar-med.com/>
<http://www.icar-med.com/Recommendations/Current-Recommendations/Clinical-Staging-of-Accidental-Hypothermia/index.php/>

Deslarzes T, Rousson V, Yersin B, Durrer B, Pasquier M. *An evaluation of the Swiss staging model for hypothermia using case reports from the literature*. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2016 Feb 17;24:16. doi: 10.1186/s13049-016-0210-y. PMID: 26887573; PMCID: PMC4756507.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4756507/pdf/13049_2016_Article_210.pdf

Přednemocniční způsoby ošetření obětí podchlazení Dr. Sam Oliver

Portable Prehospital Methods to Treat Cold Casualties – Dr Sam Oliver

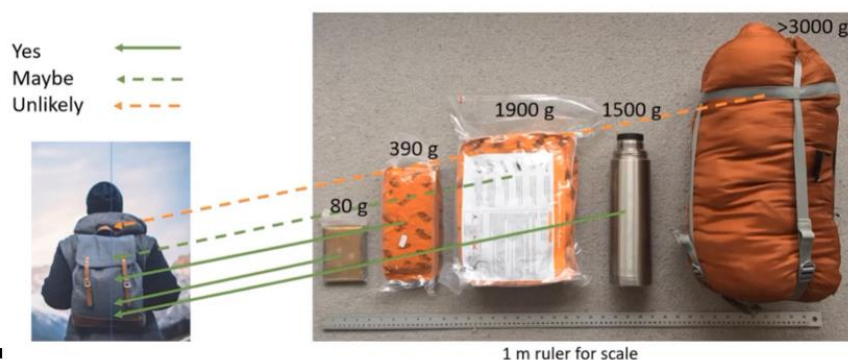


Vývoj přenosných prostředků snižujících tepelné ztráty lidského organismu v prostředí chladu, použitelných v horské záchraně, má zásadní význam při snižování úmrtnosti na hypotermii. Ještě významnější je překlenutí přednemocniční fáze pro ještě více smrtící případy kombinace podchlazení a mechanických traumat (*bridging the COLD-gap*). Studie srovnala účinnost vodotěsných metalizovaných (*MPS = metalised plastings*

sheeting) jedno- a vícevrstevných záchranných vaků k léčení hypotermie, zhodnotila účinnost zahřívacích zábalů a podávání horkých nápojů.

Přenositelnost lze definovat: „to, co se vejde do ruksaku“.

Defining 'portable': Does it fit in a rucksack?



Ukázalo se, že nejlepší volbou je vícevrstevný metalizovaný plastický vak, ideálně s velkými zahřívacími balíčky. Horké nápoje byly z hlediska tepelné bilance bez efektu.

Viz též:

Samuel J. Oliver, PhD; Jennifer L. Brierley, PhD; Philippa C. Raymond-Barker, MSc; Alberto Dolci, MSc; Neil P. Walsh, PhD: *Portable Prehospital Methods to Treat Near-Hypothermic Shivering Cold Casualties*. Wilderness & Environmental Medicine 27 (2016), 125-130

[https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(15\)00458-5/pdf](https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(15)00458-5/pdf)

(https://www.researchgate.net/publication/285143591_Portable_Prehospital_Methods_to_Treat_Near-Hypothermic_Shivering_Cold_Casualties)

Henriksson O, Lundgren PJ, Kuklane K, Holmér I, Giesbrecht GG, Naredi P, Bjornstig U. *Protection against cold in prehospital care: wet clothing removal or addition of a vapor barrier*. Wilderness Environ Med. 2015 Mar;26(1):11-20. doi: 10.1016/j.wem.2014.07.001. PMID: 25712295.

[https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(14\)00201-4/fulltext](https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(14)00201-4/fulltext)

McIntosh SE, Crouch AK, Dorais A, McDevitt M, Wilson C, Harmston CH, Radwin MI, Grissom CK. *Effect of head and face insulation on cooling rate during snow burial*. Wilderness Environ Med. 2015 Mar;26(1):21-8. doi: 10.1016/j.wem.2014.07.003. Epub 2014 Oct 1. PMID: 25281588.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1080603214002038>

Doba přežití ve studené vodě: jaký význam má podchlazení Prof. Mike Tipton

Survival Time in Cold Water: How Important is Hypothermia? – Prof. Mike Tipton



Které faktory určují přežití člověka ve studené vodě a jaké jsou jejich důsledky pro záchranáře (Search and Rescue Operatives, SAR)?

Každý den se utopí 1000 lidí – každé 3 minuty 2 osoby – 41 lidí za hodinu, utonutí je třetí nejčastější příčinou náhodné smrti na světě. Stanovení reálné – co nejpřesnější – doby přežití je významné pro strategii záchrany – *úsilí nalézt oběť naživu vs v čase klesající možnost úspěchu vs vyčerpání zdrojů*, avšak i pro kontakt s médii, příbuznými a politiky.

Základními faktory pro predikci jsou: vyvolávající příčina (smrti), teplota vody, rychlost poklesu tělesné teploty.

4 rizikové fáze ponoření:

1. Počáteční reakce / Náhlá smrt (prvních 3-5 minut) OCHLAZENÍ KŮŽE
2. Krátkodobá reakce (5-30 minut) OCHLAZENÍ POVRCHNÍCH NERVŮ A SVALŮ
3. Dlouhodobá reakce (≥ 30 minut) OCHLAZENÍ HLUBOKÝCH TKÁNÍ
4. Reakce po vytažení z vody (při záchraně) OBĚHOVÝ KOLAPS A DALŠÍ OCHLAZOVÁNÍ

„Chladový šok“:

srdeční frekvence se v 1. minutě ponoření zvýšila z 90/min na 156/min, v 5. minutě činila 108/min, dechová frekvence z 12/min na 66/min resp. 23/min, dechový objem z 16 na 114 resp. 67 litrů/min. Letální aspirace mořské vody je 22 ml/kg tělesné hmotnosti (přibližně 1,5 l), sladké vody 44 ml/kg těl.hm. Aspirace 2,2 ml/kg sníží PaO₂ ze 100 na 60 mmHg a zkrat v plicích z 10 na 75 % (Tipton 1989)

M. J. Tipton: The initial responses to cold-water immersion in man. Clinical Science 1990, 77(6):581-8.

https://www.researchgate.net/publication/20465406_The_Initial_Responses_to_Cold-Water_Immersion_in_Man.

Klíčové faktory přednemocniční léčby při tonutí

(Lifeguards without Borders, Wilderness Medical Society, 2016; Andrew C. Schmidt, DO, MPH; Justin R. Sempsrott, MD; Seth C. Hawkins, MD; Ali S. Arastu, MD; Tracy A. Cushing, MD, MPH; Paul S. Auerbach, MD, MS: *Wilderness Medical Society Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Drowning*. Wilderness & Environmental Medicine 2016, 27(): 236-251, [https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(16\)00003-X/fulltext](https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(16)00003-X/fulltext))

- Vytažení z vody, přísun kyslíku, 5 záchranných umělých vdechů.
- Odklad křížení o každou jednu minutu znamená 10% pokles úspěchu.
- Odsátí pěny 10-15 s.
- Zrušení hypoxie: intubace (je-li indikována), zajistit vysoké FIO₂, PEEP 5 cmH₂O (jestliže je k dispozici).
- Stabilizace oběhu, ochrana přes ztrátami tepla, okamžitý transport k hospitalizaci.

Příznivá prognóza:

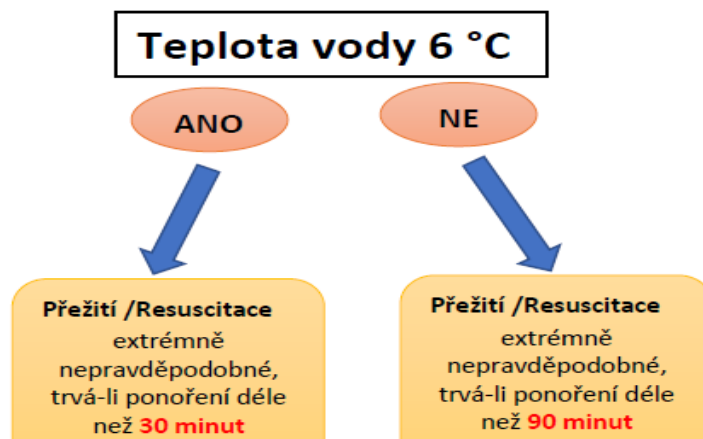
- Tonutí <5-10 min
- Bez aspirace
- Děti
- Doba do BLS < 10 min
- Normální neurologický náález při přijetí do nemocnice
- Minimální pH > 7.1, glykémie < 11,2 mmol/l
- Srdeční akce po zástavě je obnovena v terénu
- Spontánní dýchání po obnovení srdeční akce po zástavě

Hypotermie prodlužuje dobu přežití v hypoxii, při teplotě 22 °C klesá spotřeba kyslíku v mozku na minimum, kritickou otázkou je, jaká byla teplota mozku v okamžiku srdeční zástavy (Adams & Victor, 1977).

Tipton MJ, Golden FS. *A proposed decision-making guide for the search, rescue and resuscitation of submersion (head under) victims based on expert opinion*. Resuscitation. 2011 Jul;82(7):819-24. doi: 10.1016/j.resuscitation.2011.02.021. Epub 2011 Apr 1. PMID: 21458133.

Rozhodovací algoritmus při úplném ponoření

(hlavy) v chladné vodě (Tipton & Golden, 2011, Resuscitation 82:819-824)



Další aspekty tonutí ve studené vodě:

Cold Shock (s tachykardií) & bradykardie při ponoření obličeje (diving bradycardia), autonomní konflikt při stimulaci sympatiku i parasympatiku s arytmiemi, snížení svalové síly při lokálním ochlazení pod 27 °C

Termoregulaci, rychlost poklesu tělesné teploty a dobu přežití ovlivňují:

A) Termální faktory:

- Teplota vody
- Teplota vzduchu
- Rychlost větru
- Stav moře
- Rychlost proudu vody
- Osobní ochranné prostředky
- Třesová reakce

B) B → Non-termální faktory:

- Tělesná stavba
- Fyzická námaha
- Zdatnost
- Pohlaví
- Hyperbarie a hypobarie
- Duševní stav
- Hyperkapnie a hypokapnie
- Energetická bilance a bilance tekutin
- Trauma
- Kinetóza
- Intoxikace
- Aklimatace
- Zdravotní stav
- Chování

Variabilita případů přežití

- Nový Zéland (Severní ostrov): Rob Hewit – 75 hodin v 16 °C
- Karibik: z 39 Dominikánců přežilo 20 až 89 hodin v 28 °C
- Severní Pacifik: pátrání po pilotovi balónu trvalo déle než 2 týdny
- Chorvatsko: 10 hodin v 21 °C
- Pobřeží Velké Británie: 32 hodin v 10 °C
- Indický oceán: Brett Achibald – 28 hodin v 28 °C

Grafy přežití:

Barnett, Hayward, Molnar, kombinovaný graf

Search & Rescue Times

- 50% přežití běžně oblečené, mladé, zdatné a zdravé osoby
 - Teplota vody 5 °C.....1 hodinu
 - Teplota vody 10 °C.....2 hodiny
 - Teplota vody 15 °C.....6 hodin
- Doba pátrání & záchrany: nejméně 3-6násobek
- Při klidné vodě, po zdatných/obězních/dobře vybavených: 10násobek
- Prudká voda a proudy: <3-6násobek

IAMSAR Manual

INTERNATIONAL AERONAUTICAL AND
MARITIME SEARCH AND RESCUE MANUAL

Volume II
MISSION CO-ORDINATION

2001 + 2002 + 2003 Amendments



IMO/ICAO
London/Montreal, 2003

Důsledky zvýšení hydrostatického tlaku a snížené gravitace

při ponoření do vody:

- centrální krevní objem se zvýší o 700 ml
- tlak v pravé srdeční síni stoupne o 12-18 mmHg
- diastolické plnění se zvýší o 250 ml
- minutový srdeční objem +32-66 %
- zvýšená poloha bránice
- rezultuje zvýšení diurézy s redukcí krevního objemu

Možné příčiny kolapsu při záchráně obětí hypotermie

- ztráta hydrostatické podpory po vytažení z vody
- obnovený účinek gravitace
- hypovolémie (diuréza/přesuny tekutin)
- zvýšení viskozity krve
- zhoršení plnění koronárních tepen
- podchlazený myokard
- utlumená aktivita baroreceptorů
- perfusí nepokryté požadavky (svalů)
- psychický stress



Hypotenze
Ischemie mozku
Ischemie myokardu

Shrnutí

- Za většinou úmrtí ve studené vodě je – spíše než hypotermie – ochlazení kůže, nervů a svalů.
- Činnost Search & Rescue se řídí dobou do ochromení oběti v důsledku podchlazení. Predikce dlouhého přežití ve studené vodě je umění, které se stále více stává vědou, založenou na znalostech o utonulých osobách.
- Po dlouhotrvajícím ponoření do vody má podchlazená osoba sklon ke kolapsu, jestliže setrvává v poloze se zvýšenou hlavou déle, než je pro nejkratší dobu při záchráně nutné.

Literatura

- Cold water immersion: kill or cure?
<https://www.posturite.co.uk/media/pdf-downloads/Prof-Mike-Tipton.pdf>
- <https://www.rlss.org.uk/cold-water-shock-the-facts>

Hypotermie I. a II. stadia v přednemocničním prostředí Dr. Martin McCallum a spol.

