

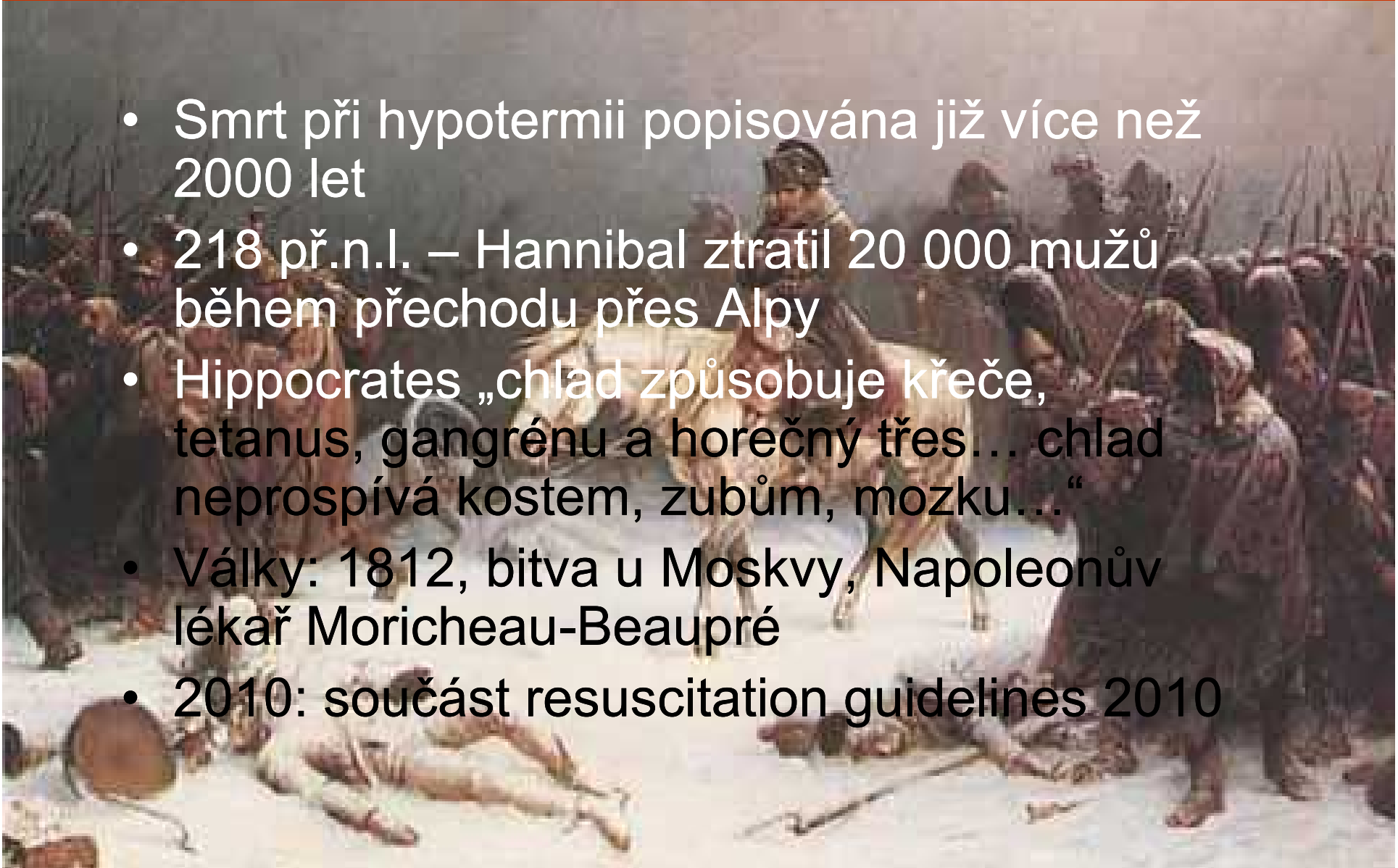
# Akcidentální hypotermie – up to date

Jana Kubalová

ZZS kraje Vysočina  
Lékařská komise ČHS (Český horolezecký svaz)  
Společnost horské medicíny  
Lékařská komise UIAA (Mezinárodní horolezecká federace)

# Historie akcidentální hypotermie

- Smrt při hypotermii popisována již více než 2000 let
- 218 př.n.l. – Hannibal ztratil 20 000 mužů během přechodu přes Alpy
- Hippocrates „chlad způsobuje křeče, tetanus, gangrénu a horečný třes... chlad neprospívá kostem, zubům, mozku...“
- Války: 1812, bitva u Moskvy, Napoleonův lékař Moricheau-Beaupré
- 2010: součást resuscitation guidelines 2010



# Hypotermie

- Pokles centrální tělesné teploty pod 35°C
- Tepelné ztráty převažují nad tvorbou tepla
- Kritická teplota = 29°C
  - zástava oběhu
  - hypotalamus ztrácí schopnost regulace tělesné teploty
- Často bývá podceňována

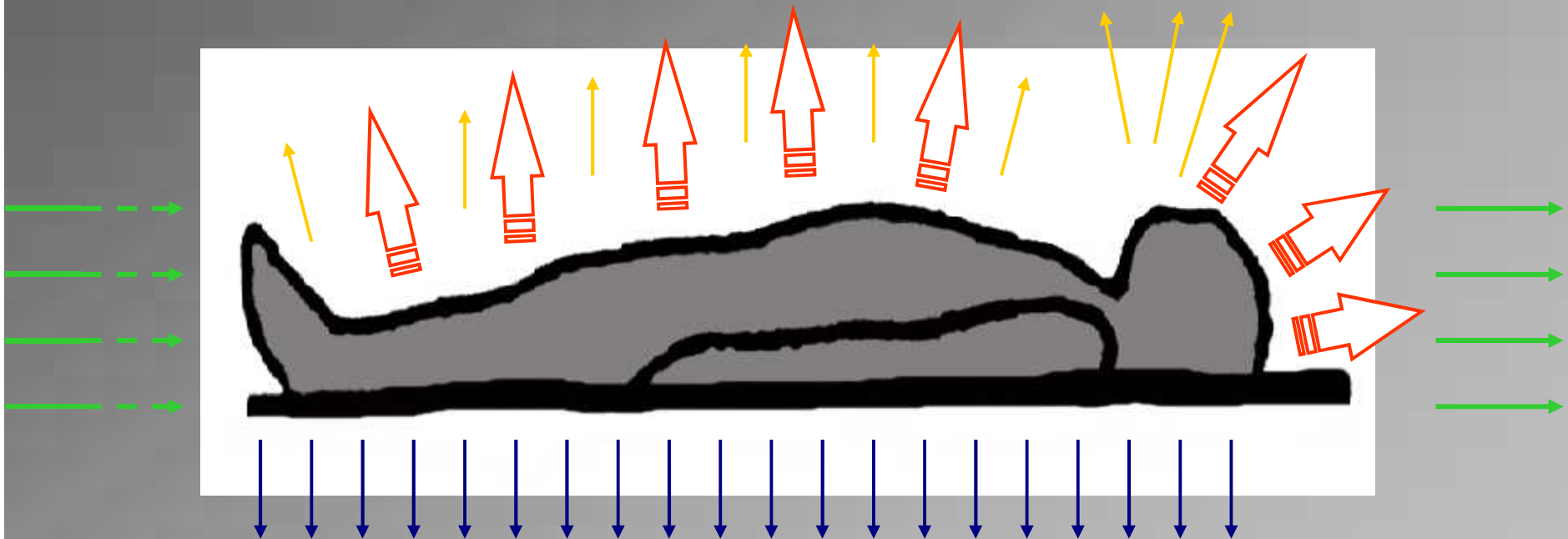
Zeman, V: Adaptace na chlad u člověka, Galén 2006

