

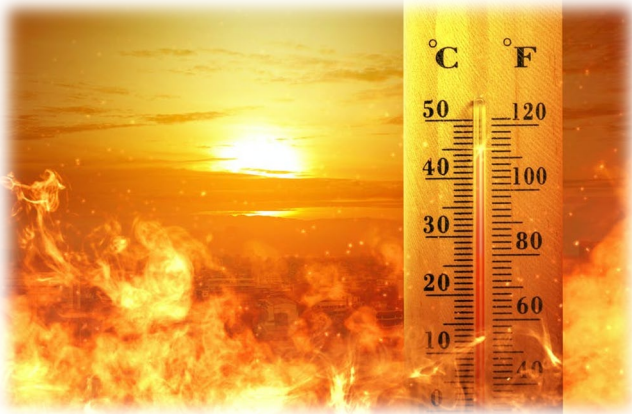


LÉKAŘSKÁ FAKULTA V PLZNI  
UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE



BIOMEDICÍNSKÉ  
CENTRUM

FAKULTNÍ NEMOCNICE  
PLZEŇ

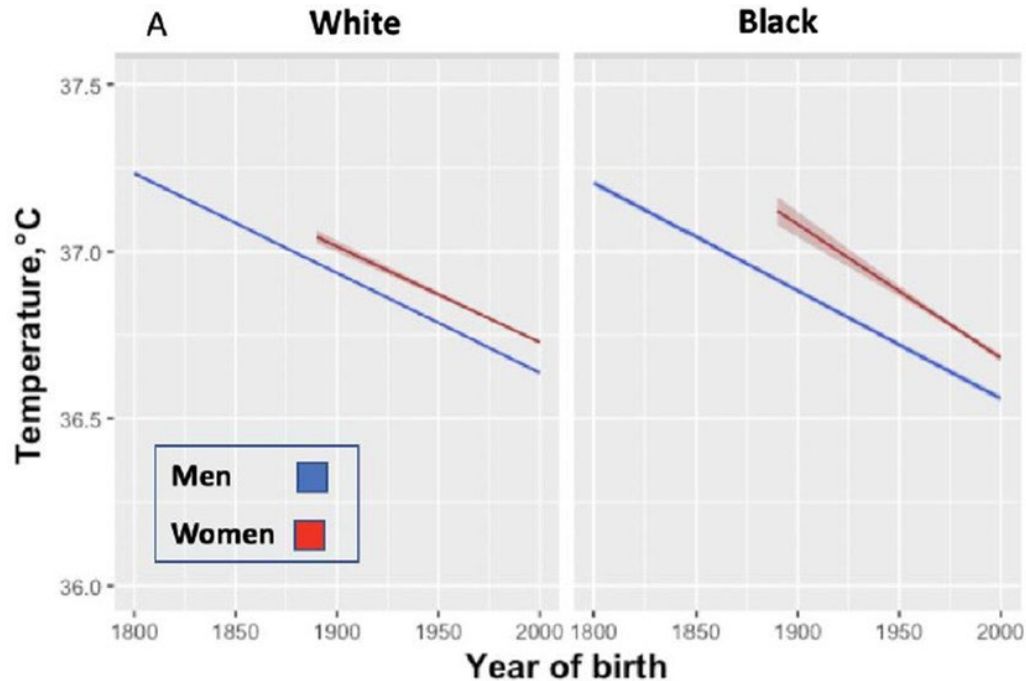


## Tepelný stres – Dr. Jekyll a pan Hyde?

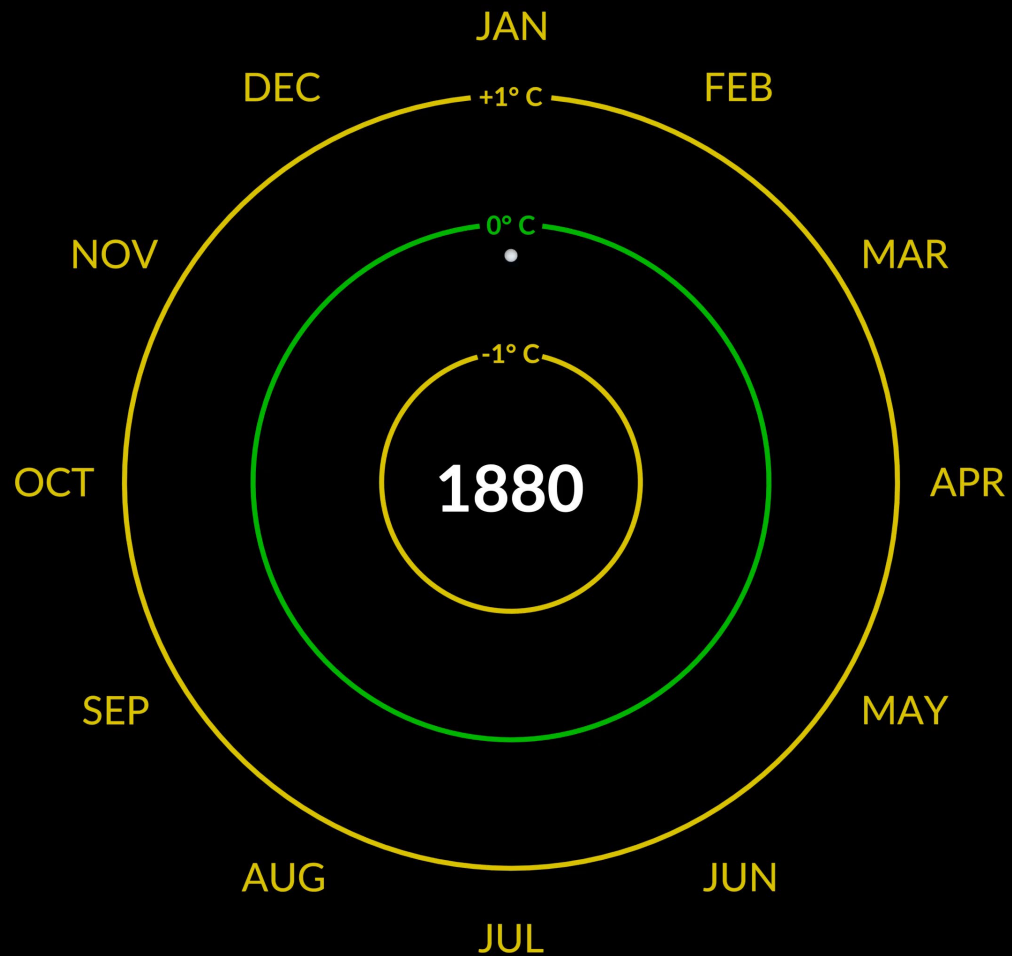
prof. MUDr. Martin Matějovič, Ph.D., FCMA.