Hypothermia Stage I and II in the Prehospital Environment –
Dr Martin McCallum et al.



Na možnost hypotermie ukazuje prostředí a okolnosti. Zajištění úkrytu a tepelné izolace jsou prvními opatřeními. Při II. stadiu hypotermie směřují být pohyb oběti a manipulace s podchlazeným jen minimální nutné.

Přehled praxe ve způsobu tepelné izolace a transportu.

Hypotermie při traumatu. Dr. Zoe Smeed

Hypothermia in Trauma – Dr Zoe Smeed

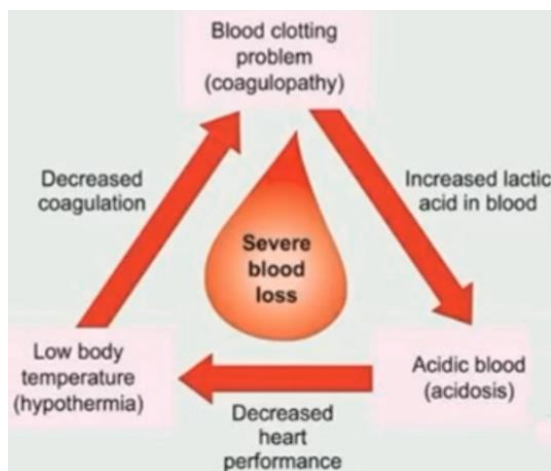


Hypotermie před hospitalizací zvyšuje úmrtnost: úmrtnost podchlazených je 23,3 % ve srovnání s 4,8 % u normotenzních.

Trauma Triad of Death

Prevenice (Damage Control Resuscitation):

- udržet teplotu
- zastavit/minimalizovat krvácení
 - přímý tlak, dlaha, zaškrcovadlo
 - tranexamic acid (TXA) co nejdříve
- optimální oxygenace
- maximalizace perfuze tkání
- obnova cirkulujícího objemu



Literatura

Shaw J, Taylor B, Thies K. *Prehospital hypothermia is associated with increased mortality. Intensive Care Med Exp.* 2015;3(Suppl 1):A374. Published 2015 Oct 1. doi:10.1186/2197-425X-3-S1-A374

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4796176/pdf/40635_2015_Article_519.pdf

M. Miller, C. Richmond, S. Ware, K. Habig, B. Burns. *A prospective observational study of the association between cabin and outside air temperature, and patient temperature gradient during helicopter transport in New South Wales. Anaesth Intensive Care* 2016, 44:3.

<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0310057X1604400308>

Bukur M, Kurtovic S, Berry C, Tanios M, Ley EJ, Salim A. *Pre-hospital hypothermia is not associated with increased survival after traumatic brain injury*. J Surg Res. 2012 Jun 1;175(1):24-9. doi: 10.1016/j.jss.2011.07.003. Epub 2011 Jul 29. PMID: 21872881.

[https://www.journalofsurgicalresearch.com/article/S0022-4804\(11\)00612-3/fulltext](https://www.journalofsurgicalresearch.com/article/S0022-4804(11)00612-3/fulltext)

Forristal C, Van Aarsen K, Columbus M, Wei J, Vogt K, Mal S. *Predictors of Hypothermia upon Trauma Center Arrival in Severe Trauma Patients Transported to Hospital via EMS*. Prehosp Emerg Care. 2020 Jan-Feb;24(1):15-22. doi: 10.1080/10903127.2019.1599474. Epub 2019 Apr 19. PMID: 30945956.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10903127.2019.1599474?journalCode=ipec20>

David Rösli, Beat Schnüriger, Daniel Candinas, and Tobias Haltmeier. *The Impact of Accidental Hypothermia on Mortality in Trauma Patients Overall and Patients with Traumatic Brain Injury Specifically: A Systematic Review and Meta-Analysis*. World J Surg 2020, 44(12):4106-4117.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7454138/>

Lapostolle F, Couvreur J, Koch FX, Savary D, Alhéritière A, Galinski M, Sebbah JL, Tazarourte K, Adnet F. *Hypothermia in trauma victims at first arrival of ambulance personnel: an observational study with assessment of risk factors*. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2017 Apr 24;25(1):43. doi: 10.1186/s13049-017-0349-1. PMID: 28438222; PMCID: PMC5402666.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5402666/>

Lapostolle F, Garrigue B, Richard O, Weisslinger L, Chollet C, Lagadec S, Soulat L, Ricard-Hibon A, Hilaire-Schneider C, Debaty G, Mazur V, Vicaut E. *Prevention of hypothermia in trauma victims - the HYPOTRAUM 2 study*. J Adv Nurs. 2021 Mar 19. doi: 10.1111/jan.14818. Epub ahead of print. PMID: 33739487.

Dilesh Kadapamannil, Sunil Rajan. *Hypothermia in prehospital polytrauma victims: an overlooked Companion. Research and Opinion in Anesthesia and Intensive Care* 2020, 7(4):223-6.

https://www.roaic.eg.net/temp/ResOpinAnesthIntensiveCare74223-5658424_154304.pdf

Ochrana před chladem v terénu. Dr. Otto Henriksson

Prehospital Protection Against the Cold – Dr Otto Henriksson

Příčiny hypotermie: • EXPOZICE • INTOXIKACE • TRAUMA

Závažnost zranění: doba a expozice chladné infuze anestezie

C problems: porucha hemokoagulace
chladová diuréza a edém
dysrytmie a srdeční zástavy



Standardní ABC resuscitace, šetrná horizontální poloha, rychlé vyproštění a do úkrytu

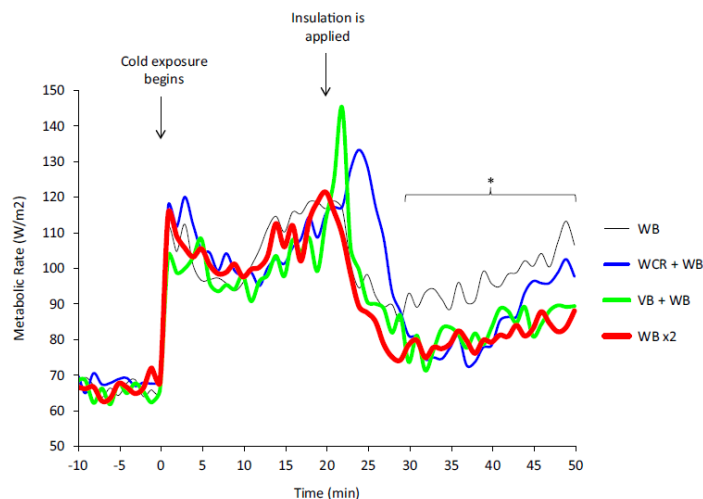
Prevence dalších ztrát tepla, chránit před chladem podkladu, vakuová matrace

Jaké přikrývky?

Všechny textilie jsou si podobné, jestliže jsou suché, izolace je úměrná tloušťce vrstvy. Větru odolná vrstva. Krýt celé tělo.

Ponechat mokrý oděv anebo svléknout?

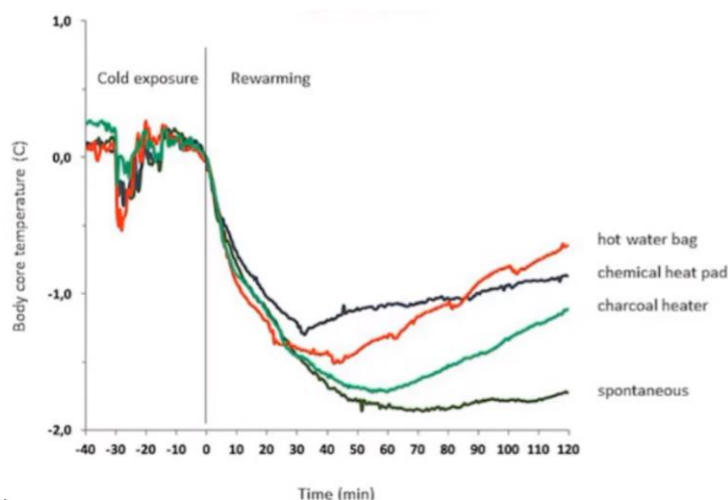
V situaci delšího transportu podchlazeného a při nedostatečné tepelné izolaci je doporučeno odstranit mokrý oděv anebo přidat neprodyšnou izolační vrstvu a vytvořit vzduchotěsný obal (*vapor barrier*, VB). Dojde k poklesu potřeby třesové termogeneze a sníží se zátěž pro srdce a respiraci.



Rychlost metabolismu při **svlečení mokrého oděvu (wet clothing removal, WCR)** + 1 vlněné přikrývky (**woolen blanket, WB**), **vapor barrier VB + 1 WB**, **2xWB** a **1xWB**

Otto Henriksson, MD; Peter J. Lundgren, MD; Kaleb Kuklane, PhD; Ingvar Holmér, PhD; Gordon G. Giesbrecht, PhD; Peter Naredi, MD PhD; Ulf Bjornstig, MD PhD: *Protection Against Cold in Prehospital Care: Wet Clothing Removal or Addition of a Vapor Barrier*. Wilderness & Environmental Medicine 2015, 26(1):11-20.

Aktivní zahřívání: přítel či nepřítel?



J. Peter Lundgren, MD, Otto Henriksson, MD, Thea Pretorius, MSc, Farrell Cahill, BKin, Gerald Bristow, MD, Alecs Chochinov, MD, Alexander Pretorius, MD, Ulf Bjornstig, MD, PhD, Gordon G. Giesbrecht, PhD: *Field Torso-Warming Modalities: A Comparative Study Using a Human Model*. Prehospital Emergency Care 2009, 13(3):371-8.

https://www.researchgate.net/publication/26269573_Field_Torso-Warming_Modalities_A_Comparative_Study_Using_a_Human_Model

- Přísun tepla x velikost povrchu: věnovat pozornost kontaktní teplotě a volbě místa
- Hypotermie je „C problém“. Zabránit dalšímu ochlazení, izolace celého těla a aktivní zahřívání

Těžké náhodné podchlazení: přednemocniční terapie srdeční zástavy a léčení v periferním zdravotnickém zařízení. Dr. Les Gordon

Severe Accidental Hypothermia: Prehospital Management of Cardiac Arrest and Overview of Management in Peripheral Hospital – Dr. Les Gordon



Stanovení smrti v případě možné hypotermie v terénu

Přítomnost nejméně jednoho znaku

livor mortis	rigor mortis	dekompozice
dekaptace apod.	nestlačitelný hrudník	pozorované utonutí >90 min
zasypání lavinou >60 min+zástava+neprůchodné dýchací cesty		
spálení celého povrchu těla		

Ale např.:

Naofumi Bunya , Keigo Sawamoto, Ryuichiro Kakizaki, Kenshiro Wada, Yoichi Katayama, Hirotoshi Mizuno, Hiroyuki Inoue, Shuji Uemura, Keisuke Harada and Eichi Narimatsu *Successful resuscitation for cardiac arrest due to severe accidental hypothermia accompanied by mandibular rigidity: a case of cold stiffening mimicking rigor mortis*. International Journal of Emergency Medicine 2018, 11(1):46
https://www.researchgate.net/publication/328941668_Successful_resuscitation_for_cardiac_arrest_due_to_severe_accidental_hypothermia_accompanied_by_mandibular_rigidity_A_case_of_cold_stiffening_mimicking_rigor_mortis

V nepřítomnosti stavu neslučitelného s životem pečlivě pátrat po známkách života

1. dýchací cesty
2. v těžké hypotermii je často abnormální dýchání: pomalé, nepravidelné a mělké

jestliže pacient dýchá, nedošlo k zástavě srdce a kříšení se nezahajuje

3. oběh
 - a. detekce pulsu na karotidě plných 60 sekund
 - i. slabý puls je obtížně hmatný
 - ii. v mnoha případech je frekvence ≤ 10 tepů/min
 - b. spontánní srdeční rytmus může existovat i při nízké teplotě, zvláště u malých dětí
 - c. sonografie může být přínosná
 - d. kříšení se nezahajuje, jestliže je na EKG jakýkoli rytmus slučitelný se životem, bez ohledu, jakou má frekvenci a jak nízký je krevní tlak
 - i. platí to pro sinusový rytmus, fibrilaci síní apod., nikoli komorovou fibrilaci a komorovou tachykardii
 - ii. ochlazené srdce může mít normálně vyhlížející EKG, může pumpovat příliš slabě, aby byl hmatný tep na krkavici, ale dostatečně účinně k udržení perfuze mozku
 - iii. nepřerušované dýchání je známkou zachované mozkové perfuze, tj. nejde o srdeční zástavu

Cílem je zabránit srdeční zástavě

- Nezahájení kříšení u těžké hypotermie s málo patrnými známkami života (např. velmi pomalým dýcháním) není spojeno se špatnou prognózou
- Slabý srdeční výdej podporuje zahřívání a je výhodnější než srdeční zástava s dlouhodobým kříšením a potenciálními komplikacemi

Doporučení ICAR 2020 – Hluboká hypotermie

- existence oběhu s nízkým srdečním výdejem i při nehmatném tepu
- fixované a rozšířené zornice nejsou spolehlivou známkou smrti
- izolované nízké anebo nepřítomné ETCO₂ nelze pokládat za známku smrti ani nerozhoduje i ukončení kříšení
- teplota tělesného jádra není kritérium smrti ani důvodem nezahájit kříšení

Corinna A. Schön, MD; Les Gordon, MD; Natalie Hözl, MD; Mario Milani, MD; Peter Paal, MD, MBA; Ken Zafren, MD: *Determination of Death in Mountain Rescue: Recommendations of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom)*. Wilderness & Environmental Medicine 2020, 31(4):506-20.

