

Akcidentální hypotermie up-to-date

Jana Kubalová

Zdravotnická záchranná služba Zlínského kraje

XXIX. Kongres ČSARIM, 7. října 2023

FAKTA O AKCIDENTÁLNÍ HYPOTERMII

- Centrální tělesná teplota $< 35\text{ °C}$
- Primární/ sekundární HT
- Multiorgánové škodlivé působení
- Letální triáda (hypotermie, acidóza, koagulopatie)



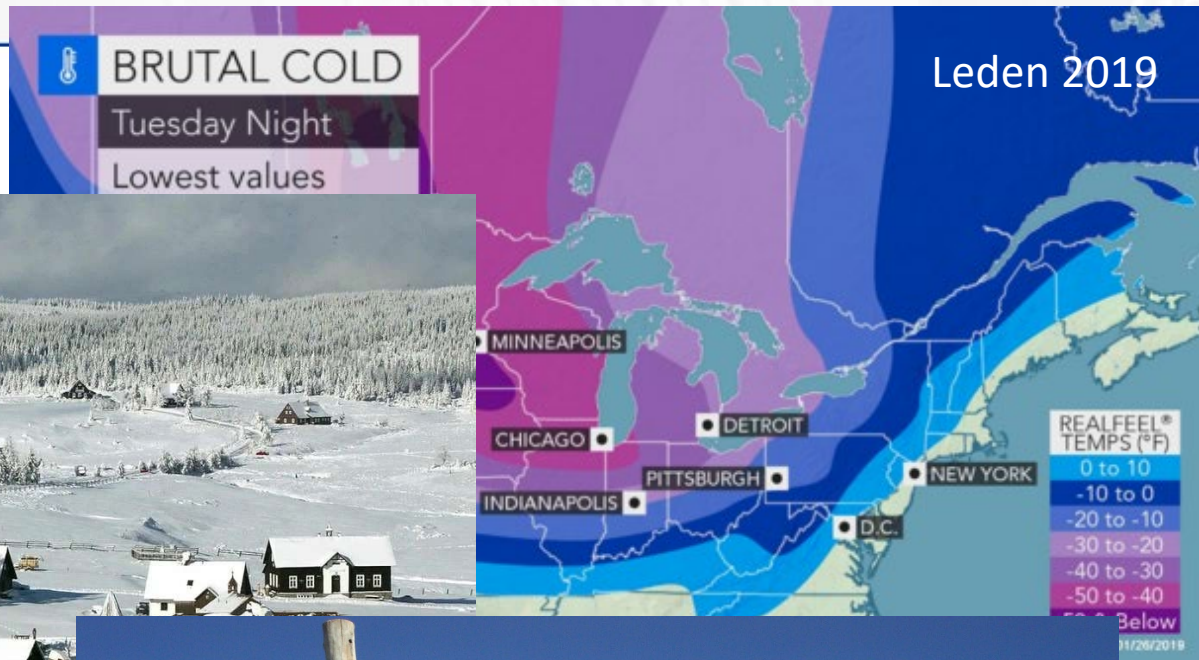
Table 1. Conditions associated with secondary hypothermia, adapted from [3]. Subtitles are marked in italics. Reprinted with permission.

Impaired Thermoregulation	Decreased Heat Production	Increased Heat Loss
<i>Central nervous system failure</i>	<i>Endocrine failure</i>	<i>Dermatologic illness</i>
Anorexia nervosa	Alcoholic or diabetic ketoacidosis	Burns
Stroke	Hypoadrenalism	Induced vasodilation
Traumatic brain injury	Hypopituitarism	Medications and toxins
Hypothalamic dysfunction	Lactic acidosis	
Metabolic failure		<i>Iatrogenic</i>
Neoplasm	<i>Insufficient fuel</i>	Emergency childbirth (possibly without prevention of hypothermia)
Parkinson's disease	Extreme physical exertion	Cold infusions
Pharmacologic effects (anaesthetic drugs)	Hypoglycaemia	Heat-stroke treatment
Stroke, haemorrhagic or ischaemic	Malnutrition	
Toxins		<i>Other associated clinical states</i>
	<i>Neuromuscular compromise</i>	Carcinomatosis
<i>Peripheral failure</i>	Extremes of age	Cardiopulmonary diseases
Acute spinal cord transection	Impaired shivering	Major infections
Peripheral neuropathy	Inactivity	Multiple trauma
		Shock

Měsíční staniční data za rok 2023

Průměrná měsíční teplota [°C]