[matejovic@fnplzen.cz](mailto:matejovic@fnplzen.cz)

# Ochlazuje se lidské tělo?



men born in the early 19<sup>th</sup> century had temperatures 0.59°C higher than men today, with a monotonic decrease of  $-0.03^{\circ}\text{C}$  per birth decade



# Hot weather and heat extremes: health risks

*Kristie L Ebi, Anthony Capon, Peter Berry, Carolyn Broderick, Richard de Dear, George Havenith, Yasushi Honda, R Sari Kovats, Wei Ma, Arunima Malik, Nathan B Morris, Lars Nybo, Sonia I Seneviratne, Jennifer Vanos, Ollie Jay*

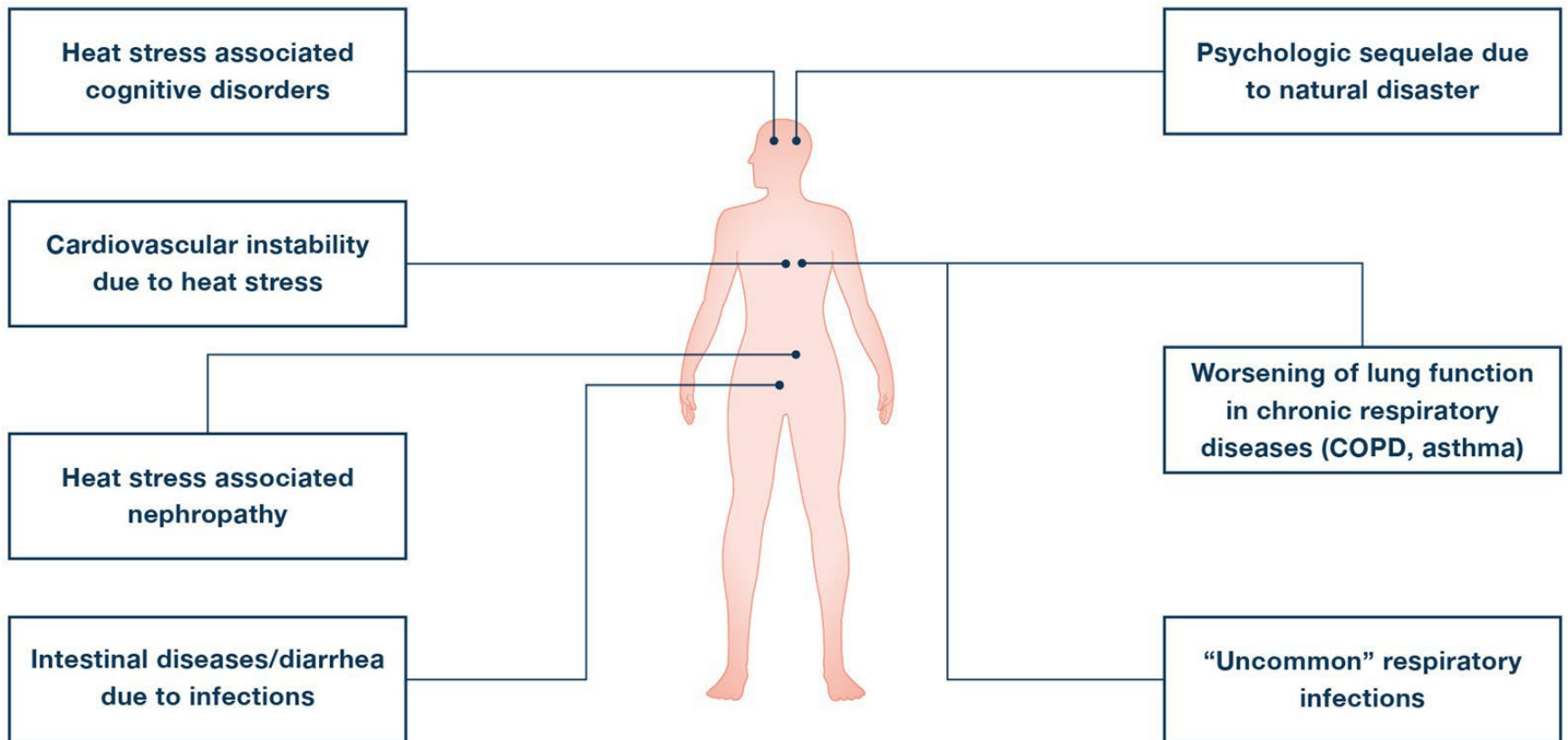
Lancet 2021; 398: 698–708

- ...in 2003 and 2010, respectively, two heat wave-related disasters affected Western Europe, resulting in 70,000 and 55,000 excess deaths
- heat waves such as those could increase 5- to 10-fold in frequency by 2050
- 65 000 ER visits in the US each year from extreme heat exposure

## UNDERSTANDING THE DISEASE

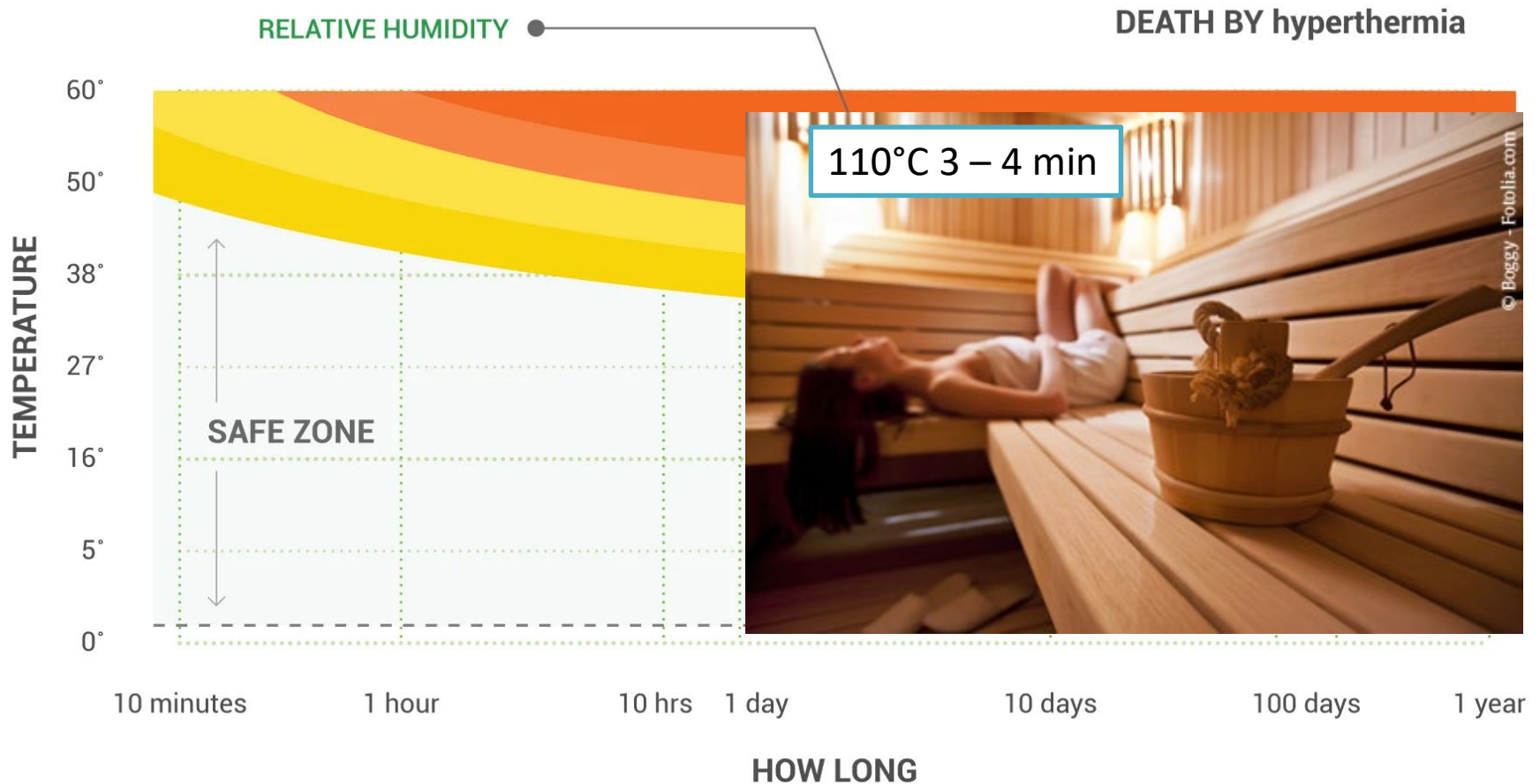
# Climate change, global warming, and intensive care

Thomas Bein<sup>1\*</sup>, Christian Karagiannidis<sup>2</sup> and Michael Quintel<sup>3</sup>



# how hot is too hot to survive?

What's the hottest temperature the human body can cope with?