[https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(20\)30123-X/fulltext](https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(20)30123-X/fulltext)

Jonas Hilmoa, Torvind Naesheim, Mads Gilbert: *"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, 85:1204-1211.

https://www.researchgate.net/publication/262811851_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

Hypotermická srdeční zástava

Nelze léčit hypotermickou srdeční zástavu stejným způsobem jako u nepodchlazené osoby

Zabránit hrozící srdeční zástavě

- a. vyvarovat se nešetrné manipulace při těžké hypotermii
- b. zahřátí je při srdečné zástavě mnohem obtížnější
- c. jakmile dojde k srdeční zástavě, je spontánní obnovení srdeční akce (ROSC) extrémně nepravděpodobné, dokud se srdce nezahřeje

Gordon L, Paal P.: *Normothermic and hypothermic cardiac arrest – Beware of Jekyll and Hyde*. Resuscitation. 2018 Aug;129:e10-e11. doi: 10.1016/j.resuscitation.2018.04.020. Epub 2018 Apr 21. PMID: 29684434. [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(18\)30181-3/pdf](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(18)30181-3/pdf)

Differences between normothermic and hypothermic cardiac arrest.

	Normothermic cardiac arrest	Hypothermic cardiac arrest
Incidence	Common	Rare
Mechanism	Underlying cardiac disease; hypoxia	Primary or secondary cooling [1]
Typical patient	Elderly; coronary artery disease	Any. Usually, previously well
'Agonal' breathing	Indicates arrest	Typical in someone with core temperature < 28 °C
Agonal breathing duration	Self-terminates in seconds-minutes due to cessation of brain oxygenation	May be prolonged because brain perfusion and oxygenation continue. Ceases with either cardiac arrest or when rewarming occurs
Action if agonal breathing present	Immediate CPR	Wait. Ensure airway is clear. Apply oxygen. Precipitous CPR will trigger cardiac arrest. ROSC is then extremely unlikely until heart has been rewarmed > 30 °C
Mode of onset of arrest	Generally unpredictable. Happens out of the blue	Follows a standard pattern. Either gradual slowing of the heart rate to ventricular fibrillation or asystole or triggered (easily) by sudden patient movement
CPR	Must always be continuous	Continuous is recommended. With core temperature < 28 °C, CPR can be delayed up to 10 min or intermittent (alternating 5 min on, 5–10 min off depending on temperature) [2]
Defibrillation attempts	Unrestricted	Maximum three < 30 °C ³
ALS drugs	As protocol	Do not use until core ≥ 30 °C [3]
Pacing	May be effective	Not recommended
Prolonged CPR (hours)	Rare. Resuscitation usually abandoned if patient unresponsive to treatment within 60–90 min	Always needed. Maybe hours. Longest successful CPR 6 h 30 min [4]
Pulseless Electrical Activity (PEA)	Reflects myocardial damage. Inotropes and fluids may be needed, consider reversibility with tackling the 4Hs and 4Ts. May not be reversible if damage extensive	Due to cold myocardium. Reversed by rewarming
Likelihood of recurrence	Variable. Can be high e.g. if ongoing myocardial ischaemia	Once cardiac output is re-established by rewarming (> 30 °C), the heart remains stable
Prognosis	Poor	Generally good. Death may supervene due to illnesses which caused secondary hypothermia but not usually due to a cardiac problem

Kdy je srdeční zástava způsobena hypotermií?

(poznatky ze studie s 206 případy):

- u pacient s hypotermií, kteří jsou při vědomí, je vznik srdeční zástavy nepravděpodobný
- při teplotě tělesného jádra >30 °C samotná hypotermie srdeční zástavu nevyvolává, dochází k ní hlavně <28 °C, jen u 5 pacientů došlo k zástavě kolem 29 °C
- K asystolii nedochází při ≥25 °C – jestliže je přítomna, jde o *hypoxickou* srdeční zástavu (zasypání lavinou, utonutí), srdeční infarkt... před vznikem hypotermie, a prolongované resuscitační úsilí je neúčinné.
- Výskyt asystolie je ve 30 % případů, ne vždy jde o komorou fibrilaci.

Praktické aspekty resuscitace (CPR)

v případech hypotermické srdeční zástavy

- Flexibilita postupu (hlavní rozdíl od stavů normotermie).
- Nutnost dlouhodobé CPR, manuální způsob je vyčerpávající a vyžaduje střídání každé 2 minuty.
- CPR musí být dostatečně účinná a ideálně nepřerušovaná. Včasně nasazení mechanické CPR řeší problém únavy zachránců a CPR v průběhu transportu.

Frei C, Darocha T, Debaty G, Dami F, Blancher M, Carron PN, Oddo M, Pasquier M.: *Clinical characteristics and outcomes of witnessed hypothermia cardiac arrest: A systematic review on rescue collapse*. Resuscitation 2019, 137(4):41-48.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300957219300218>

Význam spolehlivého změření teploty tělesného jádra

1. Potvrzení diagnózy hypotermie.
2. Při ≤28 °C je vysoké riziko srdeční zástavy, ≥25 °C k zástavě při hypotermii nedochází.
3. Diferenciální diagnóza poruchy vědomí.
4. Vodítko pro CPR při srdeční zástavě.
5. Rozhodnutí o přímém transportu do centra s ECLS.

Léčení poruch srdečního rytmu při hypotermické srdeční zástavě

– ERC Guidelines 2020

1. Defibrilace
 - a. opakovaná defibrilace poškozuje myokard
 - b. mnohočetné pokusy jsou většinou neúspěšné
 - c. úspěšné pokusy jsou řídce
 - d. doporučení ERC: maximálně 3 pokusy
2. CPR
 - a. dobrou perfuzi mozku zajistí standardní postup 30:2
 - b. pomalejší CPR je bezdůvodná
 - c. přístrojové komprese hrudníku jsou nesmírně užitečné při dlouhotrvajícím kříšení a kříšení během transportu
3. Léky ALS
 - a. neúčinkují na chladný myokard
 - b. nepodávat, dokud teplota tělesného jádra nedosáhne na $>30^{\circ}\text{C}$
 - c. při teplotě $>30^{\circ}\text{C}$ mají být intervaly mezi dávkami léků dvojnásobné
4. Jakmile dojde k srdeční zástavě, je nepravděpodobné obnovení jakéhokoli srdečního rytmu, dokud není srdce zahřáto
 - a. v některých případech, zejména u dětí, nemusí být výraznější zahřátí nutné
5. U zahřátého srdce je obnovení rytmu celkem snadné.

Kapnografii nelze používat pro prognózu srdeční zástavy

- v těžké hypotermii je ET CO_2 vždy nízké
 - alveolo-arteriální gradient (ET $\text{CO}_2 \approx 33\text{--}50\%$ arteriální hodnoty)
 - změny perfuze plic
 - nízký krevní tlak (BP) vede k nízké end-tidal CO_2 (i v normotermii)
 - v hypotermii je tvorba CO_2 snížena
 - v srdeční zástavě není ani při účinné CPR dostatečné prokrvení tkání srovnatelně se spontánní srdeční činností, takže se do plic vrací méně CO_2
 - nízké ET CO_2 ve srovnání s krevními plyny při 37°C (rozdíl je menší, jestliže jsou krevní plyny korigovány na aktuální tělesnou teplotu)
- k restartování srdeční činnosti nedojde, dokud srdce není zahřáté

Tomasz Darocha, Sylwester Kosiński, Anna Jarosz, Paweł Podsiadło, Mirosław Ziętkiewicz, Tomasz Sanak, Robert Gałązkowski, Jacek Piątek, Janusz Konstanty-Kalandy, and Rafał Drwiła: *Should capnography be used as a guide for choosing a ventilation strategy in circulatory shock caused by severe hypothermia? Observational case-series study*. Scand J Trauma Res Emerg Med 2017, 25:15.

https://www.researchgate.net/publication/313782728_Should_capnography_be_used_as_a_guide_for_choosing_a_ventilation_strategy_in_circulatory_shock_caused_by_severe_hypothermia_Observational_case-series_study

Krevní plyny

- v těžké hypotermii se jedná o komplexní poruchu acido-bazické rovnováhy, způsobené postupnými změnami respirace, metabolismu, srdečního výdeje, diurézy, rozpustnosti CO₂ a O₂ v plasmě atd.
- přístroje pro měření krevních plynů pracují při 37 °C a
- naměřené hodnoty se posuzují pro teplotu 37 °C (hodnota *alpha-stat*), nikoli pro aktuální teplotu pacienta v hypotermii (*pH-stat*):
 - souvislost se zlepšením mozkové perfuze a výsledného neurologického stavu
 - není známo *normální* pH např. pro teplotu 24 °C

Odložená a intermitentní resuscitace

U těžké hypotermie se akceptuje

- odklad CPR a
- periodické přerušování CPR

jelikož:

- při teplotě <35 °C se metabolismus mozku snižuje o 6-10 % na 1 °C,
- což umožňuje chirurgům operovat 20-40 minut v srdeční zástavě;
- jsou reference o úspěšné intermitentní CPR u pacientů v hypotermii;
- umožňuje flexibilní postup při CPR;
- nebyla definována minimální dostatečná mozková cirkulace, není však nulová.

5 minut CPR, 5 minut pauza

jako poslední možnost u hypotermické srdeční zástavy
co nejdříve obnovit kontinuální CPR
nikdy nelze použít u srdeční zástavy z jiné příčiny

Les Gordon, Peter Paal, John A. Elerton, Hermann Brugger, Giles J. Peek, Ken Tafren: *Delayed and intermittent CPR for severe accidental hypothermia*. Resuscitation 2019, 90: 46-49.

<https://www.alpine-rescue.org/ikar-cisa/documents/2015/ikar20151113001864.pdf>

Postup u těžké hypotermie při nedostupnosti mimotělního oběhu (ECLS)

Informace pro cílovou nemocnici – informovat předem co nejdříve, aby zdravotnické zařízení mělo čas se připravit (mobilizace personálu a prostředků, nemusí mít praxi (léčebný protokol) pro léčení hypotermie):

- tělesná teplota pacienta
- příčina hypotermie
- trvání
- pohlaví a věk
- srdeční rytmus
- srdeční zástava za přítomnosti svědků / beze svědků
- (hladina draslíku, jde-li o transport ze zařízení bez ECLS do zařízení s ECLS)

**Doporučuje se
vytvořit si seznam, vzor**

Neúspěšnost a úspěšnost non-ECLS postupů

- Velké množství zpráv o zahřívání podchlazených v hypotermii $<28^{\circ}\text{C}$ bez použití mimotělního oběhu (postupy *non-ECLS*)
 - >200 případů jednotlivých a v sériích
 - několik nikoli historických kazuistik pochází z nedávných let
 - $\approx 40\%$ případů bylo se srdeční zástavou před nebo během zahřívání
 - zemřelo 20-30 %
 - většina přeživších se plně zotavila
- Problematika kazuistik
 - riziko chyb: referuje se jen o úspěšných případech
 - některé dokumentují fatální výsledek
 - není známo, kolik pokusů selhalo
- Nicméně velký počet úspěchů dokazuje, že je to možné.

Možnosti zahřívání bez mimotělního oběhu

Zevní zahřívání (povrchové)

Zahřívání vzduch (forced air)
Teplé přikrývky
Teplé zábaly
Horské slunce (arctic sun)
Sálavé teplo
Zvýšení teploty místnosti
Clinitron (bed)
Inkubátor (novorozenci)
Teplá (horká) koupel

Vnitřní zahřívání

Teplé infuze
Inhalační zahřívání
Laváž tělesných dutin
hrudní, peritoneální
žaludek, střevo, měchýř
Hemodialýza
Hemofiltrace
Endovaskulárně

Invazivní techniky se používají jen u pacientů nestabilních, se zástavou, nikoli při mírné hypotermii

Výhody zahřívání bez mimotělního oběhu

- Vyhovující
 - již existující dovednosti a vybavení v zařízení
 - pacient je již dopraven do zařízení
- Nižší náklady
- Zpravidla neinvazivní nebo minimálně invazivní
- Možnost korekce poruch elektrolytové rovnováhy, léků, aj. hemodialýzou
- Vhodnější použití zdrojů, např. pro seniory s významnými přidruženými nemocemi, kde hypotermie může být konečným stadiem nemoci

Nevýhody zahřívání bez mimotělního oběhu

- Pomalost
 - kazuistiky referují o rychlosti zahřívání $\approx 1-2\text{ }^{\circ}\text{C/h}$, kromě malých dětí
 - potenciálně problematické, jestliže se pomalým zahříváním včas nedosáhne „bezpečného teplotního rozmezí“, aby se pacient kardiiovaskulárně stabilizoval
 - laváže vyžadují desítky litrů teplých tekutin
- Nároky na velký počet personálu, zvláště při prolongované CPR
- Riziko orgánového poškození některými technikami –
 - hrudní laváž a infekce, pneumotorax atd.
 - peritoneální laváž a poškození střev
- Nejnebezpečnější fáze v okamžiku, kdy teplota mozku dosáhne $>28\text{ }^{\circ}\text{C}$, než se obnoví srdeční činnost.
- Dojde-li k srdeční zástavě, stane se zahřívání mnohem obtížnějším.
- Hemodialýza, resp. hemofiltrace funguje pouze při funkčním oběhu (srdečním výdeji) – při srdeční zástavě trvalá CPR.
- Laváž, zejména malých orgánů, např. močového měchýře je všeobecně pomalá:
 - tkáně jsou zahřívány vedením, nebo prouděním zahřívanou krví, která naopak zahřívá srdce.
 - Výhoda hrudní laváže je v přímém zahřívání srdečního svalu.
- Nutná prolongovaná CPR je spojená s možnými komplikacemi –
 - při nemožnosti trvalé CPR neexistuje náhrada, nedojde-li k spontánnímu obnovení oběhu.
- Po zahřátí není k dispozici kardiorepirační podpora.