Stanice				
	I.	II.	III.	IV.
Brno, Tuřany	3,1	2,8	6,3	8,6
Cheb	2,2			
Churáňov	-1,4			
České Budějovice	3,0			
Doksany	3,4			
Holešov	2,8			
Hradec Králové	3,0			
Karlovy Vary	1,3			
Kocelovice	1,9			
Kostelní Myslová	1,3			
Košetice	1,8			
Kuchařovice	2,8			
Liberec	2,1			
Lysá h				
Mošno				
Nová V				
Olomo				
Pec po				
Plzeň,				
Praha,				
Praha,				
Přimda				
Semčic				
Strážn				
Světlá				
Svrato				
Šumpe				
Tábor				
Ústí na				
Ústí na				
Velké Meziříčí	1,7	0,9	4,4	6,5



Leden 2019



ORIGINAL RESEARCH

Open Access

Accidental hypothermia in Poland – estimation of prevalence, diagnostic methods and treatment

Sylwester Kosiński^{1,2}, Tomasz Darocha^{3,4*}, Robert Gałązkowski⁵ and Rafał Drwiła^{3,4}

- Osloveno 223 ER, 14 otázek: incidence, metody stanovení dg., rizikové faktory vzniku, metody ohřívání
- Studie data - ze 42 ER v Polsku (5 305 000 obyvatel)
- Prevalence 5.05 případů/100 000 obyv. (4x vyšší, než oficiální statistiky)
- Pouze 25% (n = 268) MKN dg. související s hypotermií
- Nejčastější příčina: expozice chladu s abúzem alkoholu (68%)
- Měření teploty na periférii: 57% (hl. axila), centrální teplota: 29% (hl. rektum) = pouze 1/3!
- Lehká HT 75,5%, střední 16,5%, těžká 8% , KPR 7,5%
- Léčba: teplé iv infuze 83,5%, aktivní zevní ohřívání 70%, ECMO 0%

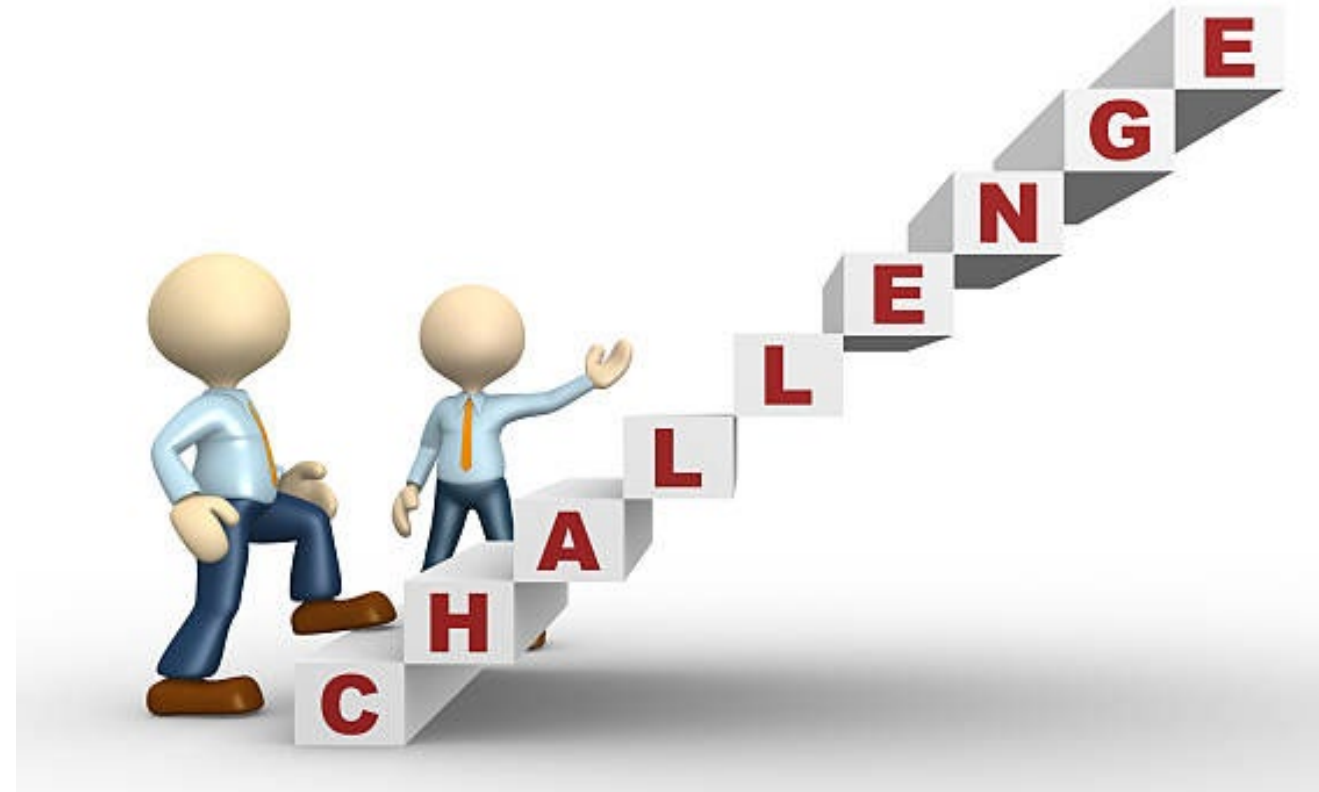
Otázka č. 1: Co nejvíce urychluje prochládnání?