# Když je tepla příliš





## Rallye Dakar

### Velmi krutá smrt! Polský závodník umřel na přehřátí organismu



## Kent State athlete's death ruled exertional heat stroke

Posted: Sep 19, 2017 10:12 AM

Updated: Sep 22, 2017 10:11 PM

KENT, Ohio (AP) - An Ohio coroner has ruled exertional heat stroke caused the death of a Kent State University football player after an offseason morning workout.

The Portage County coroner's office released the findings of an autopsy of Tyler Heintz on Monday. Heintz died June 13 after being hospitalized following conditioning drills at Dix Stadium.



Tyler Heintz

Kent State fired a strength and conditioning coach who was at the workout. It says he gave false information about his certification. The coach says he was upfront about his credentials and was working toward certification.

Heintz was an incoming freshman. He was recruited from Kenton High School as an offensive lineman.





# 16 letý triatlet

- Sprint triatlon (750m – 20km – 5km)
- Teplota 25°C, vlhkost vzduchu 55%
- 5. km běhu – nalezen v bezvědomí v příkopu
- Zvrací, aspiruje, TT 40.1°C
- Kritický stav
- Urgentní Tx jater
- Propuštění po 4 měsících

# 30 letý amatér, začátečník

- Terénní triatlon (300m – 15km – 4km)
- Teplota 32°C
- Od 3. km „se motá“, mohutně povzbuzován příznivci
- před cílem kolaps, zvrací, porucha vědomí
- Kritický stav – selhání srdce, ledvin, otok mozku
- Měsíc hospitalizace, trvá porucha funkce srdce

# Amatérská 40-letá běžkyně absolvovala svůj první běžecký závod (půlmaraton)

- Teplota 30°C
- V cílové rovince nekoordinované pohyby, při doběhu nepoznává manžela a následně ztrácí vědomí, generalizované křeče.
- RZP registruje teplotu 42 st. C, pacientku intubuje, chladí a transportuje do nemocnice
- 6. den úmrtí na podkladě maligního otoku mozku a refrakterního šoku

	pacient 1	pacient 2	pacient 3	pacient 4	pacient 5	pacient 6
věk	30	23	39	41	16	36
BMI	22.35	21.9	25.6	24.4	24.7	25.2
sport	rekreačně	rekreačně, příležitostný běh	rekreačně, poslední 3 měsíce intenzivně	rekreačně	plavání, sledován v oddíle sportovním lékařem, před během vs viróza	netrénovaný, týden před startem střešní chřipka
závod (délka)	10 km	10 km	11.7 km	10.5 km	triathlon	10 km
teplota vzduchu	30.8	27	27	30	25	15
vlhkost vzduchu	49%	74%	30%	69%	55%	65%
kolaps	10. km	9. km	10. km	8. km	6. km	9. km
		porucha visu, porucha vědomí, hypoglykemie				
	bezvědomí, tachykardie, hypoventilace	spadovem urg příjmu, aspirace) TT 40 st (dantrolen)	hypotenze	bezvědomí, křeče, tachypnoe, TT 39 st	bezvědomí, úžeh, dehydratace, křeče, intubace TT 40 st	bezvědomí, prechodné apnoe, neklid TT 37.2 st
klinický obraz	TT 40.2		TT 39 st	TT 40 st	TT 40.1 st	TT 37.2 st
překlad do IKEM pro ASJ	5. den	3. den	4. den	3. den	4. den	7. den
CRRT	ne	ano	ne	ano	ano	ano
Prometheus	ne	ano	ne	ano	ano + ECMO	ne
zařazení na WL k LT	ano	ano	ne	ano	ano	ne
transplantace jater	ne	ne	ne	ano	ano (ECMO)	ne
aktuální stav	reparace jater i ledvin, vyřezení z WL, stabilní, žije	reparace jater i ledvin, vyřezení z WL, stabilní, žije (pneumonie, výpotky, resekcce plic)	reparace jater i ledvin, stabilní, žije	stabilizace po LT, štěp funkční, AKI, 25.den úmrtí (sepse, hemoragický šok)	žije po transplantaci jater	žije, reparace jater i ledvin

(Courtesy of Dr. Kieslichová, IKEM)



# Heat stroke - nejčastější příčina smrti atletů, které ale ve 100% zabránit



Křeče z horka

Tepelné vyčerpání

Akutní tepelné postižení (Heat injury)

Akutní těžké tepelné trauma (Heat stroke)