Resumé:

1. Nejsou důkazy, že při hypotermii bez srdeční zástavy je zahřívání mimotělním oběhem výhodnější než postupy bez mimotělního oběhu.
2. Zahřívání bez mimotělního oběhu funguje, dokonce při srdeční zástavě, avšak do přímočarosti (dokonalosti) má daleko.
3. V reálním světě není vždy výběr:
 - a. záchranné složky dopraví pacienta do „nesprávné“ nemocnice, tj. do nejbližší, bez ECLS;
 - b. jsou případy, kdy ECLS nebyl dostupný, takže personál musel použít dostupné prostředky;
 - c. stav pacienta se může jevit stabilním a přejde do srdeční zástavy;
 - d. nedostupnost ECLS –
 - i. není zařízení, personál zaměstnán jiným případem; špatné počasí; etc.
 - ii. ECLS not deemed appropriate;
 - e. postup bez ECLS se využije k překlenutí doby do zajištění ECLS nebo jeho uvedení do provozu.

Používání zahřívání bez mimotělního oběhu vyžaduje organizaci:

- nemocnice má protokol pro léčení hypotermie,
- musí být schopna dlouhodobě léčit srdeční zástavu,
- mít k dispozici relevantní vybavení, disponovat příslušnými dovednostmi. Ideální je ověření, než je přivezen pacient.
- Péče je řízena vedoucím týmu
 - minimalizace omylů způsobených lidským faktorem
 - nasazení personálu na místě akce
- Připravenost hledat možnosti zajištění ECLS, protokol pro provedení transferu.

Obecné principy zahřívání v hypotermii

- **Není srdeční zástava**
 - Zaměřit se na **IR1** stabilizaci / zvýšení teploty srdce jako prevence srdeční zástavy
- **Srdeční zástava**
 - Zvýšení teploty myokardu urychlí ROSC. Zahřívát co nejrychleji, do ROSC
 - Kvalitní mechanická nebo manuální CPR
- **Ve všech případech**
 - Současné použití několika způsobů zahřívání, především trupu. Účinné jsou teplá peritoneální a zavřená hrudní laváž.
 - Důležitá je časná rehydratace, vyžaduje velké množství tekutin.
 - Pátrat po možných příčinách sekundární hypotermie a řešit je (zejména předávkování léků atd.).

Uzavřená laváž hrudníku

- Zahřívá dvakrát rychleji než laváž žaludku (laváž žaludku: 1-1,5 °C/h)
 - větší povrch
 - blízkost srdce
- Katetry 36 Fr: 2.-3. mezižebří medioklavikulárně + 4. v zadní axilární č.
- Účinnost přenosu tepla kolísá dle rychlosti průtoku a doby tekutiny v dutině.
- Způsob aplikace:
 - vstup nahoře, odtok dole, gravitace a sání tok zrychlí,
 - příliš rychlý průtok sníží účinnost přenosu tepla.
- Klinicky doporučená rychlost průtoku je 180-550 ml/min.
- Rychlost zahřívání je obecně vyšší než u peritoneální laváže – 3-6 °C.
- Během zahřívání je možná CPR.

Peritoneální laváž

- Poprvé použita roku 1967.
- Vyloučit akutní nitrobrříšní patologie a vyprázdnit močový měchýř.
- Zvážit předchozí operace (např. gynekologické) než se zvolí místo pro katetr.
- Infuze solného / Hartmannova roztoku / dialyzátu o teplotě 40 °C.
- Infuze 10-20 ml/kg tělesné hmotnosti, laváž 20-30 min.
- Obvyklá rychlost zahřívání je 1-3 °C/h.
- Užitečná technika i při předávkování léky apod.
- Superrychlé zahřívání solným roztokem 40 °C rychlou infuzí dvěma laparoskopickými porty se současným inhalačním zahříváním a CPR: 6,8 °C/h.

Gruber E, Beikircher W, Pizzinini R, Marsoner H, Pörnbacher M, Brugger H, Paal P. *Non-extracorporeal rewarming at a rate of 6.8°C per hour in a deeply hypothermic arrested patient*. Resuscitation. 2014 Aug;85(8):e119-20. doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.05.011. Epub 2014 May 16. PMID: 24842849. [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(14\)00530-9/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(14)00530-9/fulltext)

Rychlost zahřívání bez mimotělního oběhu (Non-ECLS)

- Pro žádnou zahřívací metodu nebyla definována optimální rychlost zahřívání pro resuscitaci pacientů se srdeční zástavou v hypotermii

Non-ECLS

- Malá kontrola rychlosti zahřívání
- Soubor 100 případů (90 % dospělých): 77 % zahříváno ≤ 2 °C/h.
- Obvykle nevyhnutelně pomalé, zvl. u dospělých, tudíž potřeba agresivního postupu. Možné je rychlejší zahřívání, u malých dětí, při laváži velkých tělesných dutin.
- Rychlejší zahřívání se preferuje u pacientů se srdeční zástavou.
- Existují důkazy, že velmi pomalé a odložené zahřívání je spojeno se špatnou prognózou.

Kazuistika: problémy když non-ECLS neprobíhá podle plánu

- Mimořádné vypětí 34personálu, jestliže není připraven.
- 34letá žena se srdeční zástavou na ambulanci.
- Na *emergency* jícnová teplota 20,7 °C.
- Okamžitě zahájeny komprese hrudníku *ZollAutoPulse*, které zajistily efektivní srdečný výdej a hmatnost pulsu na radiální tepně.
- Zahřívání inhalací+laváž močového měchýře+laváž žaludku, avšak po dvou hodinách je teplota tělesného jádra (Tj) 25 °C.
- Zahájena hemofiltrace, po dalších 2 hodinách (T=4,5 h) je Tj 28 °C, asystolie trvá.
- Selhává externí kardiostimulace. Vyčerpány baterie *AutoPulse* i personál.
- Po jednorázovém výboji 200 J krátká epizoda sinusového rytmu přechází do komorové fibrilace. Amiodaron. Po dalších 2 elektrošocích sinusová bradykardie.
- Po několika dnech propuštění domů – přežila jen díky šťastné náhodě.

Po zahřívání

- jsou někteří pacienti bez problémů a jsou propuštěni po několika málo dnech.
- Většina vyžaduje pobyt na JIP a
- v některých případech je pobyt na JIP delší.
- Může být zapotřebí delší rehabilitace.

Obecné problémy

- Sepsa
- Rhabdomyolýza
- Multiorgánové selhání
- Častá srdeční podpora

Důvody proč neodmítat zahřívání

HLUBOKÁ HYPOTERMIE PŘEDSTAVUJE PROBÍHAJÍCÍ EXTRÉMNÍ FYZIOLOGII

- pH
 - mnoho případů má dobrou prognózu i dosti <7 (zatím 6,2).
- Rychlost podchlazování
 - je významná pouze u tonutí a zasypaní v lavině,
 - je závislá na věku, teplotním gradientu, oděvu atd.
- Věk
 - existuje kazuistika 95letého pacienta zahřívávaného ECLS
- Předávkování léky a alkoholem
 - Možná výjimka u toxinů – např. paraquat; sedativa nejsou problémem
- Draslík
 - má význam jen jako možné kritérium pro triáž u zasypaní lavinou.
- Trvání srdeční zástavy
 - je irelevantní, pokud je prováděna resuscitace.
- Srdeční zástava beze svědků
 - představuje problematickou skupinu případů, k zástavě mohlo dojít i delší čas před nálezem / vyproštěním.
 - Důležitá anamnéza. Zástava → podchlazení (= *normotermická* zástava se špatnou prognózou), anebo podchlazení → zástava s dobrou prognózou.
 - Příklad: předávkování sedativy/alkoholem, bez regurgitace a aspirace. Naznačuje, že po usnutí došlo k hypotermii a k zástavě možná při manipulaci.
 - Primární hypotermie: srdeční zástava beze svědků s asystolií jako prvním nálezem na EKG NENÍ kontraindikací pro ECLS (ERC 2020).
 - Nejsou-li nepochybné známky smrti je nutné stav pečlivě zvážit, než je zahřívání zamítnuto.

Prognostické faktory hypotermické srdeční zástavy

- Hypoxie
- Pacient: věk, komorbidita, trauma
- Rychlost podchlazení
- Prostředí: vzduch, voda, sníh
- Okolnosti zástavy: svědek, tělesná teplota, předcházející hypoxie, odklad resuscitace, kvalita CPR.
- Management na místě zásahu, rychlost dopravy z místa
- Vzdálenost od nemocnice
- Umění personálu nemocnice zhodnotit speciální požadavky na léčení hypotermie / dostat požadavkům / vyrovnat se / zvládnout požadavky
- Dostupnost vybavení (ECLS či non-ECLS), schopnost provádět účinnou prolongovanou resuscitaci.

Osud pacienta po hypotermické srdeční zástavě

- Nejlepší prognózu mají zdravé osoby se svědkem zástavy
- Prognózu zhoršují současná onemocnění, vyšší věk, vznik uvnitř budov, tonutí, zástava beze svědků.
- Ve věku nad 60 let je hypotermická tolerance mozku při srdeční zástavě ve srovnání s dítětem poloviční (25 minut versus 40 minut).

Je nevyhnutelné, že někteří lidé se po zahřátí plně nezotaví. Nicméně statisticky je přežití bez neurologických následků:

- ve všeobecných nemocnicích bez ECLS 40 %,
- v zařízeních s ECMO/CPB obecně 50-70 % (někde 100 %).

Případy s vysokou úmrtností

- Závažné úrazy:
 - téměř 100% úmrtnost při teplotě tělního jádra $\leq 32^{\circ}\text{C}$,
 - avšak je několik případů úspěšného zahřívání při těžkém úrazu.

Daniel K. Ting and Douglas J.A. Brown: *Use of extracorporeal life support for active rewarming in a hypothermic, nonarrested patient with multiple trauma*. CMAJ 2018 June 11;190:E718-21. doi: 10.1503/cmaj.180117
<https://www.cmaj.ca/content/cmaj/190/23/E718.full.pdf>

Monika Brodmann Maeder et al.: *RE: Ting, D. K., & Brown, D. J. (2018). Use of extracorporeal life support for active rewarming in a hypothermic, nonarrested patient with multiple trauma*. CMAJ, 190(23), E718-E721
<https://www.cmaj.ca/content/190/23/E718/tab-e-letters>
 - Probíhá vojenský výzkum akutně ochladit osoby s těžkými úrazy a provedené život zachraňujících operací
- Situace, kdy hypotermii předchází normotermická srdeční zástava.

Některé případy překvapí:

- 65letý muž nalezen ve sněhu a dopraven do nemocnice.
- Nehmatný puls, neměřitelný krevní tlak, EKG <6 širokých QRS komplexů
- V nemocnici T močového měchýře 19,6 °C, ECHO bez srdečních stahů
- Záměrně nezahájeny komprese hrudníku („ochlazený myokard je příliš tuhý + neuroprotektivní efekt hypotermie“).
- Zahřáté přikrývky, intubace, zahřátý zvlhčený kyslík, teplé infuze. Malý účinek.
- Zavřená laváž hrudní dutiny zahájena 1 h 41 min po přijetí. Na ECHU slabé srdeční kontrakce. Progrese do hmatného tepu.
- Jakmile je obnoven oběh, jsou ostatní zákroky účinné. Teplota stoupá 1 °C/h a normalizace dosahuje 18,3 h po zahájení zahřívání. Bez následků.

Shrnutí pro praxi

- Zpracovaný protokol = kompetence personálu před konfrontací s případem.
- Hlavním problémem zotavení je mozek. Hypotermická srdeční zástava bez předcházející hypoxie má dobrou prognózu, jakmile se po zahřátí zotaví myokard.
- Neméně důležitý je stav myokardu – vysoká dráždivost podchlazeného myokardu. Nešetrnou manipulací lze stav slučitelný s přežitím snadno změnit v beznadějný.
- Zásady klinického managementu:
 - prověřit stav pacienta – stanovit smrt může být velmi obtížné,
 - při známkách života šetrné zacházení k minimalizaci vyvolání srdeční zástavy.
 - Standardní vysoce kvalitní resuscitace.
 - Zvážit případnou odloženou nebo přerušovanou resuscitaci.
 - Pamatovat, že léčení hypotermické zástavy se liší od normotermické.
 - Důraz na zahřátí srdce za použití veškerých možností.
 - Pacienty s kardiální instabilitou/zástavou směřovat do centra s ECLS.
 - Dojde-li k srdeční zástavě, je nutné prolongovaná resuscitace.
 - Problémy po zahřátí mohou být značné.