1. Sníh (zasypání sněhem)
2. Ponoření do studené vody
3. Vítr (proudění)



Jak stanovit hypotermii (OHCA + IHCA)

- Expozice chladu, predispozice
- Pohmatem na trup postiženého
- Evaluace vitálních funkcí
- Měření teploty





Available online at www.sciencedirect.com
Resuscitation
journal homepage: www.elsevier.com/locate/resuscitation



Revidované Švýcarské skórování

Commentary and concepts

Clinical staging of accidental hypothermia: The Revised Swiss System Recommendation of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom)



Martin E. Musi^{a,b,*}, Alison Sheets^{a,b,c}, Ken Zafren^{b,d,e}, Hermann Brugger^{b,f,g},
Peter Paal^{b,h}, Natalie Hölzl^{b,i}, Mathieu Pasquier^{b,j}

RESUSCITATION 162 (2021) 182–187

Table 2– Comparison between the original Swiss staging system for accidental hypothermia and the Revised Swiss System. AVPU – Alert, Verbal, Pain, Unresponsive.

	Original Swiss System ¹¹ Clinical findings (estimated core temperature)	Revised Swiss System	Risk of hypothermic cardiac arrest
Stage 1	Clear consciousness with shivering (35–32 °C)	“Alert” from AVPU	Low
Stage 2	Impaired consciousness without shivering (32–28 °C)	“Verbal” from AVPU	Moderate
Stage 3	Unconsciousness (28–24 °C)	“Painful” or “Unconscious” from AVPU AND Vital signs present	High
Stage 4	Apparent death (<24 °C)	“Unconscious” from AVPU AND No detectable vital signs	Hypothermic cardiac arrest



MEŘENÍ TEPLoty

Pre-Hospital Core Temperature Measurement
in Accidental and Therapeutic Hypothermia

Giacomo Strapazzon, MD,¹ Emily Procter, MSc,¹ Peter Paal, MD,² and Hermann Brugger, MD¹

HIGH ALTITUDE MEDICINE & BIOLOGY

Volume 15, Number 2, 2014

© Mary Ann Liebert, Inc.

DOI: 10.1089/ham.2014.1008

- Dolní 1/3 jícnu ~ teplotě v srdci (a. pulmon.)
- Dobře koreluje: oesofag., moč. měch., rekt., nasofaryng.
- Močový měchýř, rektum: reagují opožděně
- Tympanální: vhodnější termistorové čidlo, izolace od okolí!!
- Optimální teploměr? – v PNP není dostupný!

Ideální teploměr: minimálně invazivní, snadné použití, hygienický, neovlivnitelný vnějšími podmínkami, krátký čas ke stanovení hodnoty



Stefan-Boltzmannův zákon

$$\pi \int_0^{\infty} \frac{2c^2h}{\lambda^5 (e^{hc/(\lambda kT)} - 1)} d\lambda = q = \epsilon \sigma T^4$$

záření absolutně černého tělesa
přes všechny vlnové délky

Stefan-Boltzmannova konstanta
 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

emisivita ϵ zohledňuje
záření šedého tělesa
 $\epsilon = \langle 0 ; 1 \rangle$
 $\epsilon = 1$ pro černé těleso

q .. hustota výkonu [W m^{-2}]

T .. teplota tělesa [K]



ZÁKLADNÍ PÉČE

- Zabránit dalšímu prochládání, teplé prostředí, neoddaluj transport do adekvátního zdravotnického zařízení
- Ohřívání



Paal, P. a kol. Accidental hypothermia: 2021 Update, int. J. Envir. Res. and Pub. Health

Table 3. Principles of pre-hospital management of hypothermia, according to the revised Swiss system [41]. AVPU: alert, verbal, responsive, unconscious [44]; ECLS: extracorporeal life support. CPR: cardiopulmonary resuscitation. ‘+’ means recommended; ‘-’ means not recommended. Reprinted with permission from [41]. Copyright 2021 Elsevier and European Resuscitation Council [41].