# Ztráty tepla

**Vyzařování:**  
elektromagnetické vlny

**Odpařování:**  
z povrchu kůže,  
vydechování vodních  
par plicemi

**Vedení:** přímé předání kinetické energie molekul mezi dvěma předměty s rozdílnou teplotou, vedení urychluje pobyt ve studené vodě (až 5x), zvýšená vlhkost vzduchu. Čím větší je teplotní gradient mezi kůží a okolím, tím větší jsou tepelné ztráty



**Proudění:** vrstva teplého vzduchu (vody), která se ohřála od těla vyzařováním a vedením je působením proudění (větru /**wind-chill**/, při plavání) strhávána pryč od těla a nahrazována chladnějším z okolí, zvyšuje se rozdíl teplot tělo-okolí, urychlují se tepelné ztráty

# Wind-chill - vliv proudění na pocitovou teplotu

**Wind Chill** (pocitová teplota) - od +5 do -20°C

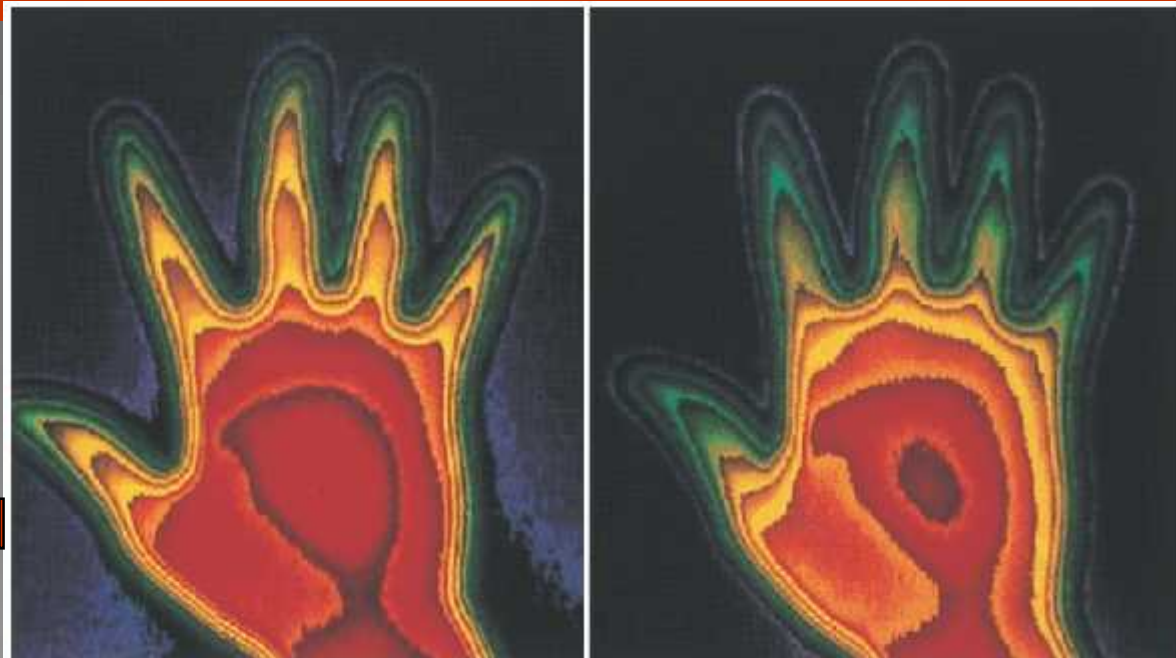
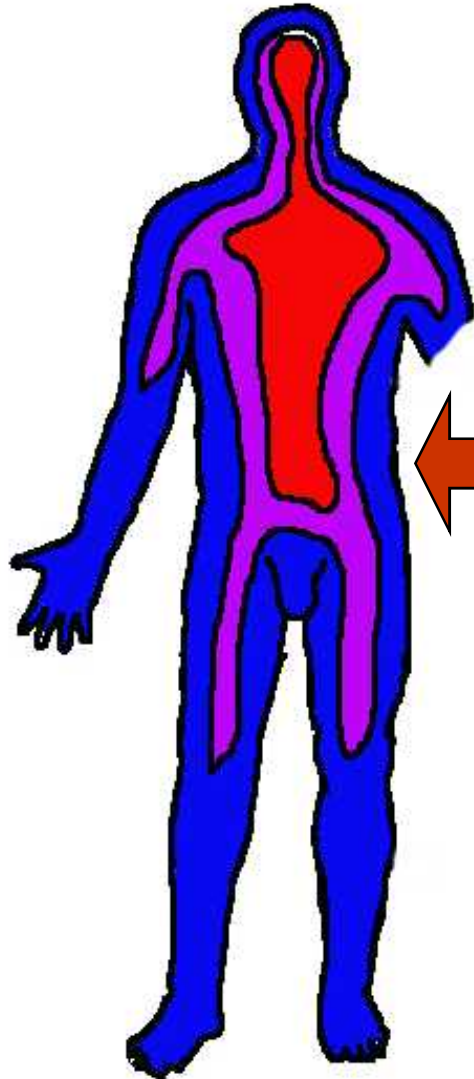
$T_{air}$ (°C) $V_{10}$ (km/h)	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76
55	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80
75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

**T<sub>air</sub>** (°C) = aktuální teplota vzduchu v °C, **V10** (km/h) = rychlost větru ve výšce 10 m v km/h

# Odpověď organismu na chlad

Odpověď organismu na chlad	Redukce ztráty tělesného tepla	Tvorba tělesného tepla
<b>Mimovolní</b>	<p><b><u>Vazokonstrikce</u></b>                      = chladové zúžení cév na periférii v kůži, podkoží a neaktivních svalech, tvoří až 85% celkové izolace organismu</p>	<p><b><u>Chladový třes</u></b> – vzestup srdeční a dechové frekvence, energeticky nevýhodné - vysoká spotřeba energie a kyslíku, na ohřátí těla o 0,6 °C vzroste spotřeba kyslíku až o 360%, svalová práce - třes - zvyšuje prokrvení povrchových oblastí těla, které ruší chladovou vazokonstrikci</p>
		<p><b><u>Netřesová termogeneze</u></b> – metabolické zvýšení produkce tepla, termogeneticky nejúčinnější, indukována působením katecholaminů, u novorozenců v hnědé tukové tkáni, u dospělého člověka pravděpodobně v bílém tuku a kosterním svalstvu</p>
<b>Volní</b>	<p>Úkryt před chladem, redukce povrchu těla (schoulení), volba vhodného oděvu</p>	<p>Tělesné cvičení, dostatek energie</p>
	<p>Omezení tepelných ztrát – podložka, alufolie, deky, výměna mokrého oblečení za suché</p>	<p>Zevní ohřívání</p>

# Hypotermie - vazokonstrikce



A

B

**Figure 5-4.**

Infrared scan of the palmar hand surface. *Blue* = 43°C (109.4°F); *red* = 68°C (154.4°F). **A**, At room temperature. **B**, After 5 minutes in a cold room, with evidence of vasoconstriction.