Mezinárodní registr pro hypotermii. Dr Beat Walpoth

International Hypothermia Registry – Dr Beat Walpoth



Přehled náhodné hypotermie

Účinky hypotermie

- Redukce spotřeby kyslíku
- Nedostatečný oběh
- Zvýšení propustnosti membrán (membrane leak syndrome)
- Respirační dysfunkce
- Koagulační poruchy
- Poruchy nervového systému

Kde je hranice hypotermie slučitelná s přežitím

- „Adas“ (= little Adam) 12,7 °C
- 280 minut = 4h40 CPR před CPB + 240 min = 4 h CPB celkem 8h40 nebo 520 min
- Přežití 47 až 100 %

Michael Wanscher et al.: *Outcome of accidental hypothermia with or without circulatory arrest. Experience from Danish Presto Fjord boating accident.* Resuscitation 2012, 83(9):1078-84

Výhody zahřívání s mimotělní podporou (ECLS)

- Zajištění perfuze a oxygenace orgánů
- Rychlé zahřívání ?
- Zahřívání tělesného jádra před periferií
- Rychlá metabolická korekce
- Zlepšení mikrocirkulace (hemodiluci)
- Detoxikace (diluční a filtrační)

Prognóza pacientů se srdeční zástavou v hluboké hypotermii léčených ECLS

Od záchrany do přežití

- Přežilo 15 z 32 pacientů s hypotermií <28 °C léčených kardiopulmonálním by-passem (CPB)
- Doba srdeční zástavy bez resuscitace 39 ± 53 minut (0-135)
- Doba srdeční zástavy při resuscitaci 151 ± 40 minut (89-130)
- CPB do obnovení sinusového rytmu 45 ± 56 minut (1-240)
- Celkově do obnovení sinusového rytmu 224 ± 71 minut (148-355)

Zahřívání periferní CPB

- Doba CPB 103 ± 46 (60-240) minut
- Počáteční jícnová teplota 21,9 ± 2,2 (19-25)
- Konečná jícnová teplota 35,1 ± 2 (32-38)
- RYCHLOST ZAHŘÍVÁNÍ 7,7 °C/h
- Sinusový rytmus při 32 °C u 7 spontánně, u 8 po defibrilaci

Komplikace po zahřívání (počet případů u n=15)

- otok plic 6
- pneumonie 2
- ARDS 2
- Pneumotorax 3
- Dysrytmie 1 perikarditis 1
- Anurie 3 hematurie 2
- Neurologické poruchy 9

Dlouhodobé následky – 5 let po léčení

- 10 dalších hospitalizací (40 dní)
- 8 trvalé problémy (117 dní)
- 13 návrat do zaměstnání
- 7 sňatky / děti

Důvody dobré prognózy

- Protektivní vliv hypotermie na mozek
- Nevyskytla se asfyxie (ač v jednom případě zasypání lavinou)
- Mladé a zdravé osoby (no homeless)
- Profesionální záchranná organizace
- Rychlá záchrana, CPR a léčení
- Zahřívání ECLS

Beat H Walpoth et al.: *Outcome of survivors of accidental deep Hypothermia and circulatory arrest treated with extracorporeal blood warming*. New Engl J Med 1997, 337(21):1500-5.

https://www.researchgate.net/publication/13862457_Outcome_of_Survivors_of_Accidental_Deep_Hypothermia_and_Circulatory_Arrest_Treated_with_Extracorporeal_Blood_Warming

Mezinárodní registr pro hypotermii

Důvody pro zřízení registru

- Neexistence registru
- Mírná hypotermie je běžná a není nebezpečná, případy těžké hypotermie nejsou časté, mají však vysokou úmrtnost. Jsou případy s příznivým výsledkem a fatální případy se skrývají v šedé zóně (blackbox)
- Práce v prostředí chladu a zvyšující nepřipravená rekreační aktivita
- Chybí doporučení podložená medicínou založenou na důkazech (EBM)
- Zlepšení přednemocniční a nemocniční diagnózy a léčby
- Vylepšení zahřívacích protokolů
- Dosáhnout lepší předpovědi (outcome)

Veškeré případy <32 °C z jakékoli příčiny a s jakýmkoli výsledkem

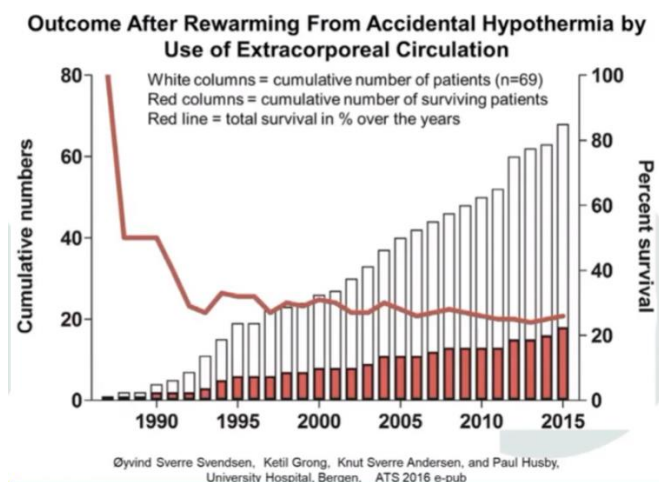
Výstupy z registru

- Statistiky, prognostická kritéria
- Doporučení pro prevenci, záchranu a léčení

Nevyřešené problémy

- Testování prognostických kritérií
 - pH <6,5, ACT >400 s: nepříznivá prognóza
 - vazoaktivní léky: nepříznivé
 - nízká PCO₂ a K⁺: přežití
 - HOPE Score
- Účinnost léků
 - Nepodávat adrenalinu <30 °C
 - Pozitivní efekt adrenalinu v experimentu na prasatech při 26,5 °C
- Problematika současné aplikace více zahřívacích metod
- Rychlost zahřívání a cílová teplota
 - Rychlé 8 °C/h, pomalé 4 °C/h
- Závažné komplikace po zahřívání
 - Plicní edém
 - Otok mozku, fokální deficity
 - Srdeční selhání, selhání jater, pancreatitis

V posledních 10 letech stagnace podílu přeživších



Výhody Mezinárodního registru pro hypotermii

- Založený na webových stránkách, volně přístupný, registrovaný web ve Švýcarsku, data jsou na serveru univerzitní nemocnice v Ženevě
- Anonymizovaná patientská data
- Standardizované údaje
- Shromáždění velkého počtu případů
- Statistická analýza a publikace: k datům má přístup pracovní skupina
- Zvýšení profesionálního povědomí
- 51 center, z nichž je však 80 % inaktivních. Více než 10 případů nahlášeno z Chamonix, Bernu, Innsbrucku, Krakova a Ženevy, k říjnu 2018 je k dispozici 240 případů

Výsledky analýzy dat 232 případů

(tabulky na vyžádání v knihovně SHM)

- Demografické údaje & etiologie hypotermie
- Nález z přednemocničního prostředí a srdeční zástava vs případy bez zástavy
 - Teplota (Oes, Re, Tymp), třes, asfyxie, svědek, intubace, Auto CPR, transport
- Srdeční rytmus & defibrilace
- Laboratorní hodnoty (pH, pCO₂, pO₂, BE, K⁺, La, trombinový čas, ACT) před a po zahřívání
- Srovnání zahřívacích metod: ECMO, CPB, neinvazivní, jiné
- Komplikace po zahřívání a výsledek
- Nejdéle trvající hypotermická srdeční zástava

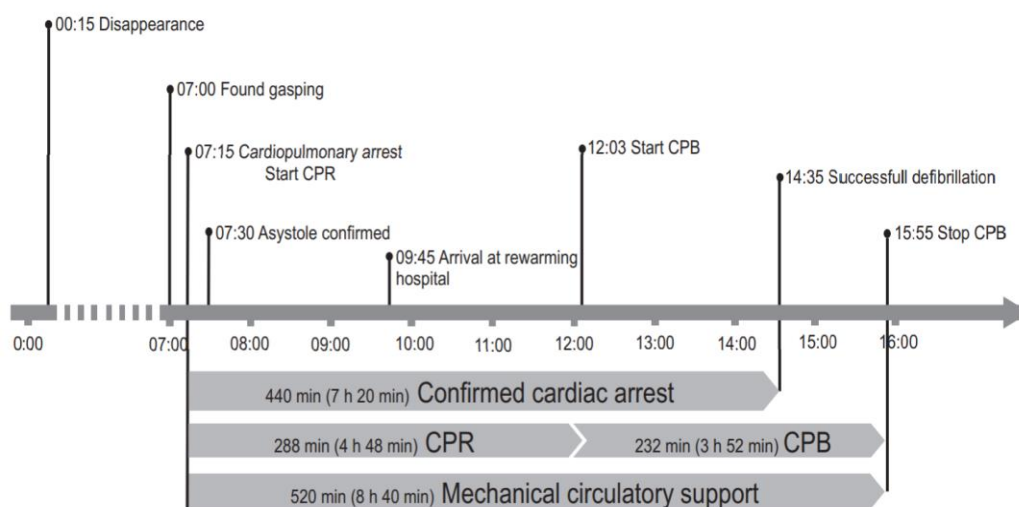
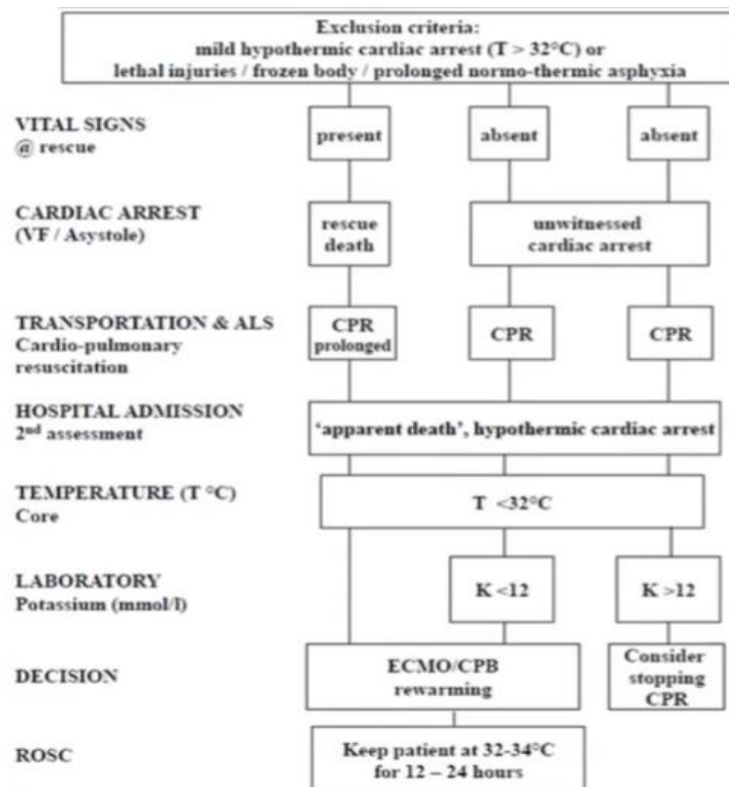


FIGURE 1. Resuscitation time line. CPR, Cardiopulmonary resuscitation; CPB, cardiopulmonary bypass.

Meyer M, Pelurson N, Khabiri E, Siegenthaler N, Walpoth BH: *Sequela-free long-term survival of a 65-year-old woman after 8 hours and 40 minutes of cardiac arrest from deep accidental hypothermia*. J Thorac Cardiovasc Surg. 2014 Jan;147(1):e1-2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.08.085. Epub 2013 Oct 28. PMID: 24176273. [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(13\)01087-8/pdf](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(13)01087-8/pdf)

Náhodná hypotermie se srdeční zástavou a potenciální asfyxií (lavina / utonutí)



Závěry

I. V terénu, přednemocniční fáze

- Třetina pacientů má srdeční zástavu, většina horské úrazy, zvláště zdraví muži.
- Asfyxie je dokumentována v 50 % pacientů se srdeční zástavou ve 28 % v přítomnosti svědků.
- Pacienti se srdeční zástavou mají významně nižší teplotu tělesného jádra (Tj) než pacienti bez zástavy: 22,3 °C vs. 28,3 °C.
- U pacient se zástavou byla asystolie byla dokumentována častěji než komorová fibrilace: 29 % vs. 21 %.

II. V nemocnici

- Invazivní zahřívání se provádí ve 2/3 případů pomocí ECLS.
- Srdeční zástava je přítomna v 70 % zahříváných prostřednictvím ECMO a v 90 % zahříváných CPB.
- Rychlost zahřívání pomocí CPB (4 °C/h) je ve srovnání s neinvazivním zahříváním (a ostatními způsoby) významně vyšší.
- Po invazivním zahřívání jsou častější plicní, neurologické a nefrologické komplikace.
- Laboratorní hodnoty jsou významně horší u pacientů se srdeční zástavou a/nebo invazivním zahříváním.

III. Mezinárodní registr pro hypotermii – <https://www.hypothermia-registry.org>

- Umožňuje shromažďování standardizovaného velkého počtu případů náhodné hypotermie (problémem jsou chybějící hodnoty).
- Analýzu dat provádí Pracovní skupina pro hypotermii (International Hypothermia Working Group) s cílem odpovědět na nevyřešené otázky a vypracovat doporučení pro nové algoritmy a směrnice.
- Přispívá ke zlepšení povědomí a znalostí, ke zlepšení léčebných postupů a pomáhá lékařům i pacientům.

Náhodná hypotermie z pohledu horské záchrany.