	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
Clinical findings ¹	“Alert” from AVPU	“Verbal” from AVPU	“Painful” or “Unconscious” from AVPU Vital signs present	“Unconscious” from AVPU AND No detectable vital signs ²
Risk of cardiac arrest ³	Low	Moderate	High	Hypothermic cardiac arrest
Oxygen according to usual clinical practice, (goal: SpO ₂ > 94%) ⁴	+	+	+	+
Carbohydrates	Warm sweet tea, sweet bars	Glucose IV/IO. ⁵	Glucose IV/IO. ⁵	-
Active movement	+	- ⁶	-	-
Passive rewarming	+	+	+	+
Active rewarming	(+)	+	+	+
Cautious mobilisation/horizontal transport if possible	-	+	+	-
Defibrillation pads	-	+	+	+
Intubation	-	-	Consider	+
CPR	-	-	-	+
Defibrillation	-	-	-	+ ⁷
Drugs (CPR)	-	-	-	+ ⁸
Hospital with ECLS ⁹	-	-	+	+

Table 5. Rewarming techniques in patients with accidental hypothermia [32].

Rewarming Technique	Rewarming Rate	Notes & Controversies	Rewarming Complications
Passive Rewarming			
Passive rewarming [3,92]	0.5–4 °C /h (depends on patient's thermoregulatory function and metabolic reserves)	Protects from further heat loss and allows patient to self-rewarm.	Negligible in isolated mild hypothermia. For colder patients and those with secondary hypothermia or comorbidities, passive rewarming alone is not adequate.
Passive rewarming with active movement [93]	1–5 °C /h	Exercise immediately after rescue increases afterdrop	Increased afterdrop could cause rescue collapse.
Active External Rewarming			
Active rewarming including forced-air surface rewarming [94,95], heating pads, e.g. Arctic Sun® [96–98], warmed IV fluids (40 °C).	0.5–4 °C /h	Protects from further heat loss, delivers external heat. Warmed IV fluids are not effective if used as the sole method of rewarming.	Similar to passive rewarming
Active Internal Rewarming			
Bladder lavage [31,92,99]	Variable. Adds < 0.5 °C /h	Not recommended. Rewarming is intermittent and slow because of small surface area. Poor control of infusate temperature	Negligible unless difficult catheterisation
Gastric lavage [31]	May add ~0.5–1 °C /h	Not recommended. Unacceptably high risk to benefit ratio	Potential for aspiration, fluid and electrolyte shifts
Intravascular catheter rewarming, e.g., CoolGuard® [36,100–102], Quattro® [103], Cool Line® [104], Innercool® [105]	Device specific (adds ~0.5–2.5 °C /h)	Uncertain indications for use. Potential beneficial for colder patients, especially those with comorbidities, with stable circulation	Potential for haemorrhage or thrombosis, potentially worsening arterial hypotension in unstable patients
Thoracic [106,107] or peritoneal lavage [108,109]	Variable, depending on temperature and flow rate of pericardial irrigation.	May be useful in unstable patients when ECLS rewarming is not available. Very invasive.	Potential for haemorrhage, lung or bowel trauma, fluid and electrolyte shifts. Thoracic lavage may interfere with CPR
CRRT (including CVVHF, CVVHD, CVVHDF) [92,110–113]	Adds ~1.5–3 °C /h	Not recommended unless ECLS rewarming not available. Require adequate blood pressure. Heparinisation, citrate anticoagulation, or prostacyclin required	Problems rare. Local vascular complications. Air embolism. Arterial hypotension
Haemodialysis [92,114–118]	Adds ~2–3 °C /h	Patient must be able to increase cardiac output to perfuse the external circuit. Heparinisation required	Potential for arterial hypotension, haemorrhage, thrombosis, haemolysis, etc.
Veno-venous rewarming (usually with ECMO) [99,119]	~4–10 °C /h	Provides no circulatory or ventilatory support in case of cardiac arrest. Patient must be able to increase cardiac output to perfuse the external circuit	Potential for arterial hypotension, haemorrhage, thrombosis, haemolysis, etc.
Extra-corporeal life support (ECLS; VA-ECMO, CPB including minimally invasive extracorporeal circulation (MiECC)) [83,120–130]	~4–10 °C /h	Preferred rewarming method for patients in cardiac arrest. ECMO preferred over CPB. ECMO can use femoral route avoiding need for sternotomy. Can be used to treat post-rewarming pulmonary complications, such as ARDS.	Potential for haemorrhage and arterial hypotension, thrombosis, haemolysis, etc., as with all intravascular devices

Pasivní s aktivním pohybem

Aktivní, potencované + iv teplé tekutiny

I.vask. ohřívání

VA-ECMO, CPB

1 – 5 °C/h

0,5 – 4 °C/h

0,5 – 2,5 °C/h

4 – 10 °C/h

Otázka č. 2: k zástavě oběhu může dojít...