(Courtesy Naval Health Research Center, San Diego, CA.)

Danzl D. Accidental hypothermia. In: Auerbach, P editor. Wilderness Medicine. St. Louis: Mosby; 2007. p. 125-160

# Příčiny hypotermie

- **Osoby s normální termoregulací:**
  - Expozice chladnému prostředí, vítr
  - Imobilizace
  - Ponoření do studené vody
  - Lavinová nehoda
- **Porušená nebo nedostatečná termoregulace:**
  - Děti, staří
  - Intoxikace léky, alkoholem
  - Polytrauma
  - Vyčerpání, nedostatek spánku
  - Některé choroby
  - Zhoršení stavu vědomí, poranění mozku







Pro vznik podchlazení nemusí mrznout, stačí když je „jen“ chladno!!



# Klasifikace HT

Klasifikace dle teploty tělesného jádra	Teplota	Swiss staging system, REGA	Klinický stav = užití na místě nehody => „on site triage“		Spotřeba O2 tkáněmi
Lehká, nezávažná	35 – 32 °C	I.	Jasně vědomí, chladový třes 	35 – 32 °C	↑ až o 300% !!
Střední, mírná	32 – 28 °C	II.	Postupný útlum vědomí, není třes	32 – 28 °C	↓ o 50%
Těžká	< 28 °C	III.	Bezvědomí, základní životní funkce zpomalené, ale zachovány	28 – 24 °C	
		IV.	Bezvědomí, apnoe, KF, ASY	24 – 15 °C	↓ o 75% (22°C)
		V.	Ireverzibilní HT	< 15 °C (13,7 °C)	↓ o 92% (10°C)

# HT IV x HT V

## Živý nebo mrtvý?

VYŠETŘENÍ:	HT IV	HT V
Klinické vyšetření	<p>Bezvědomí            Žádné známky života            Stlačitelný hrudník</p>	<p>Bezvědomí <b>KPCR se nezahajuje</b>            Žádné známky života  <b>Hrudník nestlačitelný</b>  <b>Zranění neslučitelná se životem</b>  <b>Nevyléčitelná choroba</b>  <b>Doba zasypání lavinou &gt; 35min, není vzduchová kapsa, nejsou volné DC</b></p>
Teplota	> 15 °C?	< 15 °C? (13,7 °C)
EKG	ASY, KF	ASY
Laboratorní vyšetření K <sup>+</sup>	< 12 mmol/l	<p>&gt; 12 mmol/l (=&gt; asfyxie)  <b>KPCR lze ukončit</b></p>

**„no one is dead until warm and dead“**

**NIKDO PODCHLAZENÝ  
NENÍ MRTVÝ DOKUD NENÍ  
OHŘÁTÝ NA NORMÁLNÍ  
TEPLOTU A MRTVÝ**

# Hypotermie - diagnostika

1. ANAMNÉZA , OKOLNÍ PROSTŘEDÍ (teplota okolí, doba expozice chladu, oblečení), OKOLNOSTI (zranění, věk, rezervy organismu)
2. KLINICKÉ VYŠETŘENÍ (Swiss staging system, REGA)
3. MĚŘENÍ TEPLoty:
  - jícen, rektum, močový měchýř, zevní zvukovod
  - teplota na končetinách sleduje teplotu prostředí, neodpovídá teplotě tělesného jádra!
4. EKG

# Diagnostika – klinické vyšetření

Hypotermie Stadia dle REGA	<b>Svalový třes</b>	<b>Stav vědomí</b>	<b>Dýchání</b>	<b>Puls</b>	Centrální teplota
<b>I</b>	+	+ (↑)	+ (↑)	+ (↑)	35 – 32 °C
<b>II</b>	–	+ (↓) apatie, spavost	+ (↓)	+ (↓) ES, FS	32 – 28 °C
<b>III</b>	–	– mydriáza, foto +	+ (↓)	+ (↓) Osbornova J - vlna	28 – 24 °C
<b>IV</b>	–	– mydriáza, foto –	–	– FK, ASY	24 – 15 °C
<b>V</b>	–	–	–	– ASY	< 15 °C (13,7 °C)



# Diagnostika – měření teploty

## PNP:

- **Zevní zvukovod:**

- Vhodné pro HT I, II
- Falešně nízké hodnoty:
  - při HT III, IV
  - zástavě oběhu
  - velmi nízké teplotě okolí, sněhu v zevním zvukovodu
- Schopnost teploměru měřit nízké teploty (většina  $> 34^{\circ}\text{C}$ )

## ICU:

- **Jícen:** dolní 1/3 jícnu (~ teplotě krve protékající srdcem)
- **Močový měchýř**
- **Rektum** – odpovídá centrální teplotě, reaguje pomaleji
- **Zevní zvukovod**