Dr Alastair Glennie a Dr Duncan Scott

Accidental Hypothermia from an Mountain Rescue Perspective – Dr Alastair Glennie and Dr Duncan Scott



Horské záchranné týmy ve Skotsku

- 28 dobrovolných záchranných týmů, 3 policie, 1 RAF, SARDA (North a South)
- Více než 1000 dobrovolníků
- Všichni jsou trénováni pro činnost v horách, ovládají lanové techniky a poskytování první pomoci
- Několik lékařů, paramediků a zdravotních sester
- Casualty Care Certificate
- V pohotovosti 24 / 7 / 365 za jakéhokoli počasí

Management lehké hypotermie (stadium I)

- Problém většiny pátracích akcí při nálezů postižených osob
- Zabránění tepelným ztrátám
 - úkryt v horách, ochrana před větrem (proti evaporaci)
 - foam matt – proti ztrátám vyzařováním
- Zahřátí oběti
 - Hypotermie I / Vyčerpání
 - jídlo a sladké nápoje
 - suchý teplý oděv chránící před větrem
 - zhodnotit zranění a stav vědomí

Zkušenosti s hodnocením v horách

- ochrana před vlivem prostředí, úkryt, přidání šatstva na oděv oběti, přítomnost záchranářů v úkrytu → postižení se rychle zahřeje
- hodnotit přítomnost zmatenosti ANO / NE
- schopnost dostatečné koordinace – schopnosti jíst a pít?
- v případě zmatenosti nakrmit a napojit sladkými nápoji, pak komplexní sacharidy, bude-li následovat dlouhá chůze, časté zastávky a příjem potravin

Management II. stupně hypotermie (stadium II)

- Oběť setrvává ve stavu zmatenosti, neschopná vyhovět jednoduchým výzvám
- Šetrné zacházení / manipulace
- Izolovat v plastovém záchranném vaku, uzavřeném v nohách a utěsněném kolem krku
- Organizace evakuace vrtulníkem

Management III. a IV. stupně hypotermie (stadium III a IV)

- Izolovat jako u stadia II
- Jakmile dovolí počasí evakuace vrtulníkem
- Informovat centrálu o potřebě přímého transportu do zařízení s ECLS

Příčiny hypotermie v horách Skotska

- Hlavní příčinou dezorientace, vyčerpání a následné hypotermie bývá spíše počasí než vzdálenost
- Expozice dešti a větru – charakteristické pro přímořské podnebí – jsou často vyvolávající příčinou hypotermie
- Laviny, akumulace sněhu při větru, často mokrého (přimořské podnebí se liší od suchého kontinentálního)

Závěry

- Na túrách v horách může dojít k hypotermii / exposure.
- Před transportem na nosítkách je nutné podchlazenou osobu tepelně izolovat, uložit do vaku (insulated casualty bag).
- Laviny jsou ve Skotsku častější, než je povědomí, avšak relativně zřídka dojde k úplnému zasypaní.
- Centrální systém pro koordinaci a transport
- Spolupráce se zkušenými profesionály ve zdravotní péči je proměnlivá, avšak velká traumatologická síť zajišťuje dobrý přístup a koordinovanou reakci

Kritická rozhodnutí – aplikace triáže obětí těžkého podchlazení. – Dr Pete Davis

Critical Decisions – Applied Triage for Victims of Severe Accidental Hypothermia – Dr Pete Davis



Hromadná hypotermie v Dánsku 2011

Připomenut známý hromadný případ hypotermie při převržení lodi s 15 osobami větrem dne 11. února 2011 severně od Præstø v Dánsku.

Teplota vody 2 °C. EMS uvědoměna po 80 minutách. Jedna osoba utonula, u 14 hypotermie, u poloviny srdeční zástava.

- 7 obětí se spontánním oběhem transportováno do 4 nejbližších nemocnic
 - medián teploty tělesného jádra (Tj) 23,0-37,5 °C
 - zahřívání neinvazivně
- 1 oběť s asystolií do nejbližší nemocnice,
 - která nedisponovala ECLS
 - trvalý ALS
 - vrtulníkem dopravena přenosná ECMO,
 - zahájeno zahřívání ECMO v čase 3 h 50 min od expozice
- 6 obětí v asystolii / VF / PEA
 - dopraveno letecky přímo k ECLS do Kodaně během 20 minut
 - medián teploty tělesného jádra (Tj) 15,5-20,2 °C

- všichni propuštěni z nemocnice 10. až 17. den
 - pozitivní funkční výsledek u 6 ze 7 osob se srdeční zástavou
 - u jednoho neuro-rehabilitace

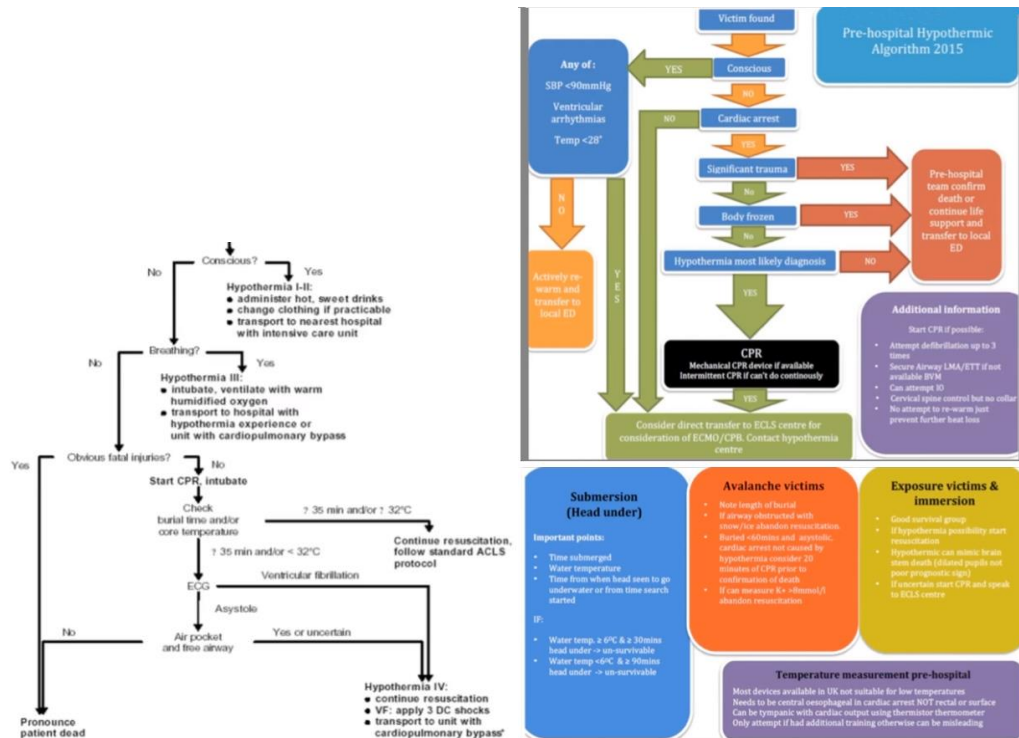
Michael Wanscher et al.: *Outcome of accidental hypothermia with or without circulatory arrest. Experience from Danish Presto Fjord boating accident.* Resuscitation 2012, 83(9):1078-84

Algoritmy postupu při hypotermii

Historický algoritmus

Algoritmus léčení hypotermie 2015

Postup u pacienta vyproštěného z laviny



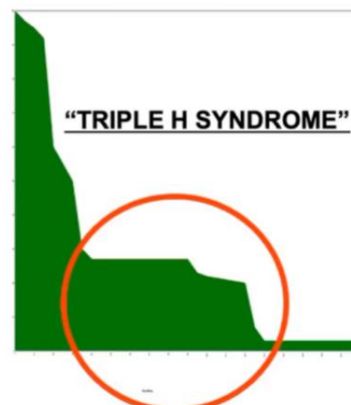
Zasypání lavinou

PŘÍČINA SMRTI

- 20 % úmrtí v první fázi po stržení lavinou je TRAUMA
 - • lebka • hrudník • břicho • končetiny
- 70-80 % úmrtí UDUŠENÍ (asfyxie)
 - Komprese
 - Obstrukce
 - Trauma dýchacího ústrojí

FÁZE PO ZASYPÁNÍ

- Přežití 0 - 18. minuta
- Asfyxie 19. - 35. minuta
- Latentní 36. - 120. minuta
- Dlouhodobé přežití >120. minuta



Hospitalizace osob zasypaných lavinou

- příjem k pozorování na 24 hodin vzhledem k možnosti pozdních komplikací:
 - respirační komplikace: aspirační pneumonie, plicní edém

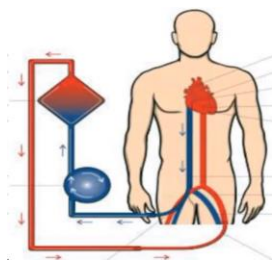
ERC Guidelines 2015

- 84 obětí zasypaní lavinou se srdeční zástavou během 16 let, studie:
 - Mair* 1987-2013 1,75 případů/rok
 - Hilmo** (2014) 1985-2013 0,2 případů/rok
 - Bouè*** 1994-2013 2,7 případů/rok
 - ve všech případech – srdeční zástava v přítomnosti svědků
 - v literatuře 1 případ asystolie bez svědků s dlouhodobým přežitím****
 - *Mair et al. 2014, Hilmo et al. 2014, Bouè et al. 2014, ****Althaus 1982
- Message 1: srdeční zástava + zasypaní ≥ 60 min (≥ 30 °C)
- NEhypotermická srdeční zástava → CPR + ALS 20 minut
- Message 2: srdeční zástava + zasypaní > 60 min + volné dýchací cesty
- Suspektní hypotermie → kontinuální/intermitentní CPR → transport k ECLS (K⁺?)
- Message 3: asystolie (EKG) + zasypaní > 60 min + neprůchodné dýchací cesty
- Smrt z asfyxie – Neresuscitovat
- Message 4: teplota vody > 6 °C + utonutí > 30 min
- Zbytečná resuscitace – pacient zemřel utonutím
- Message 5: teplota vody < 6 °C + utonutí > 90 min
- Zbytečná resuscitace – pacient zemřel utonutím

Jaký vliv má přednemocniční ošetření na zahřívání v nemocnici? Dr Ian Scott

How Prehospital Management Influences Hospital Rewarming

Periferní venoarteriální mimotělová membránová oxygenace (Peripheral VA ECMO)



LAVINA Indikace ukončení resuscitace

- zasypaní > 60 min + asystolie, kterou nezpůsobila hypotermie
- hladina K⁺ > 8 mmol/l
- významné trauma

Faktory svědčící pro přežití

- vzduchová kapsa před obličejem
- komorová fibrilace / komorová tachykardie / pulseless electrical activity
- skromný oděv
- hustota sněhu

(U)TONUTÍ – Důležité faktory

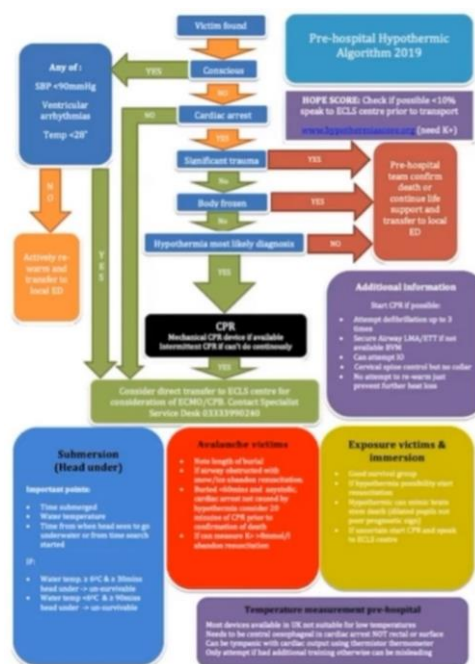
- doba ponoření
- teplota vody

Jak dlouho lze přežít pod vodou

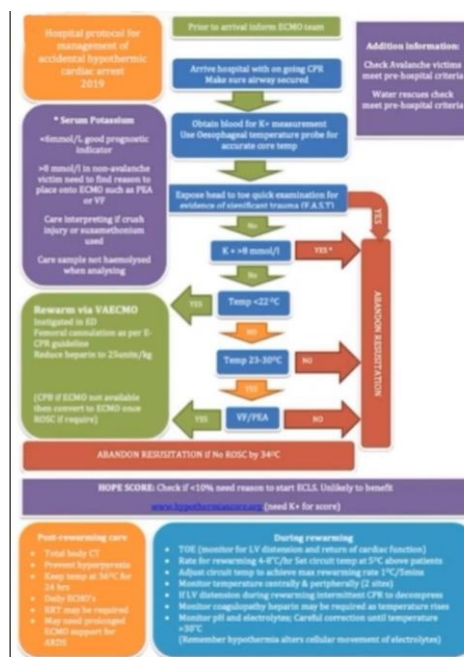
- teplota vody $\geq 6^\circ\text{C}$ & ≥ 30 min
- teplota vody $< 6^\circ\text{C}$ & ≥ 90 min