# Kdo je v riziku?



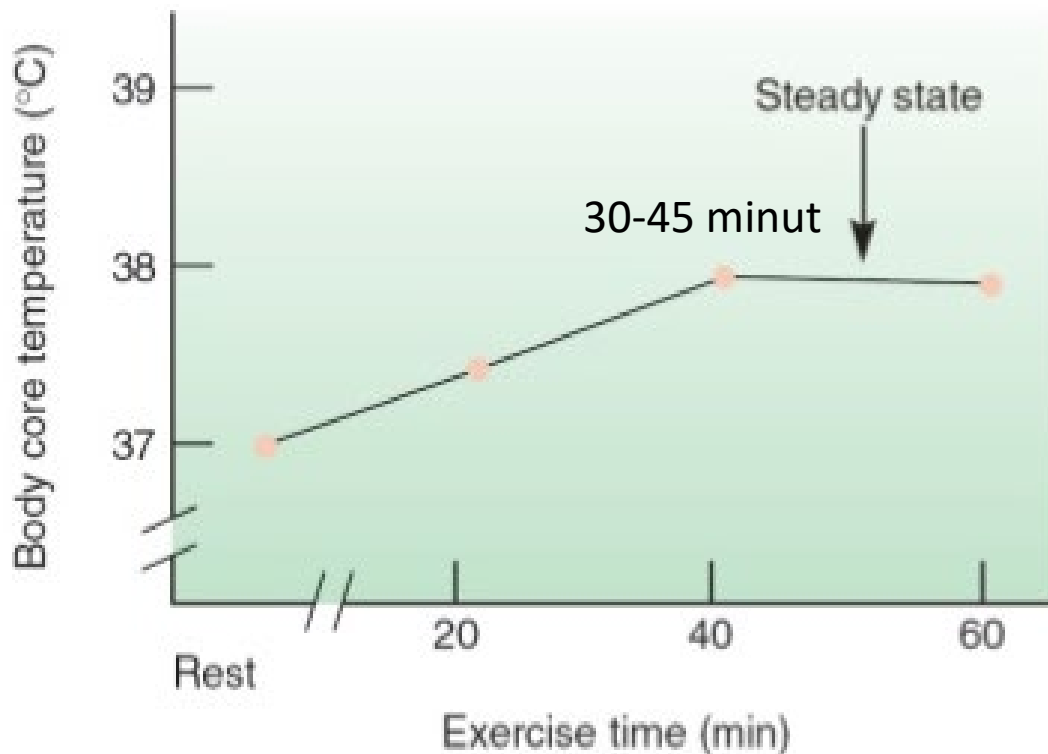
**Kdokoliv je v riziku!**

# Tělesná teplota v průběhu zátěže



70- 80% energie práce svalů = teplo  
Větší svalové skupiny = více tepla

Submaximální zátěž v **běžných klimatických podmínkách**

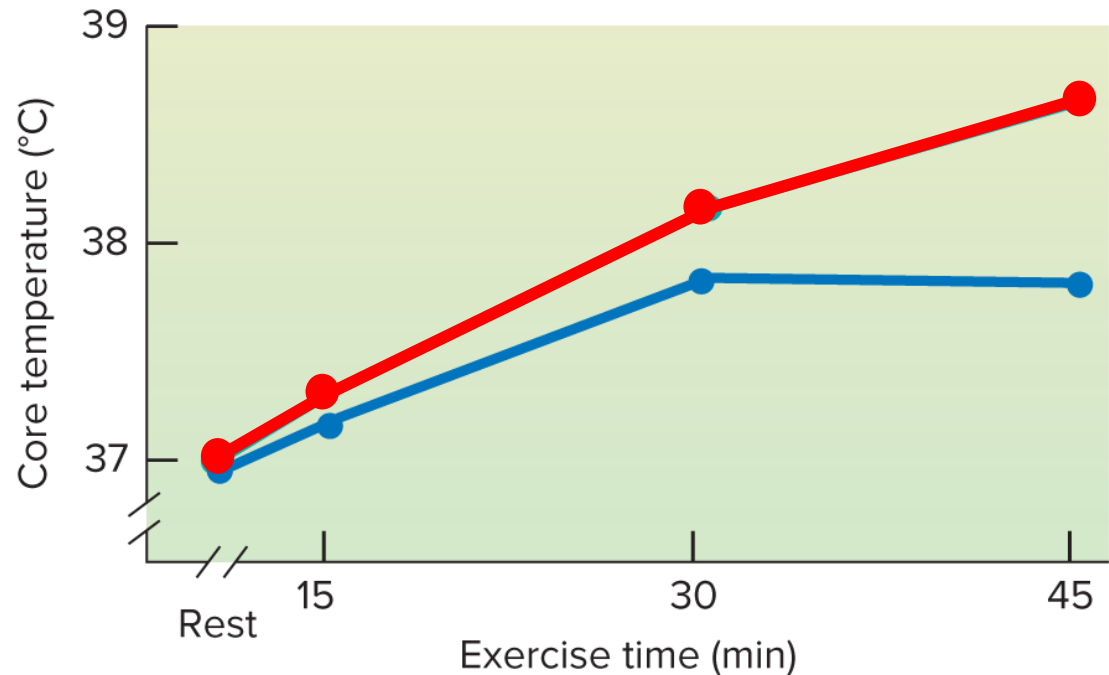


# Co se děje v těle v horku?

## Submaximální zátěž v horku/vysoké vlhkosti



70- 80% energie práce svalů = teplo

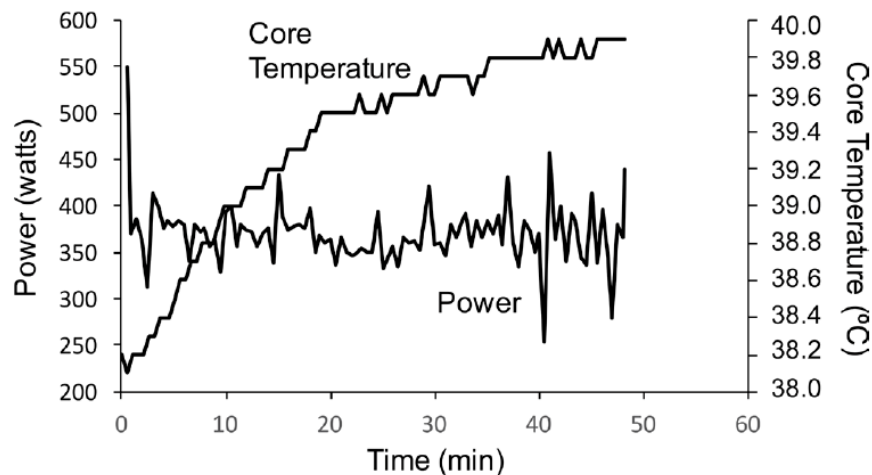


Source: Scott K. Powers, Edward T. Howley; *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*, 10e  
Copyright © McGraw-Hill Education. All rights reserved.



# Core temperature up to 41.5°C during the UCI Road Cycling World Championships in the heat

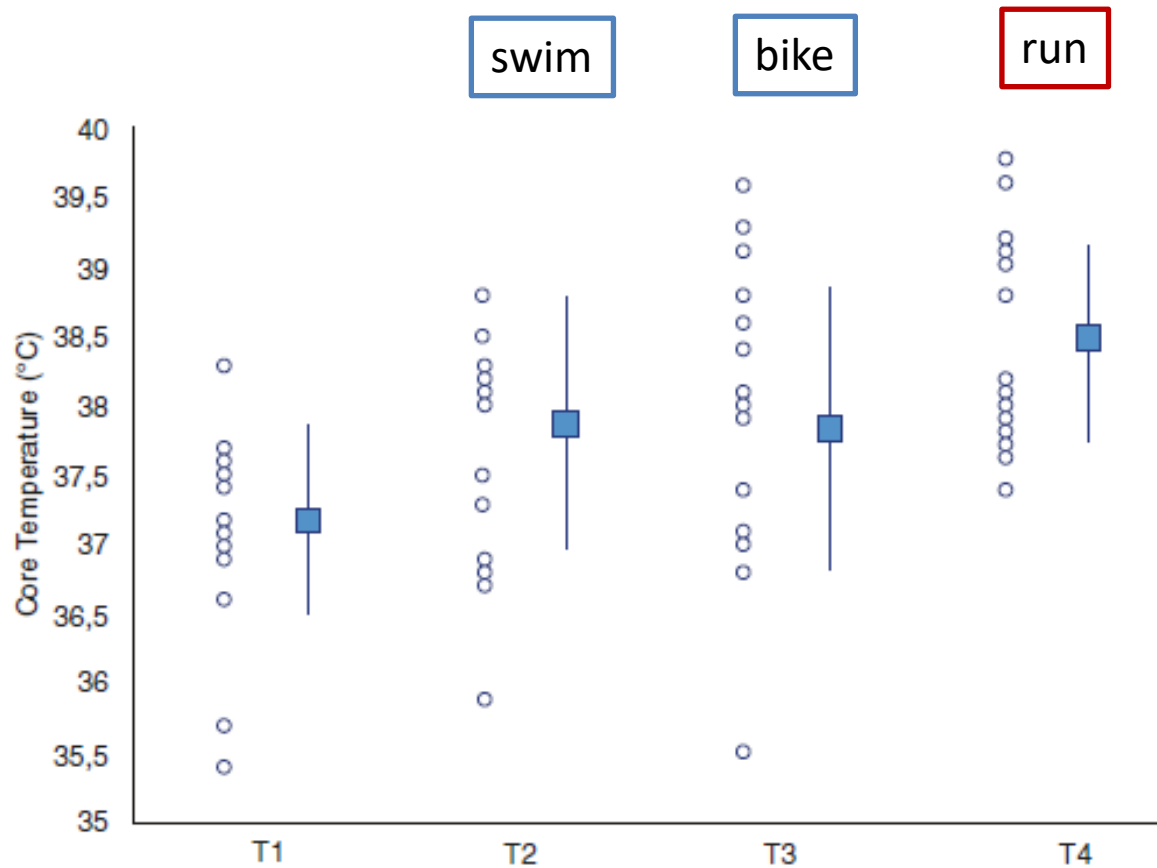
Sebastien Racinais,<sup>1,2</sup> Sebastien Moussay,<sup>3</sup> David Nichols,<sup>1</sup> Gavin Travers,<sup>1</sup>  
Taoufik Belfekih,<sup>1</sup> Yorck Olaf Schumacher,<sup>1</sup> Julien D Periard<sup>1,4</sup>