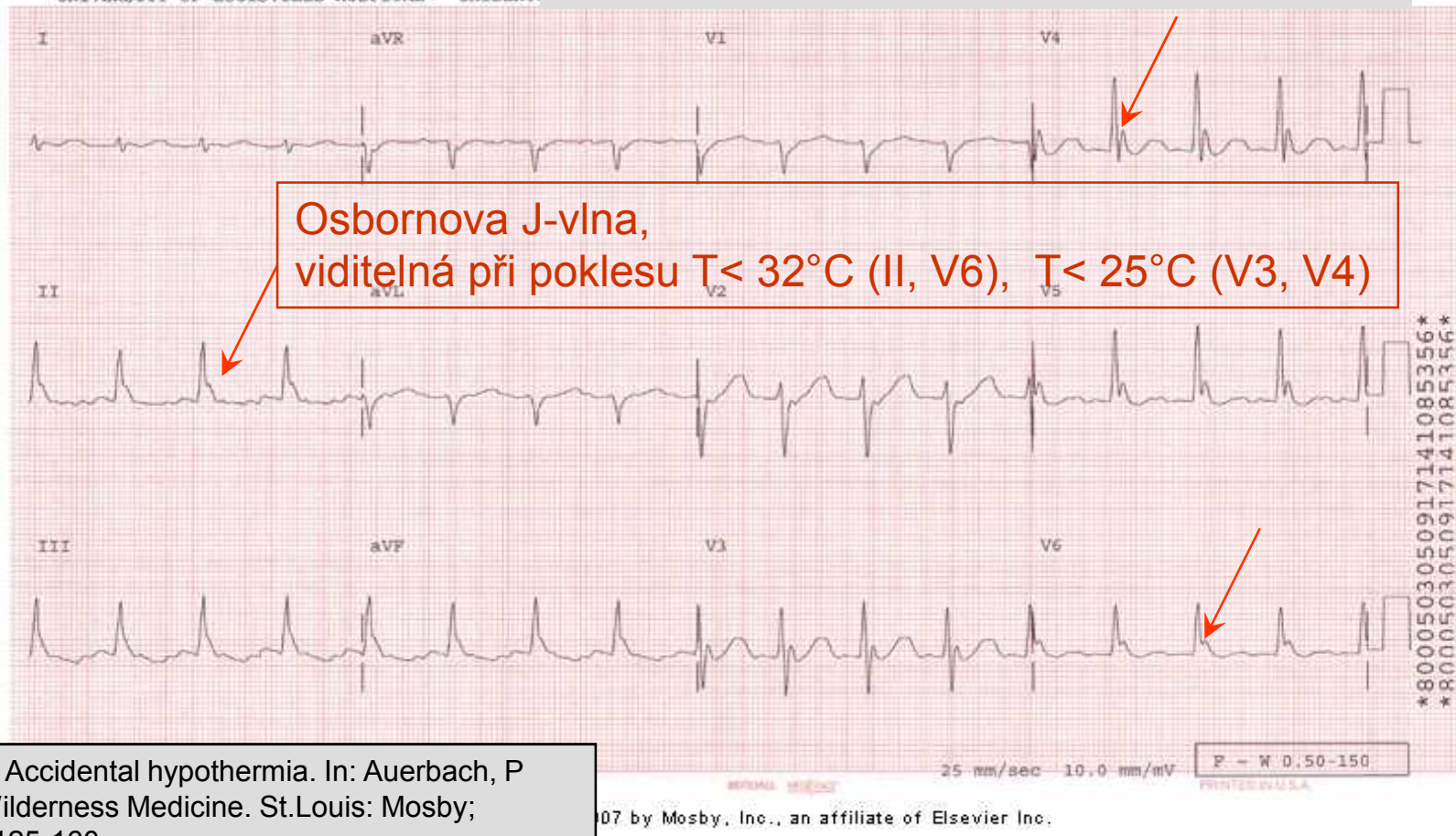


# Hypotermie – EKG

45 yrs Female  
PR 159 (NSR) Normal sinus rhythm, r  
QRSD 142 (IVCD2) Nonspecific intraventr  
QT 414 delay  
QTc 520 (LQT) QT interval long for r  
(TIIN) Nonspecific Inferior T  
(SEER) \*See Emergency Departmen  
--AXES--  
P 93  
QRS 85 \*jc  
T -51

UNIVERSITY OF LOUISVILLE HOSPITAL - UNIDENT

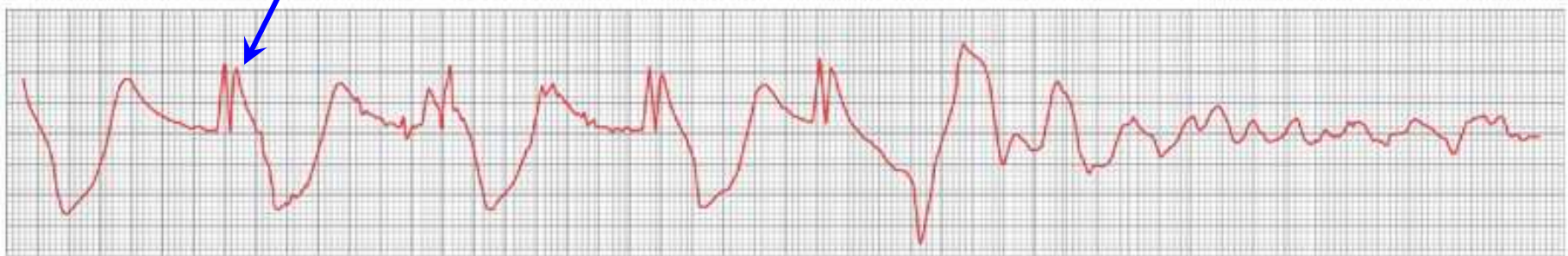
Nespecifická, příčina zpožděná depolarizace nebo časná repolarizace LK  
- hypotermie, léze centrálního nervového systému, fokální kardiální ischemie, sepse



Danzl D. Accidental hypothermia. In: Auerbach, P editor. Wilderness Medicine. St.Louis: Mosby; 2007.p. 125-160

# HT – arytmie

Osbornova J-vlna



(c) Copyright 2007 by Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.

## Figure 5-6.

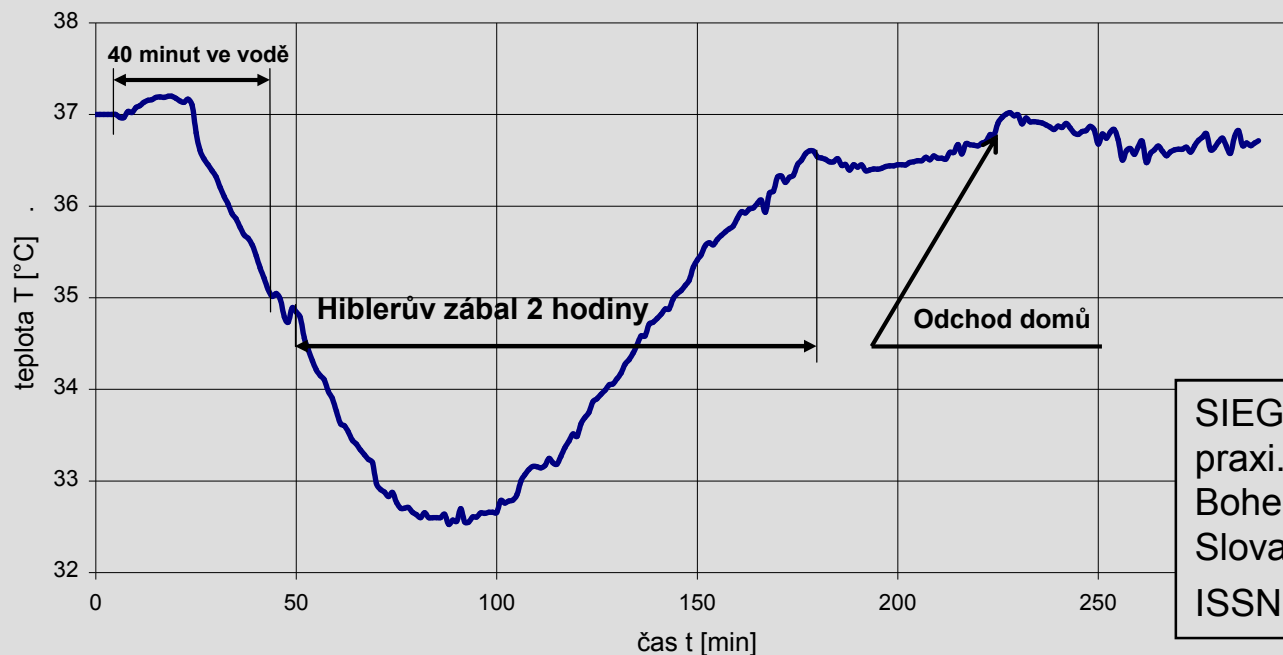
In this patient, ventricular fibrillation developed during a code 3 transport by emergency medical services to the emergency department. Note the pronounced J wave after the QRS complex.