Algoritmus 2019

Pre-hospital Hypothermic Algorithm 2019

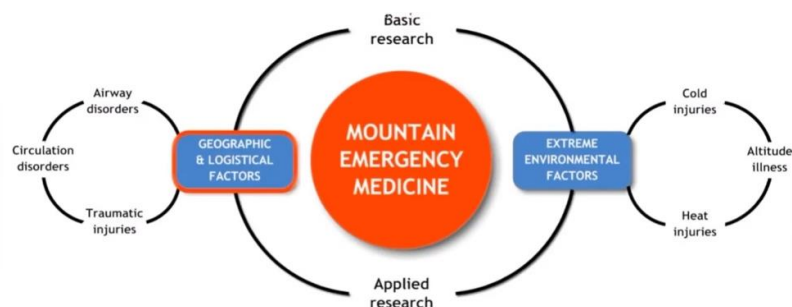


Hospital protocol for management of accidental hypothermic cardiac arrest 2019

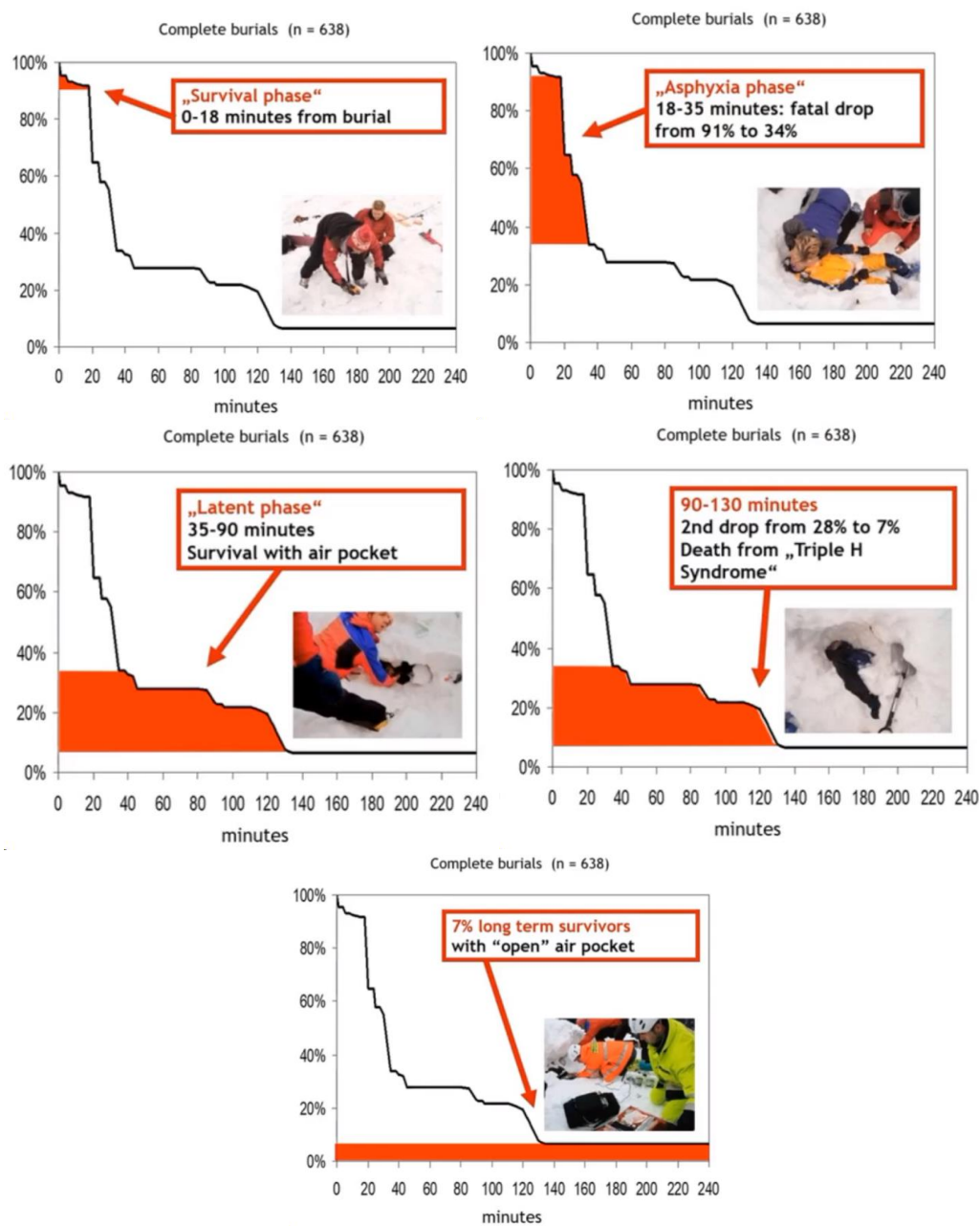


Ošetření obětí podchlazení v terénu – aktualizace 2021. Dr Hermann Brugger

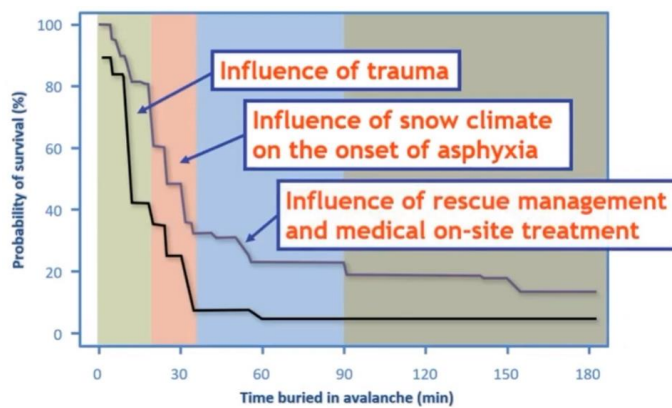
On-site Management of Avalanche Victims – Update 2021. – Dr Hermann Brugger



Přežití zasypání lavinou (data ze Švýcarska)



Srovnání přežití zasypání lavinou Kanada versus Švýcarsku



Studie o hustotě sněhu 2017

- Vzestup CO₂ a pokles O₂ ve vzduchové kapse ve vztahu k hustotě sněhu
- Vliv hypoxie a hyperkapnie na kyslíkovou saturaci v mozku při zasypání lavinou

Triple H Study 2010

- Akutní hypotermie může ochránit při zasypání lavinou před udušením
- Hladina draslíku je prognostickým ukazatelem přežití

Kazuistika

- 11:15 → 100 min
Zasypání lavinou 100 minut v hloubce 3 m, přítomna vzduchová kapsa, pacient nereaguje, spontánně dýchá, tepová frekvence 60/min, teplota těl. jádra 22 °C
- 11:30 → 1 h 55 min
- 11:55 → 2 h 20 min → komorová fibrilace → 15 min bez CPR (vrtulníkem)
- 12:20 → 2 h 45 min hladina draslíku 4,3 mmol/l
- CPB – femorální veno-arteriální by-pass, CT 24 °C → 34 °C, úspěšná defibrilace

Dlouhodobé přežití při průchodných dýchacích cestách + / - vzduchové kapse (n=179)

Doba zasypání	Vzduchová kapsa	Přežilo n (%)	Zemřelo n (%)	p
≤ 15 min	NE	25 (69)	11 (31)	<0,001
	ANO	122 (95)	6 (5)	
> 15 min	NE	3 (4)	63 (96)	<0,001
	ANO	29 (67)	14 (33)	

Emily Procter, Giacomo Strapazzon, Tomas Dal Cappello, Benjamin Zweifel, Andreas Würtele, Andreas Renner, Markus Falka, Hermann Brugger: *Burial duration, depth and air pocket explain avalanche survival patterns in Austria and Switzerland*. Resuscitation 2016, 105: 173-176

Poslední studie o přežití zasypaných lavinou se srdeční zástavou

léčených mimotělním zahříváním (ECLS)

- Rakousko 1987-2013 n=28 2/28 7,1 % přežilo*
- Norsko 1985-2013 n=8 0/8 0 % přežilo**
- Francie 1994-2013 n=48 8/48 16,6 přežilo***

Průměrné přežití v lavině 11,8 % tj. podstatně méně často než obecně u hypotermie (47-100 %)****

*Mair et al. 2014, Hilmo et al. 2014, Bouè et al. 2014, ****Brown et al. 2012

Peter Mair, Hermann Brugger, Birgit Mair, Luca Moroder, Elfriede Ruttmann: *Is extracorporeal rewarming indicated in avalanche victims with unwitnessed hypothermic cardiorespiratory arrest?* High Alt Med Biol 2014, 15(4):500-3.

<https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ham.2014.1066?journalCode=ham>

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 Sep;85(9):1204-11. doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.04.029. Epub 2014 Jun 2. PMID: 24882104.

[https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(14\)00524-3/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(14)00524-3/fulltext)

Boué Y, Payen JF, Torres JP, Blancher M, Bouzat P. Full neurologic recovery after prolonged avalanche burial and cardiac arrest. *High Alt Med Biol*. 2014 Dec;15(4):522-3. doi: 10.1089/ham.2014.1082. PMID: 25313580.

<https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ham.2014.1082>

Douglas J.A. Brown, Hermann Brugger, Jeff Boyd, Peter Paal: *Accidental Hypothermia (Current Concepts)*. *N Engl J Med* 2012;367:1930-8.

<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMr1114208?downloadfile=showPdf&doi=10.1056/NEJMr1114208>

Příčina smrti při zasypání lavinou (dle pitevních nálezů)

	asfyxie	trauma	hypothermie	celkem
Tough 1993	14 (93,3 %)	1 (6,7 %)	0 (0 %)	15 (100 %)
McIntosh2007	53 (94,6 %)	3 (5,4 %)	0 (0 %)	56 (100 %)
Hohlrieder 2007	33 (91,7 %)	2 (5,5 %)	1 (2,8 %)	36 (100 %)
Boyd 2009	154 (75 %)	48 (24 %)	2 (1 %)	204 (100 %)
Celkem	254 (81,7 %)	54 (17,3 %)	3 (1,0 %)	311 (100 %)

Tough SC, Butt JC. A review of 19 fatal injuries associated with backcountry skiing.

The American Journal of Forensic Medicine and Pathology. 1993 Mar;14(1):17-21.

DOI: 10.1097/00000433-199303000-00004.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8493962/>

McIntosh SE, Grissom CK, Olivares CR, Kim HS, Tremper B. Cause of death in avalanche fatalities. *Wilderness Environ Med*. 2007 Winter;18(4):293-7. doi: 10.1580/07-WEME-OR-092R1.1. PMID: 18076300.

[https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(07\)70258-2/pdf](https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(07)70258-2/pdf)

Hohlrieder M, Brugger H, Schubert HM, Pavlic M, Ellerton J, Mair P. Pattern and severity of injury in avalanche victims. *High Alt Med Biol*. 2007 Spring;8(1):56-61. doi: 10.1089/ham.2006.0815. PMID: 17394418.

https://www.researchgate.net/publication/51377819_Pattern_And_Severity_of_Injury_in_Avalanche_Victims

Boyd J, Haegeli P, Abu-Laban RB, Shuster M, Butt JC. Patterns of death among avalanche fatalities: a 21-year review. *CMAJ*. 2009;180(5):507-512. doi:10.1503/cmaj.081327-

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2645441/>

Brugger H, Etter HJ, Boyd J, Falk M. Causes of death from avalanche. *Wilderness Environ Med*. 2009 Spring;20(1):93-6. doi: 10.1580/08-WEME-LE-235.1. PMID: 19364175.

[https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032\(09\)70096-1/fulltext](https://www.wemjournal.org/article/S1080-6032(09)70096-1/fulltext)

Brugger H. Should strategies for care of avalanche victims change? *CMAJ*. 2009 Mar 3;180(5):491-2. doi: 10.1503/cmaj.090085. Epub 2009 Feb 12. PMID: 19213800; PMCID: PMC2645458.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2645458/>

Svépomocná záchrana – versus organizovaná záchranná akce

- Vyproštění svědky zasypání lavinou má úspěšnost 74 %, avšak vyhrabání po přiletu vrtulníku již jen 19 % ($p=0,0002$)
- TIME is LIFE: pátrání 3-5 minut, vyhrabání 10-15 minut
- Resuscitace: KOMPLETNÍ CPR, samotné komprese hrudníku zde nestačí

Peter Mair, Christian Frimmel, Gernot Vergeiner, Matthias Hohlrieder, Luca Moroder, Peter Hoesl, Wolfgang Voelckel: *Emergency medical helicopter operations for avalanche Accidents*. Resuscitation, 2013, 84(4):492-495.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300957212007976?casa_token=WdDgiazHWzwAAAAA:qWm8qudX9goJb8LqTVnpCZ4777KsZVCZ9Wnx0SF360TJSred4SDsKGDM8WmcF49lXniKfgeH8ms

Organizovaná záchrana

- Riziko a zisk musí být v rovnováze
- Zhodnotit riziko pro záchranáře
- Zpočátku akceptace většího, v průběhu akce méně
- Na laviništi co nejdříve lékaře a psy (DOC and DOGS!)
- VYBAVENÍ!
 - CT teploměr
 - Zahřívací baličky (Heat Packs)
 - Metalizované fólie
 - Přikrývky / bubble wraps
 - Horké oslazené nápoje
- KOMPLETNÍ ZIMNÍ VÝBAVA!
 - teplý oděv, čepice, rukavice
 - obuv
 - lyže nebo sněžnice
 - lavinové vyhledávače
 - airbag

Vývoj algoritmů pro postup při lavinové záchrane 1996-2018

- kdy zahájit resuscitaci?
- Které pacienty transportovat k mimotělnímu zahřívání (ECLS)

Prognostické faktory

- průchodnost dýchacích cest
- doba kompletního zasypání
- teplota tělesného jádra
- hladina draslíku v séru

Jeff Boyd, Hermann Brugger, Michael Shuster. *Prognostic factors in avalanche resuscitation: A systematic Review*. Resuscitation 2010, 81(1):645-652