**10 účastníků T core > 40°C**  
**Nejvyšší naměřená T core 41.5°C**



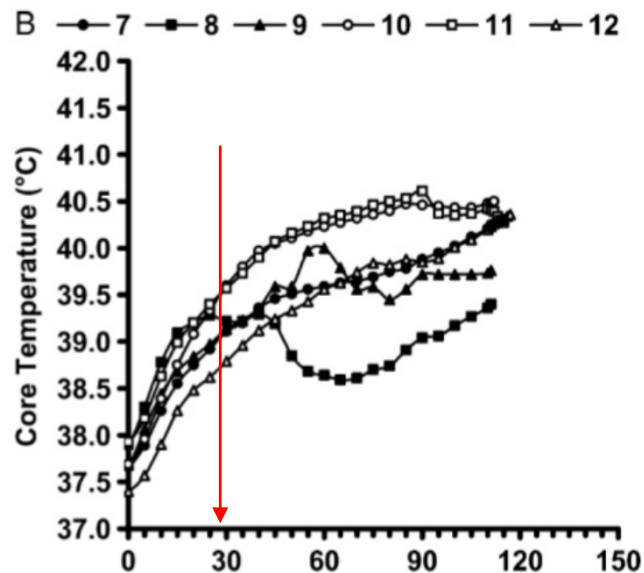
# Triatlon (1/2 IM)



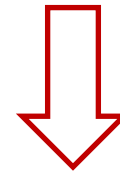
# Jak rychle může dojít k přehřátí?

Med. Sci. Sports Exerc., 2006.

Running Time (min)

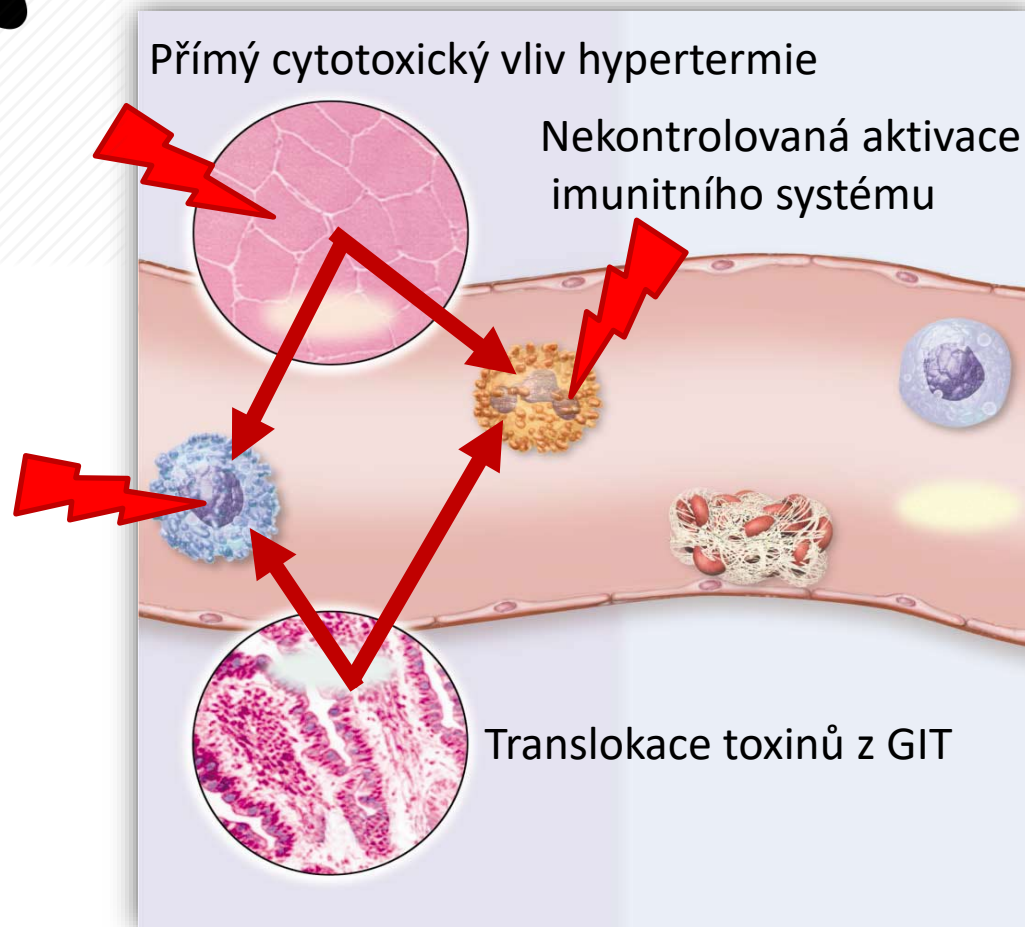


- Atlet dokáže zvýšit svůj metabolismus 20-25x  
= 20 kcal/min (= 4 l O<sub>2</sub>/min)



=  1°C během 5-7 minut

# Když se vše vymkne kontrole



Křeče, kóma  
Cirkulační šok  
Rabdomyolýza  
Selhání jater  
AKI  
DIC  
ARDS





# Alarmující symptomy

- Atlet má zřetelné problémy pokračovat ve výkonu
  - Má potíže s koordinací, „motá se“
  - Objevuje se dezorientace, iracionální chování, podrážděnost, nekritické chování (chce závod za každou cenu dokončit, odmítá pomoc)
- = hypertermicko-neurologická fáze