Danzl D. Accidental hypothermia. In: Auerbach, P editor. Wilderness Medicine. St. Louis: Mosby; 2007.p. 125-160

# „After drop“ syndrom

- Další pokles centrální tělesné teploty i po dokonalé izolaci pacienta a zahájení zevního ohřívání
- 0,5- 6°C, dle teploty okolního prostředí před vyproštěním a typu ohřívání pacienta

Průběh tělesné teploty po 40 minutovém pobytu ve vodě  
1,5°C, BMI 32, použit Hiblerův zábal

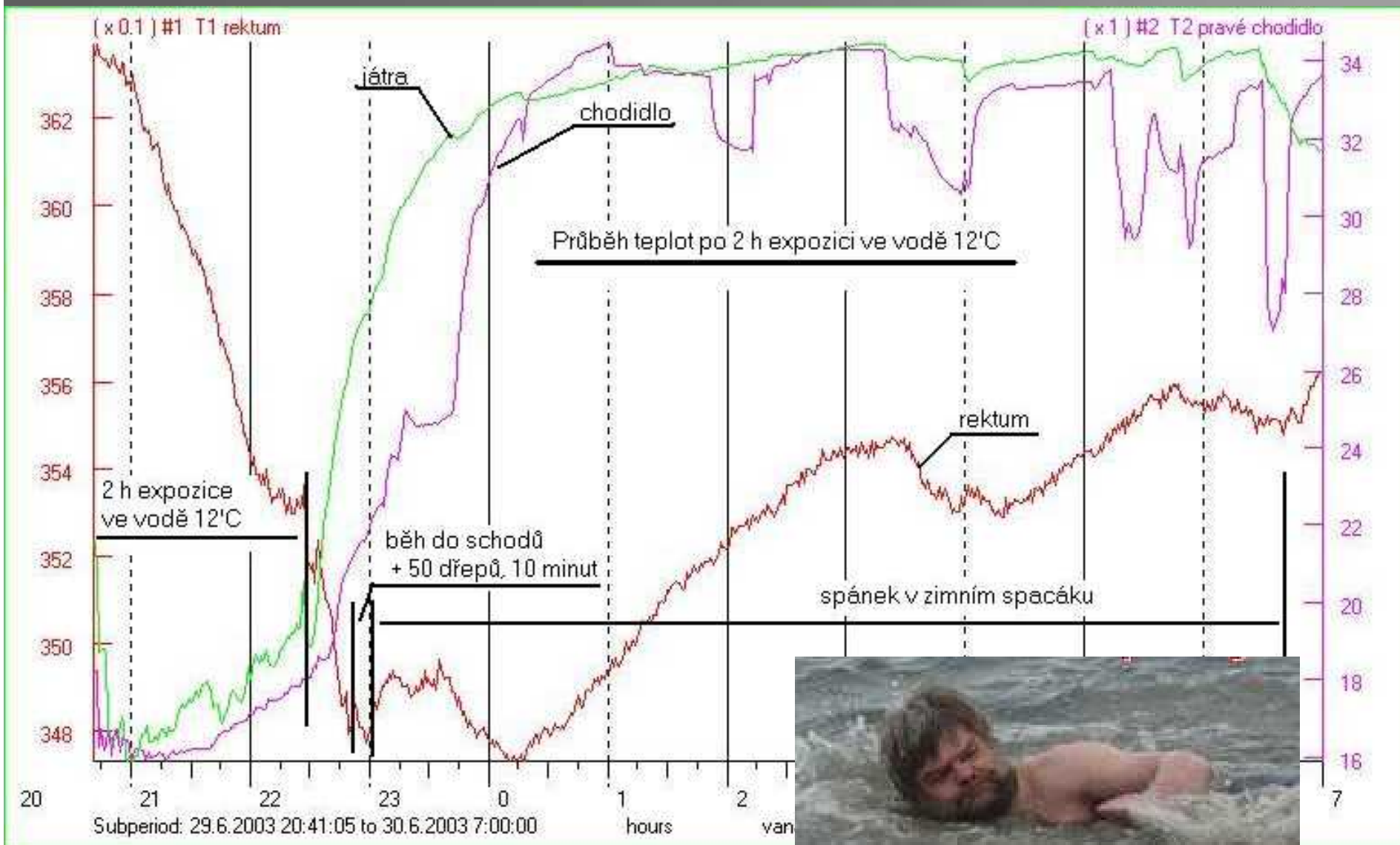


**Hiblerův zábal** =  
typ  
improvizovaného  
ohřevu pacienta

SIEGER, L. Hiblerův zábal v  
praxi. *Medicina Sportiva  
Bohemica et  
Slovaca*, 2008, 17 (2), 90-93.  
ISSN 1210-5481.



# Expozice 2 hodiny ve vodě 12°C



# Terapie

- Přemístění z chladného prostředí
- Prevence dalšího prochládní
- Rychlý transport na cílové pracoviště dle stavu
- Střední a těžká HT (HT II-IV) – imobilizace, horizontální poloha, jen nezbytně nutné pohyby, adekvátní oxygenace s vysokou frakcí kyslíku, kontinuální monitoring – EKG, TT
- Sejmout mokré oblečení (lépe roztříhnout), osušit, dokonalá izolace
- Bezvědomí – i.v. vstup, OTI, UPV
- **Přednemocniční vyšetření a ošetření pacienta jen v minimálně nutném rozsahu (nesmí oddálit transport)**

# Resuscitace

- BLS, ACLS ~ Guidelines 2010 (poměry, frekvence stejné jako u normotermie)
- Stanovení zástavy oběhu do 60s (EKG, ECHO, SONO Doppler – je-li přítomen srdeční výdej)
- Je-li pochybnost o přítomnosti srdeční akce – zahájit KPR, potvrdit hypotermii
- Farmaka: pomalejší metabolismus, opakované podávání léků vede k vysoké až toxické plasmatické koncentraci
- **Adrenalin:**
  - + efekt na zvýšení koronární perfúzního tlaku, ale není život zachraňující, arytmogenní efekt
  - Nepodávat, dokud teplota tělesného jádra  $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - TT  $30 - 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  – zdvojnásobit interval
  - TT  $> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  – normální D a interval
- Využití neinvazivní mechanické podpory krevního oběhu
- Ukončení KPR až po ohřátí a nastolení ROSC, užití standardní strategie post resuscitační péče