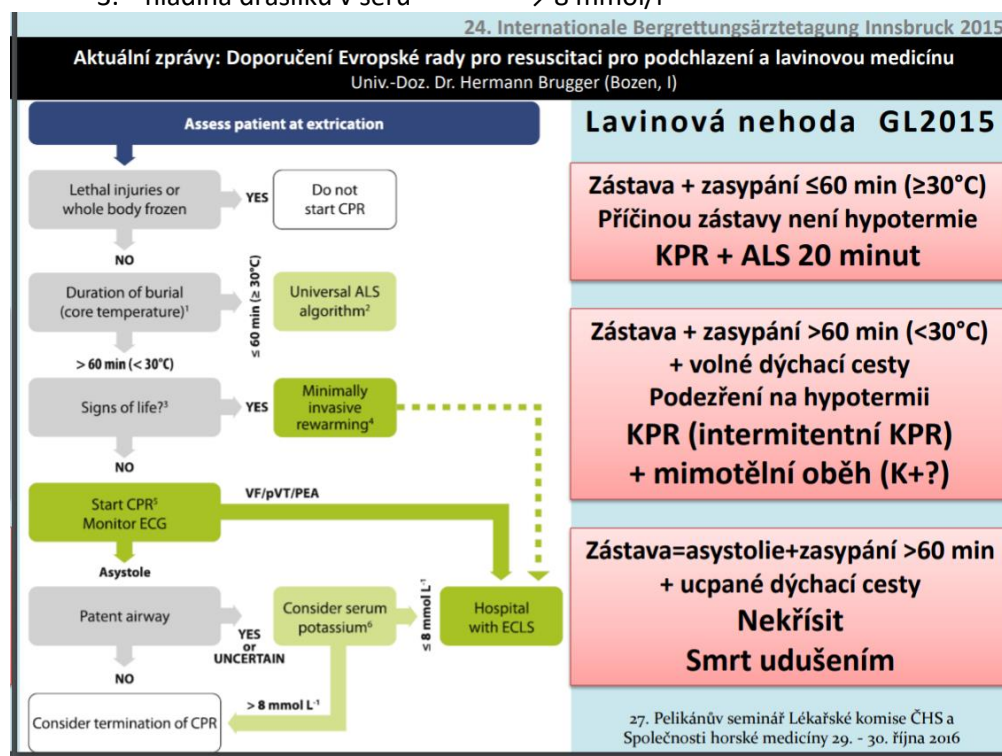
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030095721000136X>

On-site Treatment of avalanche victims 2015

CoSTR – Consensus of Science and Treatment Recommendations ERC 2015

Kritéria pro mimotělní zahřívání (ECLS)

1. doba kompletního zasypání → 60 minut
2. teplota tělesného jádra → 30 °C
3. hladina draslíku v séru → 8 mmol/l



<http://www.horska-medicina.cz/wp-content/uploads/PelSem2016.pdf>, s. 623

Úplné zasypání

- ≤ 60 minut = suspektní asfyxie
 - ALS minimálně 20 minut
- > 60 minut
 - blokové dýchací cesty + asystolie
 - bez CPR
 - volné dýchací cesty + vzduchová kapsa = suspektní hypotermie
 - šetrné vyproštění – vyhrabání
 - léčení hypotermie
 - kyslík
 - EKG
 - změření teploty tělesného jádra
 - v zevním zvukovodu nebo v jícnu
 - tepelná izolace celého těla
- ❖ SOMNOLENTNÍ / NEREAGUJÍCÍ PACIENT = hypotermie II-III
 - péče o dýchací cesty a dýchání (advanced airway management)
 - bezodkladně i.v. nebo intraoseální přístup
 - do vybavené nemocnice (advanced rewarming)
 - při nestabilním oběhu do zařízení s mimotělním oběhem
- ❖ KOMOROVÁ FIBRILACE
 - 3 elektrošoky, není-li úspěch → CPR, transport kECLS

- Message 1: srdeční zástava + zasypaní ≤60 min (≥30 °C)
 - NEhypotermická srdeční zástava → CPR + ALS 20 minut
- Message 2: srdeční zástava + zasypaní >60 min + volné dýchací cesty
 - Suspektní hypotermie → kontinuální/intermitentní CPR →
→ transport k ECLS (K⁺? HOPE?)
- Message 3: asystolie (EKG) + zasypaní >60 min + neprůchodné dýchací cesty
 - Smrt z asfyxie – Neresuscitovat

*„Žádná podchlazená lavinová oběť s průchodnými dýchacími cestami
není mrtvá, dokud není zahřátá a mrtvá“*

Řešené problémy a výhledy do budoucnosti

Malý počet probandů ve studiích

Métraiiller-Mermoud J, Hugli O, Carron PN, Kottmann A, Frochoux V, Zen-Ruffinen G, Pasquier M. *Avalanche victims in cardiac arrest are unlikely to survive despite adherence to medical guidelines*. Resuscitation. 2019, 141:35-43. doi: 10.1016/j.resuscitation.2019.05.037. Epub 2019 Jun 8. PMID: 31185258.

Hermann Brugger, Giacomo Strapazzon, Bernd Wallner, Peter Paal. *Low incidence of avalanche victims in cardiac arrest calls for multi-centre studies and registries for the validation of resuscitation Guidelines*. Resuscitation 2019, 144,: 195-196

[https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(19\)30599-4/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(19)30599-4/fulltext)

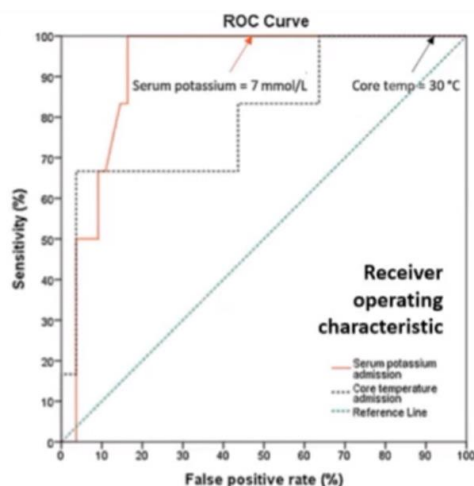
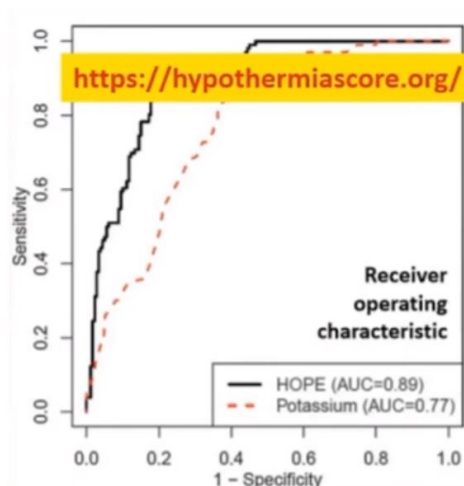
Pasquier M, Hugli O. *Reply to: Low incidence of avalanche victims in cardiac arrest calls for multi-centre studies and registries for the validation of resuscitation guidelines*. Resuscitation. 2019, 144:197-198. doi: 10.1016/j.resuscitation.2019.08.037. Epub 2019 Sep 9. PMID: 31513864.

[https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(19\)30601-X/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(19)30601-X/fulltext)

Avalanche Resuscitation checklist

International Avalanche Registry

HOPE score – náhodná hypotermie se srdeční zástavou



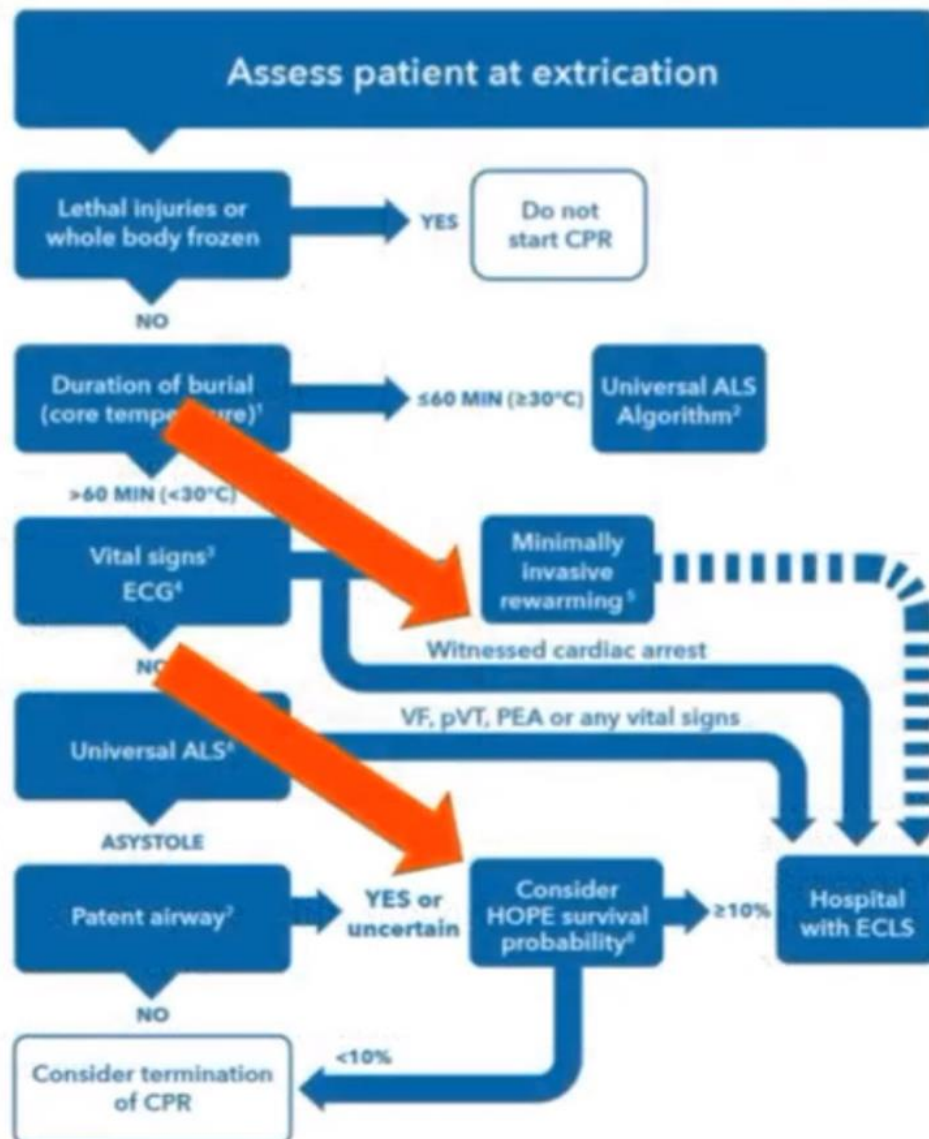
Pasquier M, Hugli O, Paal P, Darocha T, Blancher M, Husby P, Silfvast T, Carron PN, Rousson V. *Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: The HOPE score*. Resuscitation. 2018 May;126:58-64. doi: 10.1016/j.resuscitation.2018.02.026. Epub 2018 Mar 2. PMID: 29481910.

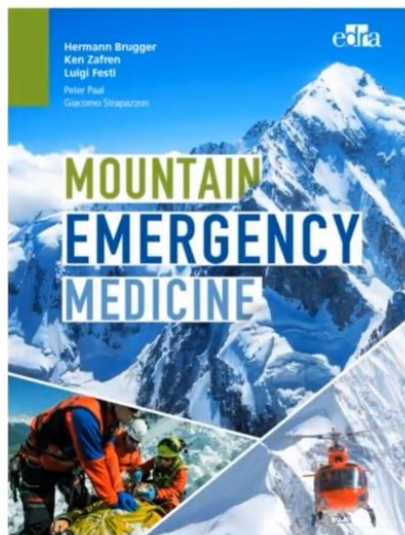
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/300211/1_s2.0_S0300957218300947_main.pdf;jsessionid=987A08CAA6DCB2DC4A47DAFCC920E957?sequence=1

Pasquier M, Rousson V, Darocha T, Bouzat P, Kosiński S, Sawamoto K, Champigneulle B, Wiberg S, Wanscher MCJ, Brodmann Maeder M, Paal P, Hugli O. *Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: An external validation of the HOPE score*. Resuscitation. 2019 Jun;139:321-328. doi: 10.1016/j.resuscitation. 2019.03.017. Epub 2019 Mar 30. PMID: 30940473. https://www.researchgate.net/publication/332296860_Hypothermia_outcome_prediction_after_extracorporeal_life_support_for_hypothermic_cardiac_arrest_patients_An_external_validation_of_the_HOPE_score

Brugger H, Bouzat P, Pasquier M, Mair P, Fieler J, Darocha T, Blancher M, de Riedmatten M, Falk M, Paal P, Strapazzon G, Zafren K, Brodmann Maeder M. *Cut-off values of serum potassium and core temperature at hospital admission for extracorporeal rewarming of avalanche victims in cardiac arrest: A retrospective multi-centre study*. Resuscitation. 2019 Jun;139:222-229. doi: 10.1016/j.resuscitation.2019.04.025. Epub 2019 Apr 22. PMID: 31022496. https://www.researchgate.net/publication/332587951_Cut-off_values_of_serum_potassium_and_core_temperature_at_hospital_admission_for_extracorporeal_rewarming_of_avalanche_victims_in_cardiac_arrest_A_retrospective_multi-centre_study

Avalanche Rescue – European Resuscitation Council 2021





Available at:

<https://www.amazon.com>

<https://www.edizioniedra.it>

"In **Mountain Emergency Medicine** is found the sum of all important research and experience in mountain medicine. Indispensable for all mountaineers, health care providers and mountain rescue doctors."

Reinhold Messner

Thank you