1. Při poklesu centrální tělesné teploty pod 32 st. C
2. Při poklesu centrální tělesné teploty pod 30 st. C
3. Při poklesu centrální tělesné teploty pod 23 st. C

Otázka č. 3: zahájení resuscitace

1. Zástavu oběhu potvrdit do 10 sekund, co nejdříve intubace a maximalizace oxygenoterapie, dále KPR dle standardního ALS protokolu
2. Zástavu oběhu stanovit do 1 minuty pomocí dalších přístrojů (EKG, ETCO₂, POCUS), co nejdříve nalepit defibrilační elektrody a v případě defibrilovatelného rytmu podat výboj
3. V případě asystolie, nespátřené zástavy oběhu, nízké teploty těla, dlouhého no-flow/ low flow intervalu, fixovaných dilatovaných zornic a hypokapnie, vysokého věku nebo traumatu se resuscitace nezahajuje

JAK RESUSCITOVAT?

- Stanovení zástavy oběhu do 1 min
- Při hypotermii a rizikovém prostředí lze odložit zahájení KPR o 10 min
- OTI: ano a včas, výhoda kvalitní ventilace a oxygenace, protekce aspirace
- Je-li pochybnost zda KPR či ne => resuscituj
- Předpokládáš HT? Ověř ji měřením teploty
- HT může způsobit ↑ rigiditu hrudníku (obtížnější ventilace a stlačování hrudníku), uvažuj o mechanické srdeční masáži

Otázka č. 4: provedení defibrilace při hypotermii

1. Defibrilace se při susp. HT provádí maximálně 3x
2. Defibrilace se u hypotermie neprovádí, při nízké teplotě nemá šanci na úspěch, hrozí poškození myokardu
3. Defibrilace se provádí dle standardního ALS protokolu = eskalace energie, dle doporučení výrobce

Otázka č. 5: podání adrenalinu u hypotermie

1. Při suspektní hypotermii se žádné léky nepodávají až do ohřátí oběti na normální teplotu
2. Adrenalin se podává ve standardním dávkování, při poklesu centrální tělesné teploty pod 35 st. C se interval pro podání zdvojnásobí, při poklesu teploty pod 30 st. C se adrenalin nepodává
3. Adrenalin se podává v dávkování a intervalech dle ALS protokolu, stejně jako pro normotermického pacienta (tj. 0,01mg/kg, max. jednotlivá dávka je 1 mg)