# KPCR

Neinvazivní mechanická podpora krevního oběhu

- stále stejně účinná masáž po delší dobu
- masáž srdce bez přerušování i během manipulace s pacientem (nakládání, transport)





# Arytmie

- S poklesem TT, pokles HR, vznik arytmií = bradykardie při HT je fyziologická
- Extrasystoly, sinusová bradykardie, fibrilace síní – upraví se spontánně po vzestupu teploty, většinou není nutná léčba!!
- Závažné arytmie - komorová tachykardie, fibrilace komor – defibrilace max. energií max. 3x, další defibrilace při TT > 30 °C
- AED – následovat a vykonávat pobídky přístroje během ohřívání
- Amiodaron – při HT snížený efekt, podávat až po ohřátí
- Atropin – neúčinný (pokles spontánní depolarizace pacemakerových buněk)

J.Soar et al.: Cardiac arrest in special circumstances/Resuscitation 81 (2010) 1400 - 1433

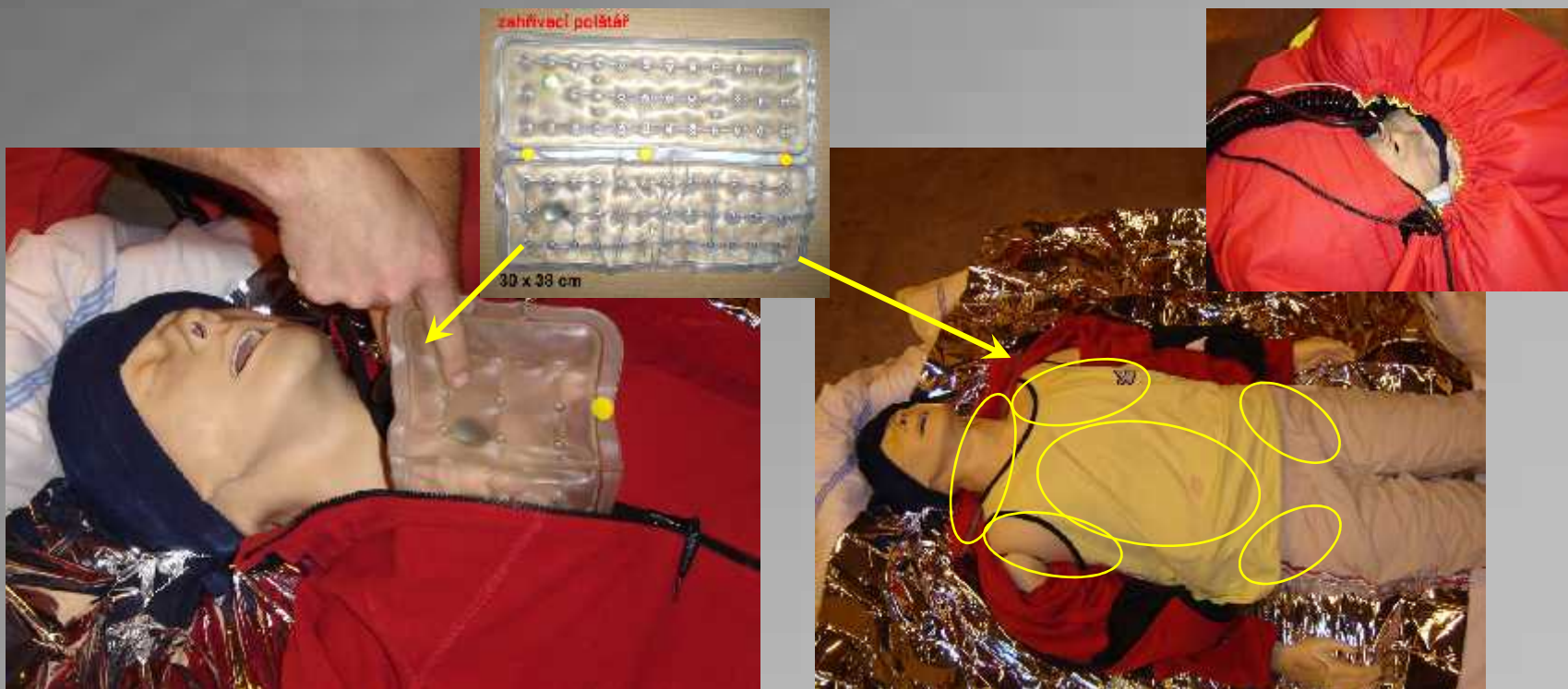
# i.v. vstup + infúze

- Zajištění intra-vaskulárního vstupu v HT obtížné!!
- Alternativní metody
- Podávání ohřátých tekutin i.v. v PNP bez efektu: infúze 1litr 40 °C, 70kg => ohřátí o 0,3 °C
- Ohřívání = vasodilatace => expanze intravaskulárního prostoru, nutné podat dostatečný objem ohřátých tekutin + **kontinuální hemodynamický monitoring**

Paal P, Beikircher W, Brugger H. Avalanche emergencies.  
Review of the current situation. Anaesthesist 2006;55:314-24

# Pasivní ohřívání + chemické balíčky

- Vhodné u pacientů při vědomí, HT lehká, během transportu pacientů v PNP v jakémkoliv stadiu
- Chemické balíčky částečně účinné pro prevenci dalšího prochládnutí v PNP (HT střední až těžká)







# Aktivní ohřívání

- **Zevní** – ohřívání prostředí, teplé přikrývky, warm-touch, i.v. infúze 42 °C (~ 1-1,5 °C/hod)
  - Efektivní, levné, dostupné, podmínkou je pacient ze zachovaným krevním oběhem
  - Není prokázáný signifikantní after-drop
- **Vnitřní** – vdechování zvlhčeného ohřátého vzduchu, peritoneální, pleurální laváž, laváž močového měchýře a žaludku, mimotělní oběh
  - Mimotělní oběh – preferován u pacientů se zástavou dechu a oběhu = náhrada oběhu + oxygenace, vzestup teploty 8 – 12 °C/hod
  - nevýhoda – dostupnost – specializovaná centra
  - Preferovaná metoda: ECMO

# Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiocirculatory arrest

Ellriede Rullmann, MD,<sup>a</sup> Annemarie Weissenbacher, MD,<sup>a</sup> Hanno Ulmer, PhD,<sup>b</sup> Ludwig Müller, MD,<sup>a</sup> Daniel Höfer, MD,<sup>a</sup> Juliana Kio, MD,<sup>a</sup> Walter Rabl, MD,<sup>c</sup> Birgit Schwarz, MD,<sup>d</sup> Günther Laufer, MD,<sup>a</sup> Herwig Antretter, MD,<sup>a</sup> and Peter Mair, MD<sup>d</sup>

## ECC vs. ECMO

The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery • September 2007

- 59 pacientů, 1987 – 2006
- ROSC: 32
- přeživších: 12
- 64% ROSC zemřelo na těžký plicní edém, 0 v ECMO skupině
- ECMO umožňuje delší kardiovaskulární podporu po úvodní resuscitaci, redukuje riziko srdečního selhání, které je po ohřátí běžné

**TABLE 3. Causes of death in patients with restoration of spontaneous circulation (ROSC) (n = 21 patients)**

	ECC group n = 14 patients	ECMO group n = 7 patients
Pulmonary edema	9 (64.3%)	0 (0%)
Multiorgan failure	2 (14.3%)	3 (50%)
Brain death	2 (14.3%)	3 (42.9%)
Aortic dissection/retroperitoneal hematoma	0 (0%)	1 (16.7%)
Bleeding	1 (7.1%)	0 (0%)
Median time from ROSC to death (hours, range)	23 (0.5–110)	42 (18–216)

ECC, Extracorporeal circulation; ECMO, extracorporeal membrane oxygenation; ROSC, return of spontaneous circulation.