**Kritický stav: bezvědomí, křeče, inkontinence, šok**

**Jonny Brownlee helped over line by brother  
Alistair**



# Léčba – na scéně

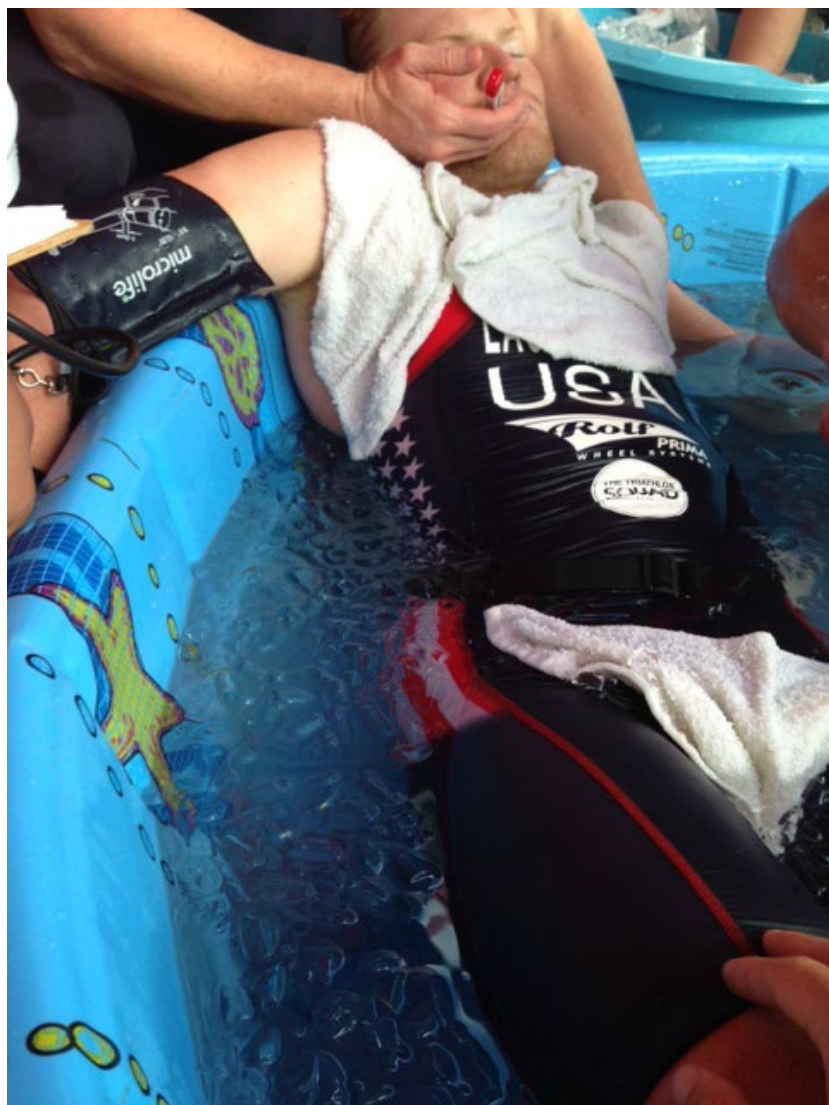


- Měření teploty - jediná relevantní je rektální
- Pokud nelze a je podezření na tepelné trauma, je třeba zahájit bezprostředně chlazení
- **Chybou není chladit zbytečně, ale chlazení nezahájit vůbec**
- **Nejdůležitějším opatřením je co nejrychlejší a agresivní ochlazení organismu.**
- Každá minuta opožděného chlazení od vzniku závažných symptomů zhoršuje prognózu postiženého sportovce.
- **První půlhodina je zcela rozhodující („zlatá půlhodina“ )**
- Zajištění účinného chlazení a dosažení teploty jádra pod 39°C má prioritu před transportem (strategie „**first cool, transport second**“!)
- I.v. krystaloidy (1–2 l/hr); ale **dehydratace není hlavní problém!**

# Chlazení

- nejúčinnějším způsobem je celotělové ponoření atleta do lázně s chladnou vodou (trup + končetiny)
- lze dosáhnout poklesu tělesné teploty o 0.2- 0.3°C na každou minutu chlazení. Optimální teplota vody se pohybuje mezi 2-15°C
- efektivního ochlazení je však možné dosáhnout i při vyšších teplotách lázně
- jakýkoliv způsob chlazení je lepší než chlazení žádné
- farmakologická antipyretická léčba nefunguje



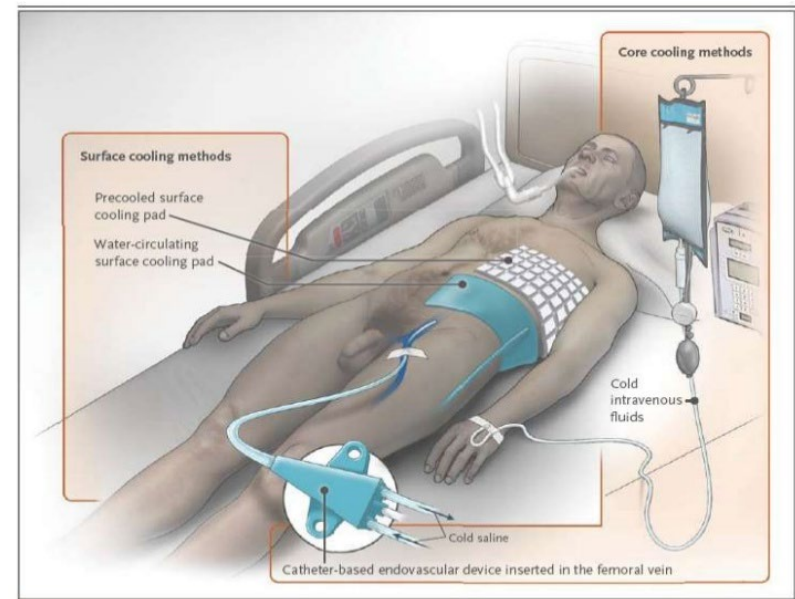


ČESKÝ  
OLYMPIJSKÝ  
VÝBOR



# Léčba – na ER/ICU

- Monitorace rektální nebo vesikální T do dosažení Tcore <38.0°C;
- Chlazené i.v. roztoky (4°C, 1000 ml/30 min)
- Dantrolen není účinný
- Standardní high quality ICU care



# Heat stres jako lék?



-Costumes are by Paper.Doll-

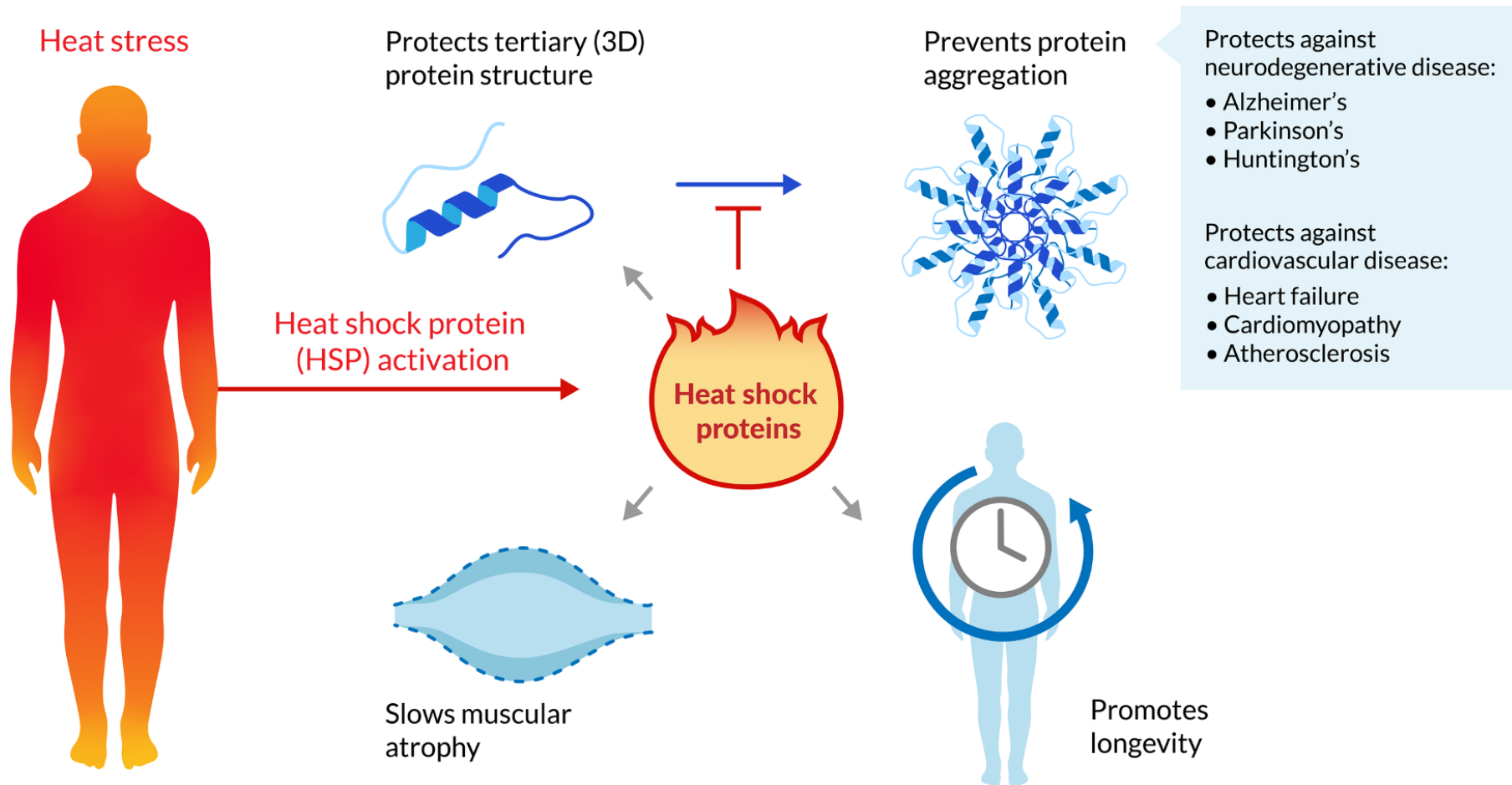
## Good Vs. Evil

-Girlfriends Pose - Includes 2nd pose to use without pitchfork - Copy, Modify, No Transfer-