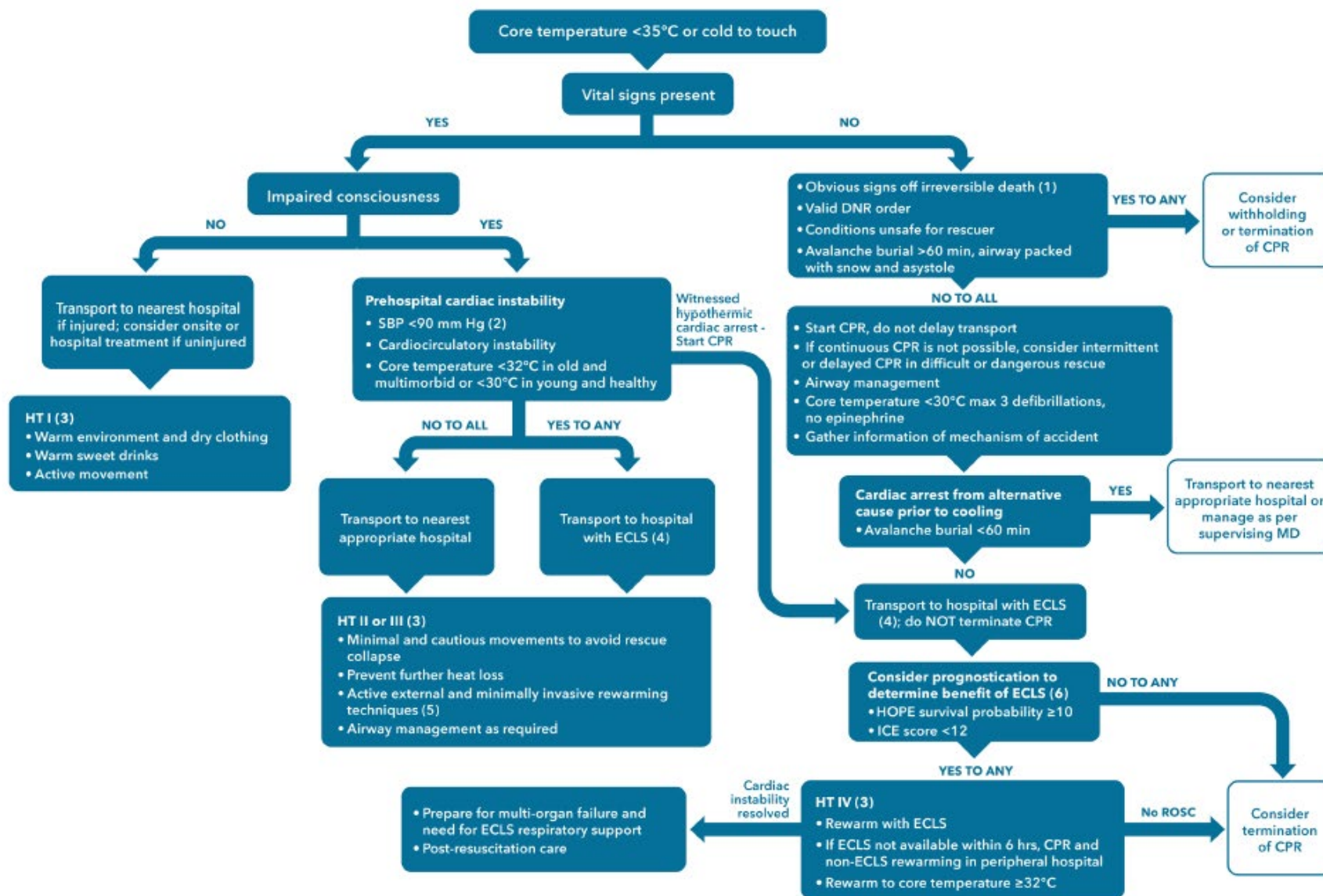
MEDIKACE, LÉČBA ARYTMÍÍ

- Sinusová bradykardie je u HT fyziologická
- Medikace: pomalejší mtb.
 - $< 30^{\circ}\text{C}$ – ne adrenalin, ne atropin, ne amiodaron,
 - $30 - 35^{\circ}\text{C}$ – adrenalin dvojnásobný interval,
 - $> 35^{\circ}\text{C}$ – standardní ALS protokol
- Amiodaron až po ohřátí na normální teplotu
- Stimulace – pouze u perzistující bradykardie s hemodynamickou instabilitou
- Po ohřátí obvykle spont. verze na sin. rytmus, antiarytmika nejsou indikována
- HT + VF – defibrilace max. 3x
- Perzistující VF – další defi až nad 30°C





ACCIDENTAL HYPOTHERMIA



Algoritmus hypotermie – ERC GL 2021



Available online at www.sciencedirect.com
Resuscitation
 journal homepage: www.elsevier.com/locate/resuscitation



European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances

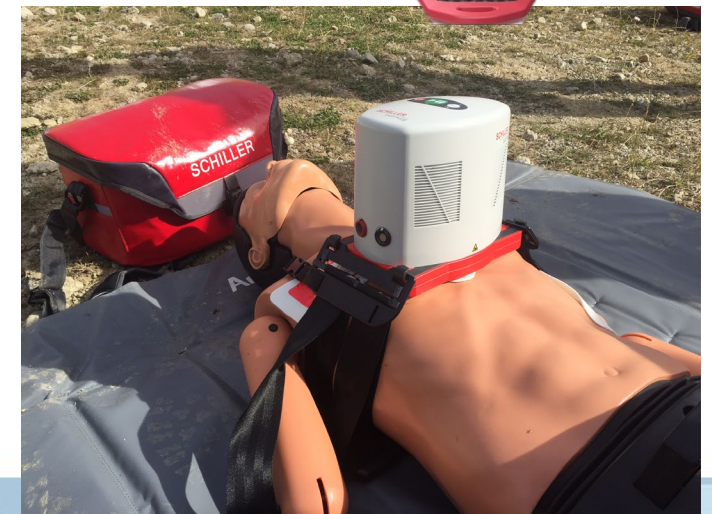
Carsten Lott^{a,*}, Anatolij Truhlar^{b,c}, Annette Alfonso^d, Alessandro Barelli^e, Violeta González-Salvado^f, Jochen Hinkelbein^g, Jerry P. Nolan^{h,i}, Peter Paal^l, Gavin D. Perkins^{k,j}, Karl-Christian Thies^m, Joyce Yeung^{h,i}, David A. Zidemanⁿ, Jasmeet Soar^o, the ERC Special Circumstances Writing Group Collaborators[†]

TRANSPORT JAK A ČÍM?