Výhody ECMO:

- Perkutánní kanylace femorální tepny
- Lze užít bez systémové antikoagulace
- Doba užití od několika hodin po několik dnů
- Systém lze transportovat mimo kardiochir.

**ACCIDENTAL DEEP HYPOTHERMIA WITH CARDIAC ARREST. PROMPT  
COMPLETE RECOVERY AFTER REWARMING BY EXTRACORPOREAL  
CIRCULATION. CASE REPORT**

Martin Simek<sup>a, b\*</sup>, Roman Hajek<sup>a</sup>, Vilem Bruk<sup>a</sup>, Karolina Fabikova<sup>a</sup>, Petr Nemecek<sup>a</sup>, Jakub Raimr<sup>c</sup>,  
Roman Husar<sup>d</sup>, Petr Hubacek<sup>b</sup>

- 30-letý muž nalezen nad ránem ležící na silnici, okolní teplota -3°C, přivezen ZZS na UP FN Olomouc
- ZZS (dle záznamu): bezvědomí, sinusový rytmus, Tks nad 50 Torr, hypotermie
- Na UP rychle FK, 3x výboj 150J, neúspěšný, KPCR, OTI, UPV, TT 24,8 °C, sérum alkohol 3,5 g/kg
- Za 45 min na OS, za 85min ECC, laboratorní hodnoty: pH 7,0, PaO<sub>2</sub> 23,5 kPa, PaCO<sub>2</sub> 4,64 kPa, BE – 17,2, laktát 14,1 mmol/l, K<sup>+</sup> 4,52 mmol/l, gly 6,3mmol/l, KPCR celkem 98min, ECC celkem 157min, úspěšná defibrilace při TT 32 °C
- Za 16 po hodin po odpojení extubován, 12 tý den propuštěn z nemocnice, za 3 týdny zapojen do pracovního procesu

## Full recovery of an avalanche victim with profound hypothermia and prolonged cardiac arrest treated by extracorporeal re-warming<sup>☆</sup>

Rosmarie Oberhammer<sup>a,1</sup>, Werner Belkircber<sup>b,2</sup>,  
Christoph Hörmann<sup>c,3</sup>, Ingo Lorenz<sup>d,3</sup>, Roger Pycha<sup>e,2</sup>,  
Liselotte Adler-Kastner<sup>f,4</sup>, Hermann Brugger<sup>b,\*</sup>



Resuscitation (2008) 76, 474–480

- 29- letý skialpinista, zasypán 100min lavinou, lehce oblečen, bez čepice, v hloubce 3m
- Po vyproštění – bezvědomí, spont. ventilace, oběhově stabilní, puls 60/min, přítomna vzduchová kapsa 2-4l velká, teplota (tymp.) 22°C, GCS 7 (~pokles TT 9 °C/hod)
- i.v. vstup, OTI, UPV, chemické ohřívací balíčky, alufolie, deky, vakuová matrace, naložen do vrtulníku pomocí jeřábování
- Ihned po naložení na palubu KF, výboj neproveden – selhání baterie, nízká teplota na místě nehody, 15min do přiletu do nejbližší nemocnice bez masáže srdce, pouze UPV!, 1. výboj ihned po přistání neúspěšný, zahájena KPCR
- V nemocnici **K+ 4,3**, TT 21,7 °C, pCO<sub>2</sub> 111mmHg, pO<sub>2</sub> 23,3 mmHg, pH 6,877, laktát 105 mg/dl, BE -12.3 mmol/l
- Za kontinuální KPCR transport do spec. centra s možností mimotělního oběhu, kde za 225 min po zasypání. Kontin. Femorální veno-arteriální bypass, ECMO
- Zástava srdce celkem **150min**
- **Propuštěn 17. den bez neurologického deficitu**, rozvoj PTSD



# Lavinová nehoda

- Každý rok zemře v důsledku lavinové nehody průměrně **146 osob** v Severní Americe a Evropě

Příčina smrti	Evropa Univ. Innsbruck (1996 – 2005) n = 105	USA - Utah (1989 – 2006) n = 56	British Columbia, Alberta (1984 – 2005) n = 204
Asfyxie	<b>91,7%</b>	<b>85,7%</b>	<b>75%</b>
Trauma	<b>5,6%</b> (končetiny, hrudník, C-páteř)	<b>5,4%</b> (8,9% komb.asfyxie + trauma)	<b>24%</b> (hlava, hrudník)
Hypotermie	<b>1</b>		<b>&lt; 1%</b>

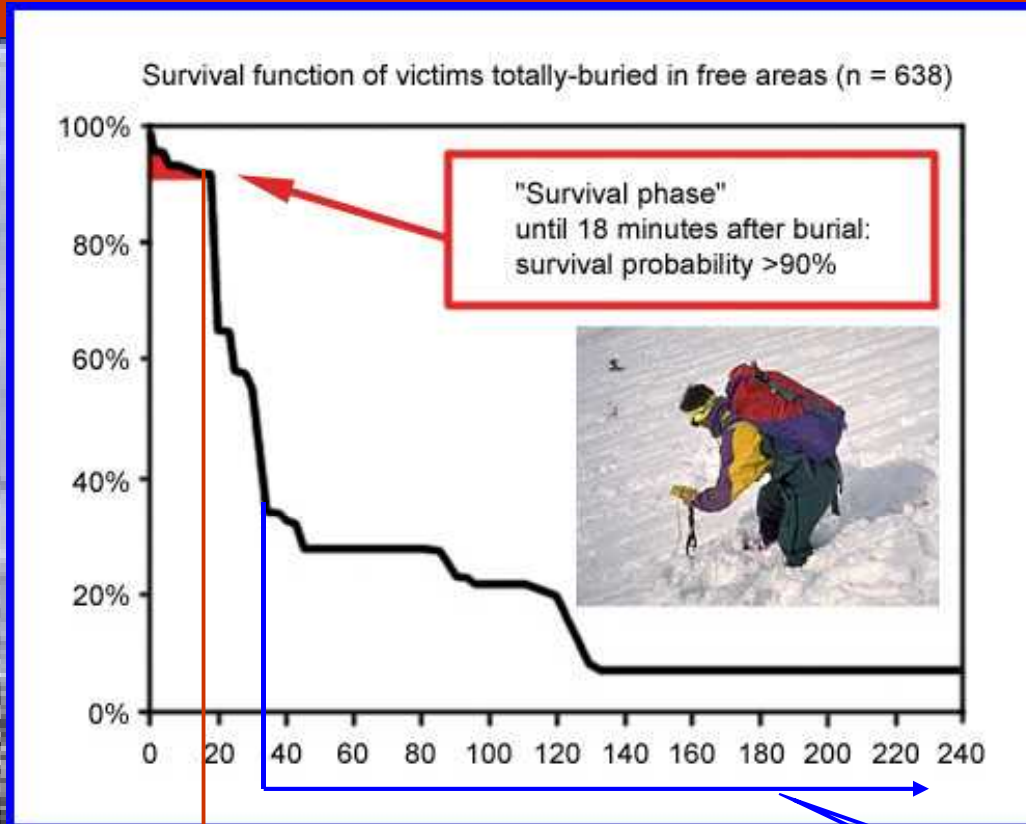
Pattern and severity of injury in avalanche victims.  
Hohlrieder M, Brugger H et al, High Alt Med Biol, 2007 8(1):56-61