# Sauna use as a lifestyle practice to extend healthspan

Rhonda P. Patrick<sup>a,\*</sup>, Teresa L. Johnson<sup>b</sup>

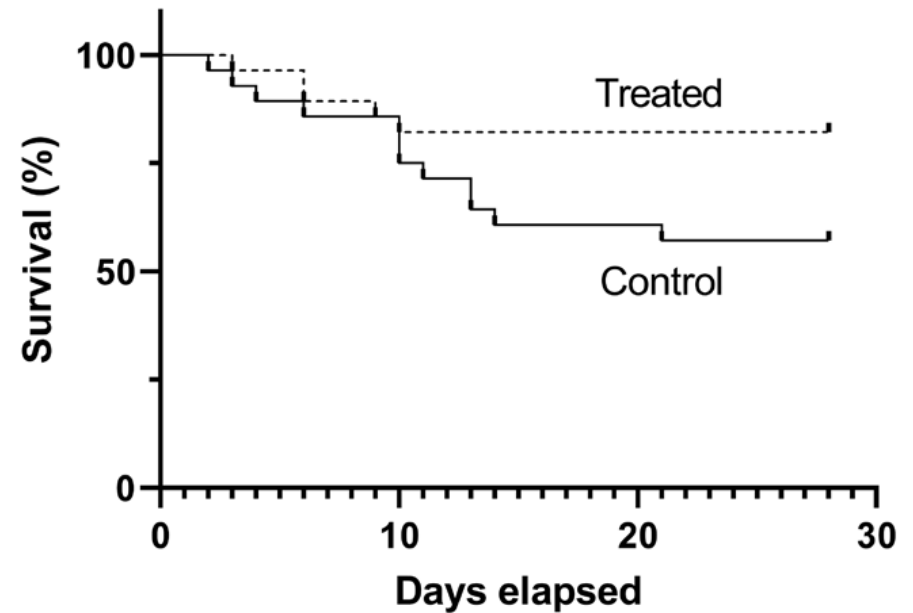
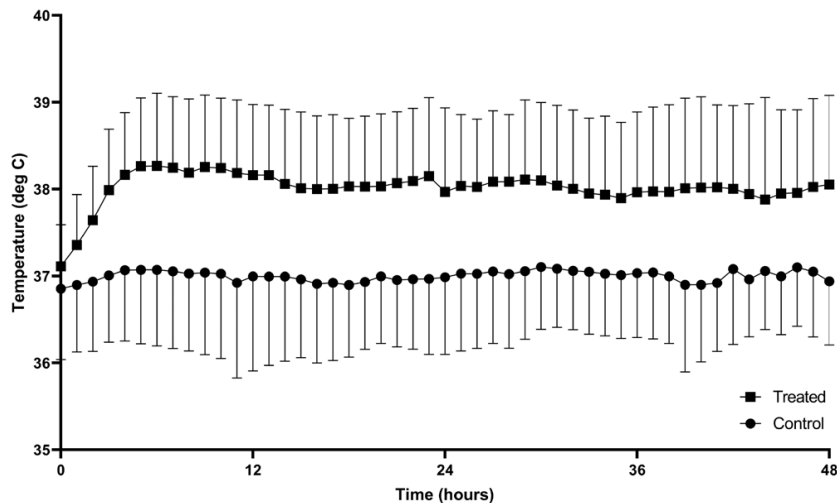
Experimental Gerontology 154 (2021)



# Therapeutic Hyperthermia Is Associated With Improved Survival in Afebrile Critically Ill Patients With Sepsis: A Pilot Randomized Trial

Richard S. Hotchkiss et al.

Critical Care Medicine, in press





# Děkuji!



# Překročení kardiovaskulárních limitů – smrtelná spirála

80-90%  $VO_{2max}$



+



+



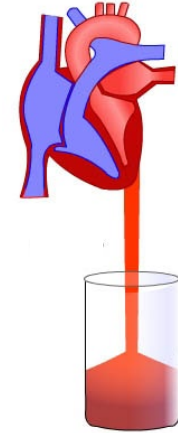
3l/h



Srdeční frekvence



Tepový objem



Srdeční výdej



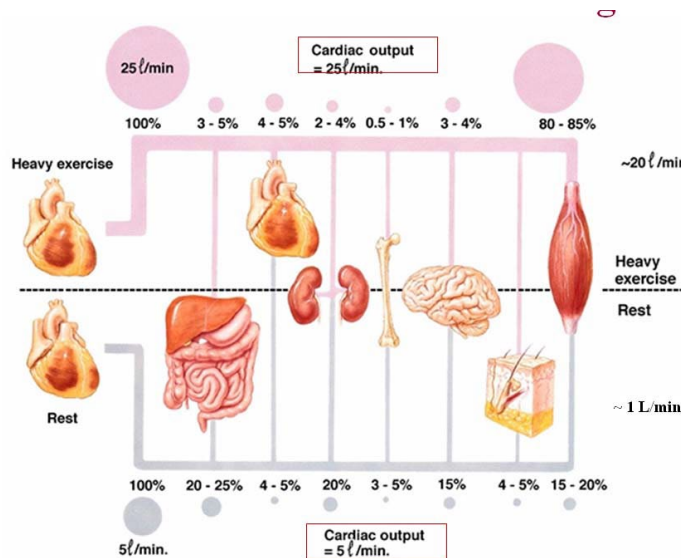
Krevní tlak



Selhání termoregulace, exhausce

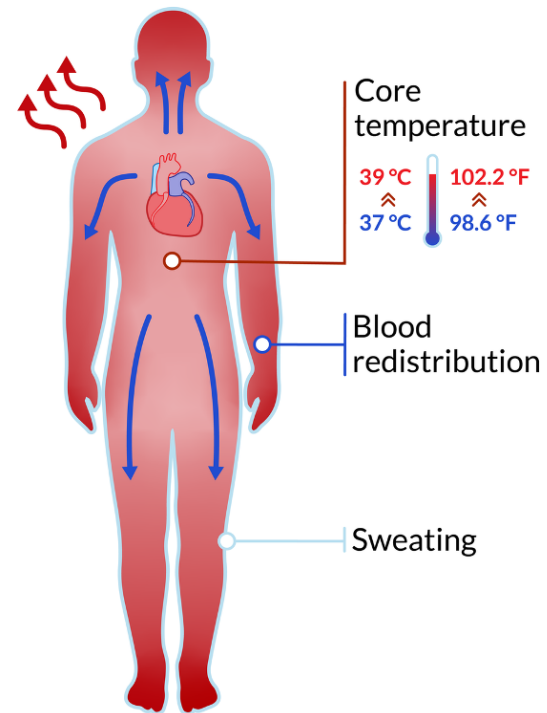
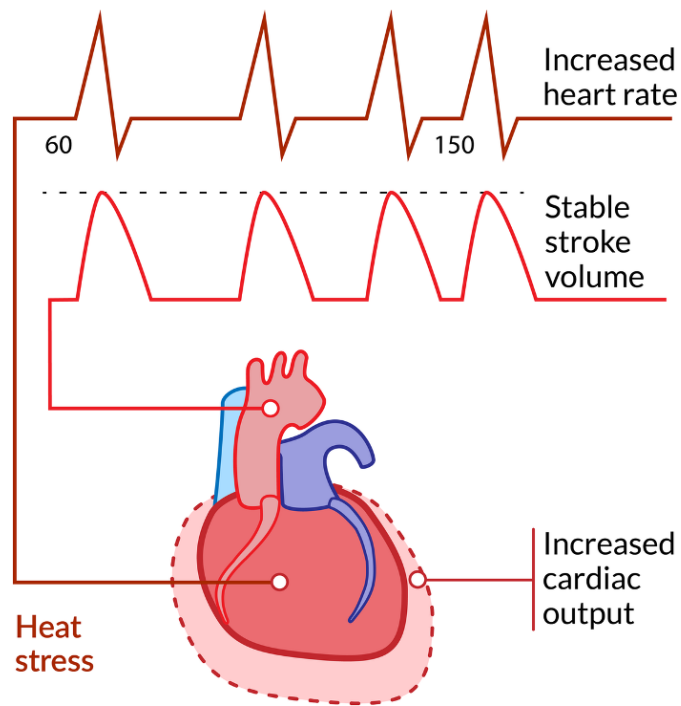