- Transport za kontinuální KPR lze pouze pomocí mechanické srdeční masáže (a při teplotě nad 28°C)

Nebo

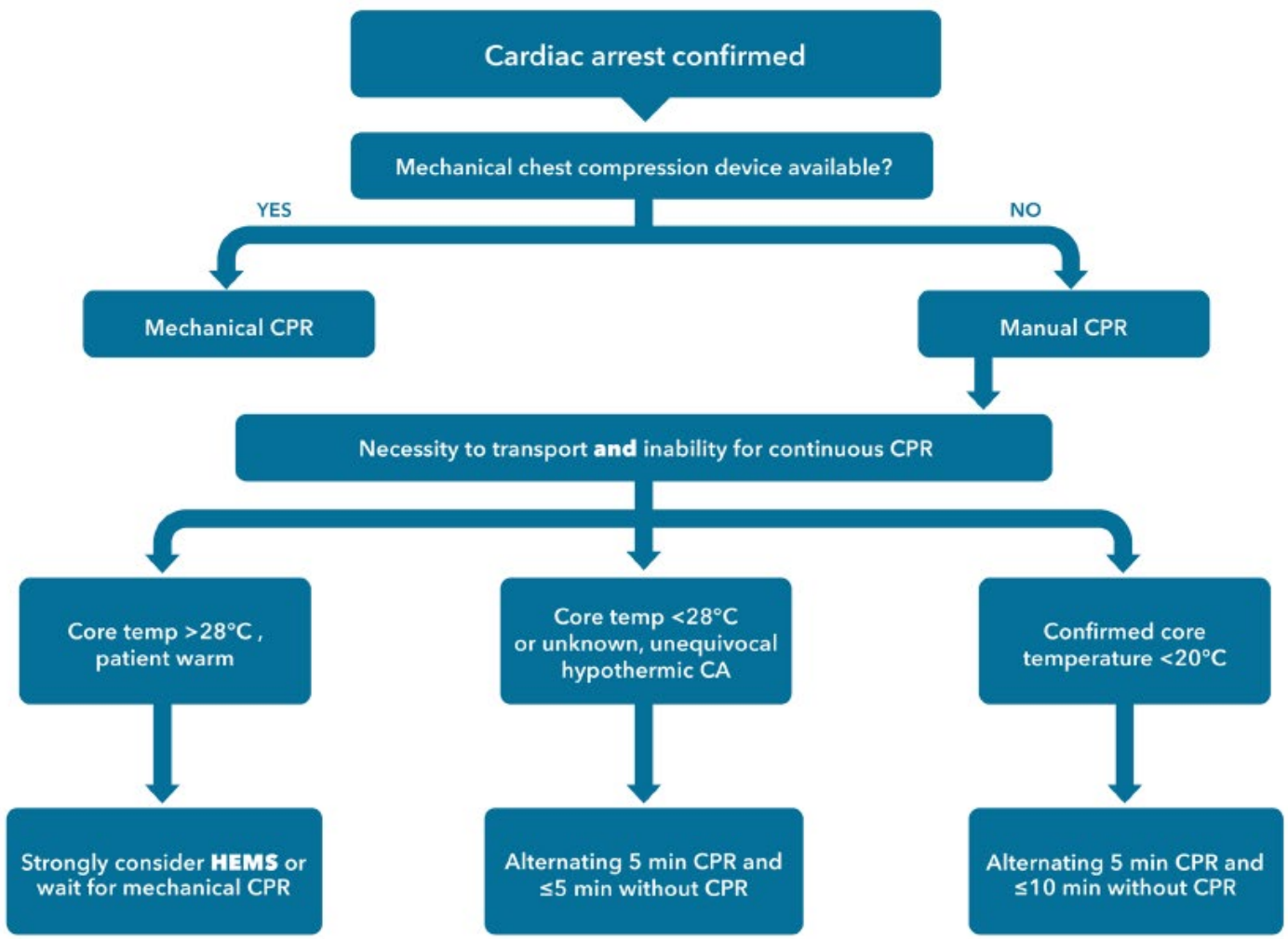
- **Intermitentní KPR = (ne trauma)**
 - Teplota < 28°C nebo neznámá = 5 min KPR, 5 min transport
 - Teplota < 20°C = 5 min KPR, 10 min transport
- ECMO je obvykle daleko – letecký transport vhodný