Cause of death in avalanche fatalities.  
McIntosh, Grissom et al, Wilderness Envir Med 2007, 18(4):293-7

Patterns of death among avalanche fatalities: a 21-year review. Boyd.J et al, [www.cmaj.ca](http://www.cmaj.ca), Feb., 2009

# Lavinová nehoda

Resuscitation, 2001;51:7-15, Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L, Falk M, Tschirky F. Field management of avalanche victims



- Švýcarská data (1981 – 1998)

- Analýza 638 obětí lavinových nehod v otevřeném terénu v závislosti na době zasypání

**Prvních 18. minut přežívá 90% obětí lavinové nehody „SMRT POČKÁ 18 MINUT“**

> 35 min => riziko hypotermie

## Should strategies for care of avalanche victims change?

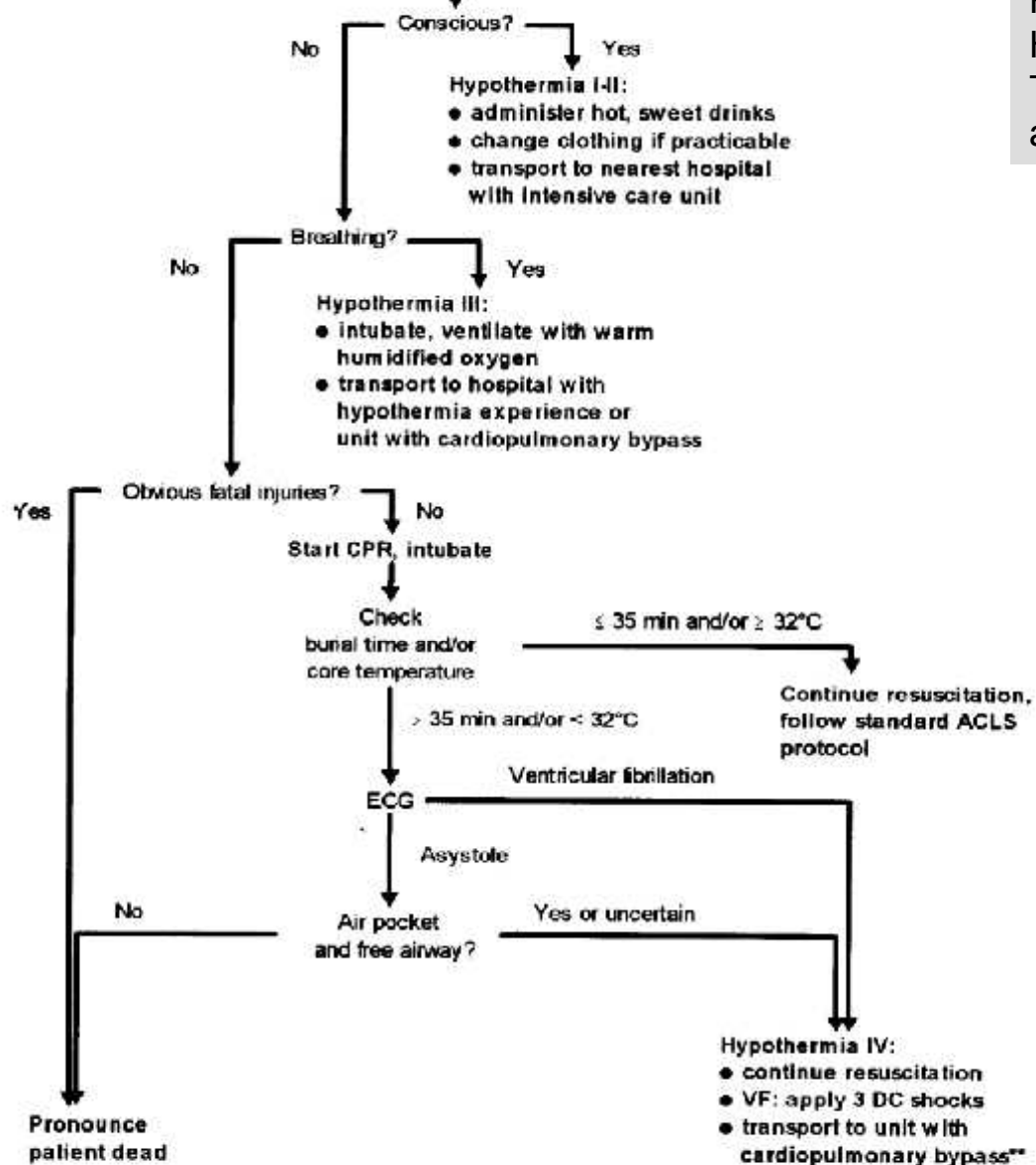
Hermann Brugger MD

Published at www.cmaaj.ca on Feb. 12, 2009.

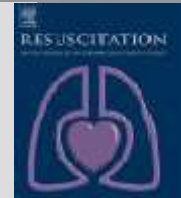


- Lavinový vyhledávač = ↑ rychlost vyhledání (snížení rizika † 55,2% vs. 70,6%)
- Avalung = prodlouží dobu přežití pod sněhem
- ABS systém = prevence kompletního zasypaní (snížení rizika † 2,9% vs. 18,9%)
- Přilba = prevence traumatu hlavy

ASSESSMENT OF THE EXTRICATED PATIENT\*



Resuscitation, 2001;51:7-15, Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L, Falk M, Tschirky F. Field management of avalanche victims



# Avalanche resuscitation algorithm

Hypothermia I: patient alert, shivering (core temperature about 35-32°C [95-89.6°F])  
 Hypothermia II: patient drowsy, non-shivering (core temperature about 32-28°C [89.6-82.4°F])  
 Hypothermia III: patient unconscious (core temperature about 28-24°C [82.4-75.2°F])  
 Hypothermia IV: patient not breathing (core temperature < 24°C [ $< 75.2^{\circ}\text{F}$ ])



Děkuji za pozornost

BRD-AVS