Redukce perfúze svalů/kůže



Největší nároky na oběhový systém a současně nejvyšší riziko rozvoje nekontrolovatelné hypertermie a syndromu z přehřátí představuje kombinace tří faktorů:

1. Příliš vysoká metabolická produkce tepla, tj. trvající zátěž na úrovni 80-90 % maximální spotřeby kyslíku ( $VO_2\text{max}$ )
2. Dosažení maximální fyziologické kapacity pocení
3. Prostředí/oděv bránící maximálním kožním ztrátám tepla



# Jak poznám, že kolaps v cíli je „benigní“

Posturální hypotenze spojená s fyzickou aktivitou (60% všech akutních stavů)



Elevace DK na úroveň srdce

- diagnostický + terapeutický test
- vždy ABC + stav vědomí (**normální!**)
- pokud alterace vědomí – vždy změř T



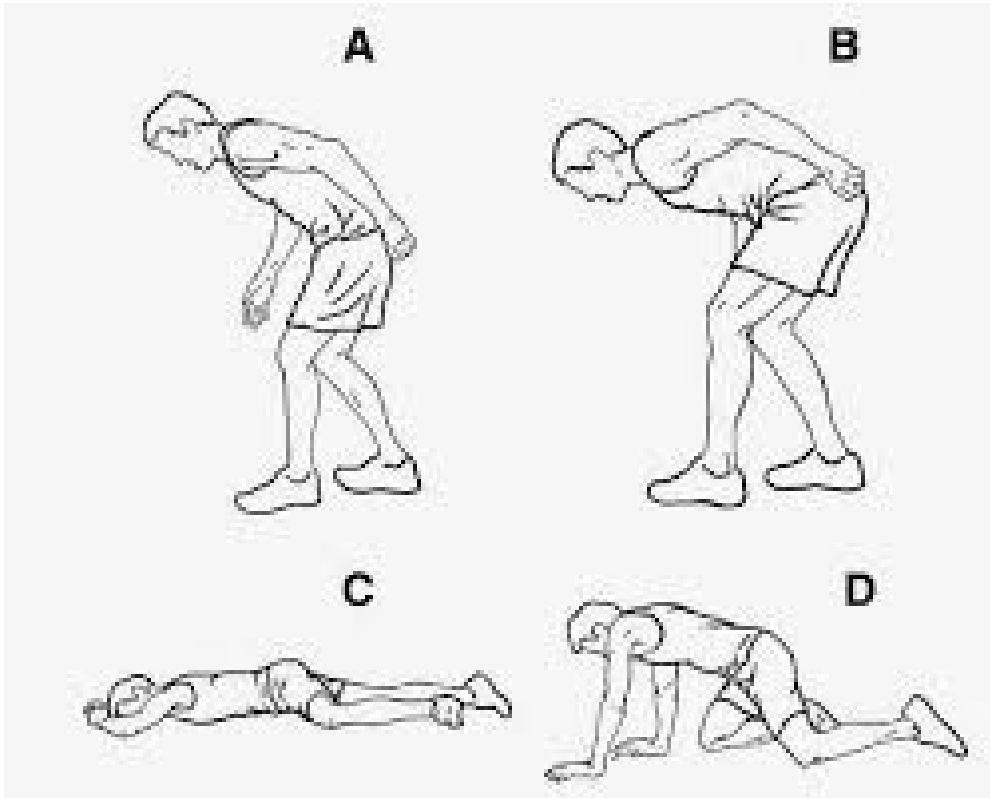
Zarudlý obličej s výbledem kolem úst

Oči zavřené do chvíle zotavení

Naopak, u přehřátí často bledost

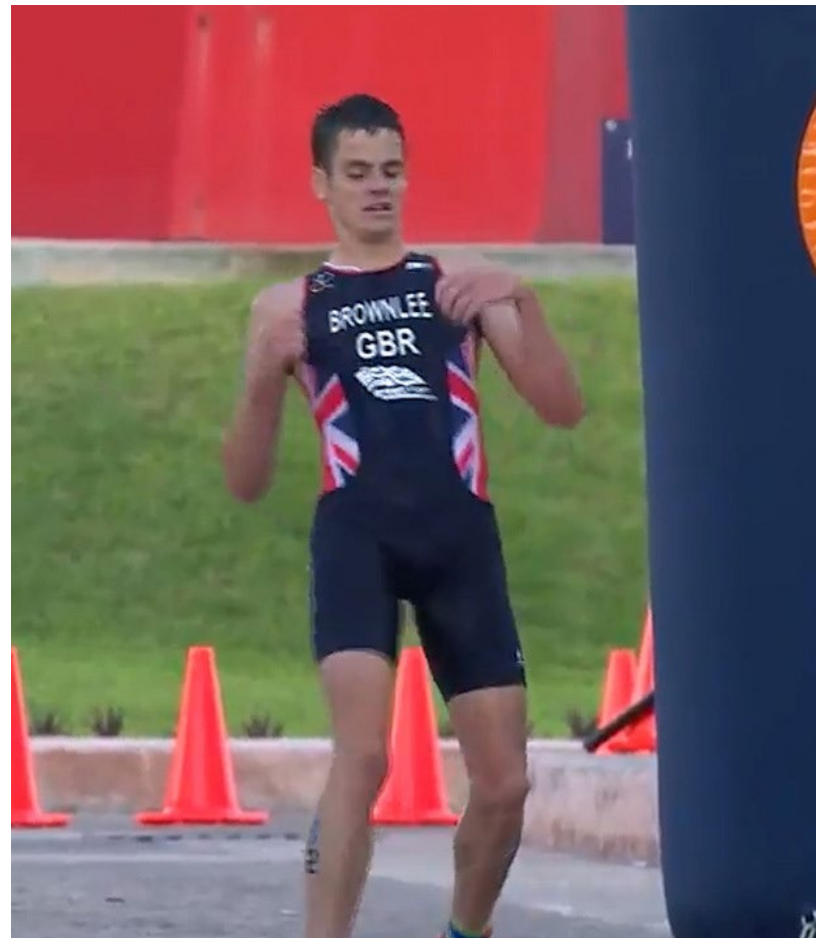
**Důležité! Potíže při benigním kolapsovém stavu při uvedených opatřeních rychle odeznívají – do 10-15 minut (max 30 min)**

**Nutnost opakovaného přehodnocení zdravotního stavu**



# The Foster Dynamic Collapse Po





<https://youtu.be/G-fZW0pJPR0>

# Heat Stress in Sport and Exercise

After our personal experiences, Jonny and I consider heat illness to be a very dangerous condition and one that doesn't get the attention it deserves. Any further study and attention it garners is welcomed enthusiastically by both of us, and so it is a great honour to write the foreword for this book. Whether you are a researcher, student, coach or interested athlete, I hope you find it a valuable and enjoyable read.

Bramhope, UK

Alistair Brownlee

2× Olympic Gold Medallist (2012, 2016)

2× ITU Triathlon World Champion (2009, 2011)

3× European Champion (2010, 2011, 2014)

Commonwealth Games Champion (2014)