ICPR DELAYED AND INTERMITTENT CPR IN HYPOTHERMIC PATIENTS WHEN CONTINUOUS CPR IS NOT POSSIBLE DURING DIFFICULT RESCUE MISSIONS



KPR- jak transportovat? – ERC GL 2021



European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances

Carsten Lott^{a,*,}, Anatolij Truhlár^{b,c,}, Annette Alfonso^{d,}, Alessandro Barelli^{e,}, Violeta González-Salvado^{f,}, Jochen Hinkelbein^{g,}, Jerry P. Nolan^{h,i,}, Peter Paal^{j,}, Gavin D. Perkins^{k,l,}, Karl-Christian Thies^{m,}, Joyce Yeung^{k,l,}, David A. Zideman^{n,}, Jasmeet Soar^{o,}, the ERC Special Circumstances Writing Group Collaborators[†]

FAKTA O HYPOTERMII – PNP

- **V PNP nelze s jistotou předpovědět, kdo má šanci na záchranu a kdo ne**
- Je třeba vždy poskytovat KPR (BLS, ALS) s maximálním úsilím až do napojení na ECLS
- Základem pro přežití je silný záchranný řetězec ve všech jeho člancích (info, trénink, postup dle EBM)
- Mezinárodní registry => zvýšení poznání (prognostické faktory a racionální postupy léčby)

„No victim of accidental hypothermia is dead until warm and dead“



Darocha et al. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and
Emergency Medicine* (2016) 24:85
DOI 10.1186/s13049-016-0281-9

Scandinavian Journal of Trauma,
Resuscitation and Emergency Medicine

ORIGINAL RESEARCH

Open Access

The chain of survival in hypothermic circulatory arrest: encouraging preliminary results when using early identification, risk stratification and extracorporeal rewarming



Tomasz Darocha^{1,2*}, Sylwester Kosiński^{3,4}, Anna Jarosz¹, Dorota Sobczyk⁵, Robert Gałązkowski^{2,6}, Jacek Piątek⁷,
Janusz Konstany-Kalandyk⁷ and Rafał Drwila¹

- Prospektivní studie – potvrzená zástava oběhu v důsledku hypotermie, pacienti přivezeni po konzultaci s koordinátorem hypotermií a napojeni na ECMO
- **10 pacientů**, 7 mužů, 3 ženy, 5 asystolie při příjmu, 5 VF, teplota medián 22 °C (16,9 – 28,4), zástava oběhu 107 – 345 min, ECMO podpora 1,5 – 91 hod (medián 22)
- ROSC – kardiovaskulární stabilita a CPC 1 – **7 pacientů (přežití 70%)**
- 3 pacienti zemřeli (akutní myokarditida, masivní retroperitoneální krvácení, masivní krvácení z GIT)



ABSOLUTNÍ REKORD DOSPĚLÝ, TEPLOTA: 13,7 °C



THE LANCET • Vol 355 • January 29, 2000

Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7°C with circulatory arrest

Mads Gilbert, Rolf Busund, Arne Skagseth, Paul Åge Nilsen, Jan P Solbø



ELSEVIER

Resuscitation

journal homepage: www.elsevier.com/locate/resuscitation



Hypothermia Outcome Prediction after ECLS

Clinical paper

Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: The HOPE score[☆]

Mathieu Pasquier^{a,*}, Olivier Hugli^a, Peter Paal^b, Tomasz Darocha^c, Marc Blancher^d, Paul Husby^e, Tom Silfvast^f, Pierre-Nicolas Carron^a, Valentin Rousson^g

Potassium	>12	≤ 12	
	5	58	37
	Rewarming not indicated	Futile rewarming (non-survivors)	Successful 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.

- Věk
- Pohlaví
- Zástava s asfyxií/ bez
- Délka KPR (min)
- Kalium (S)
- Teplota t. j. při přijetí

www.hypothermiascore.org

Otázka č. 6: 7-letá dívka přežila tonutí v ledové vodě, KPR 64 min, teplota 13,7 °C., K⁺ 11,3 mmol/l, ECLS, CPC1 – jak dlouho byla v ledové vodě?

1. 23 minut
2. 53 minut
3. 83 minut

Děkuji za pozornost



- „No one is dead until warm and dead“
- „A chain is only as strong as its weakest link“

