



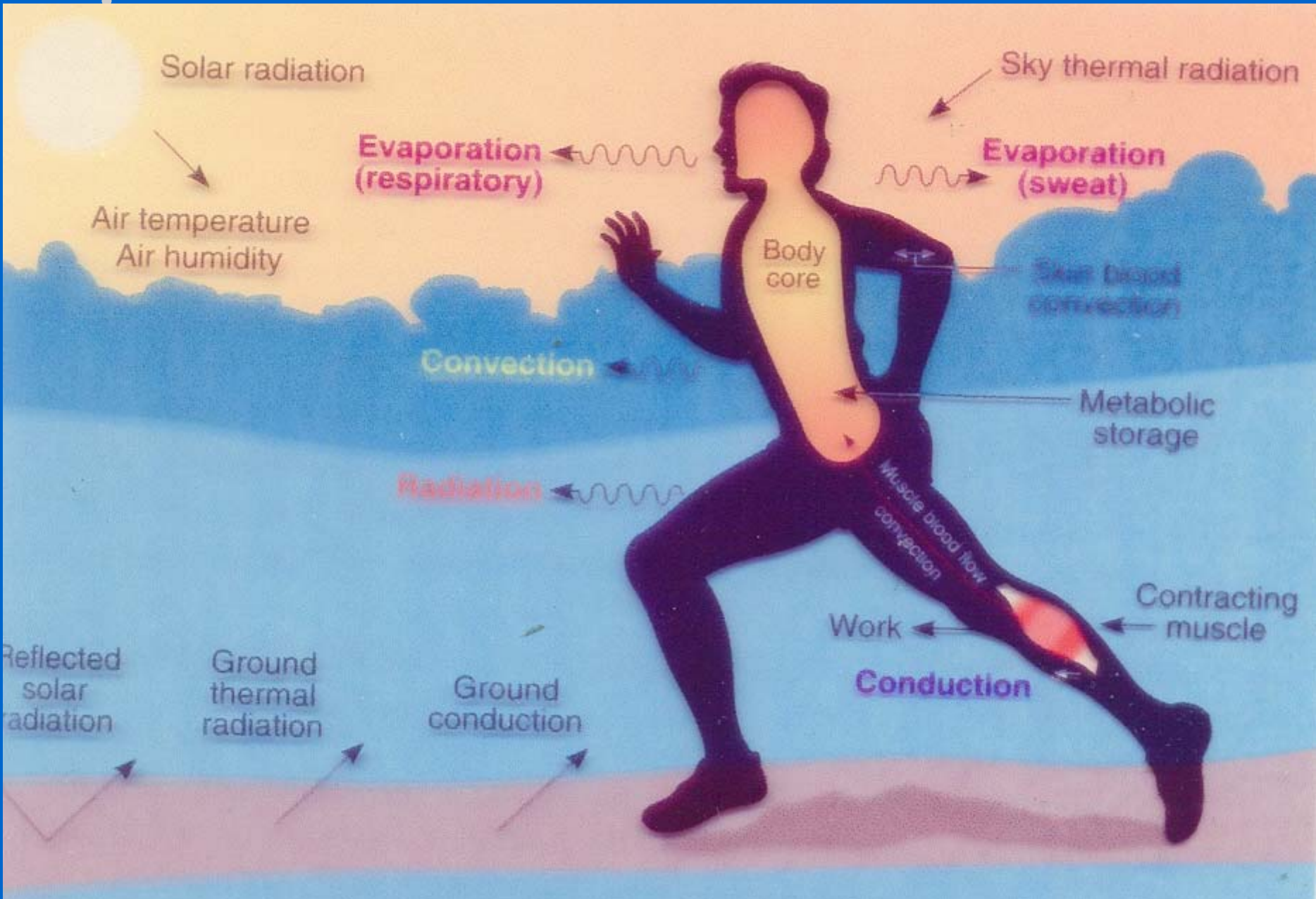
Termoregulace a výkon

Cvičení v horku



Doc. MUDr. Jiřina Máčková, CSc.
Subkatedra tělovýchovného lékařství IPVZ
Klinika TL, FN Motol
e-mail:jirina.mackova@lfmotol.cuni.cz





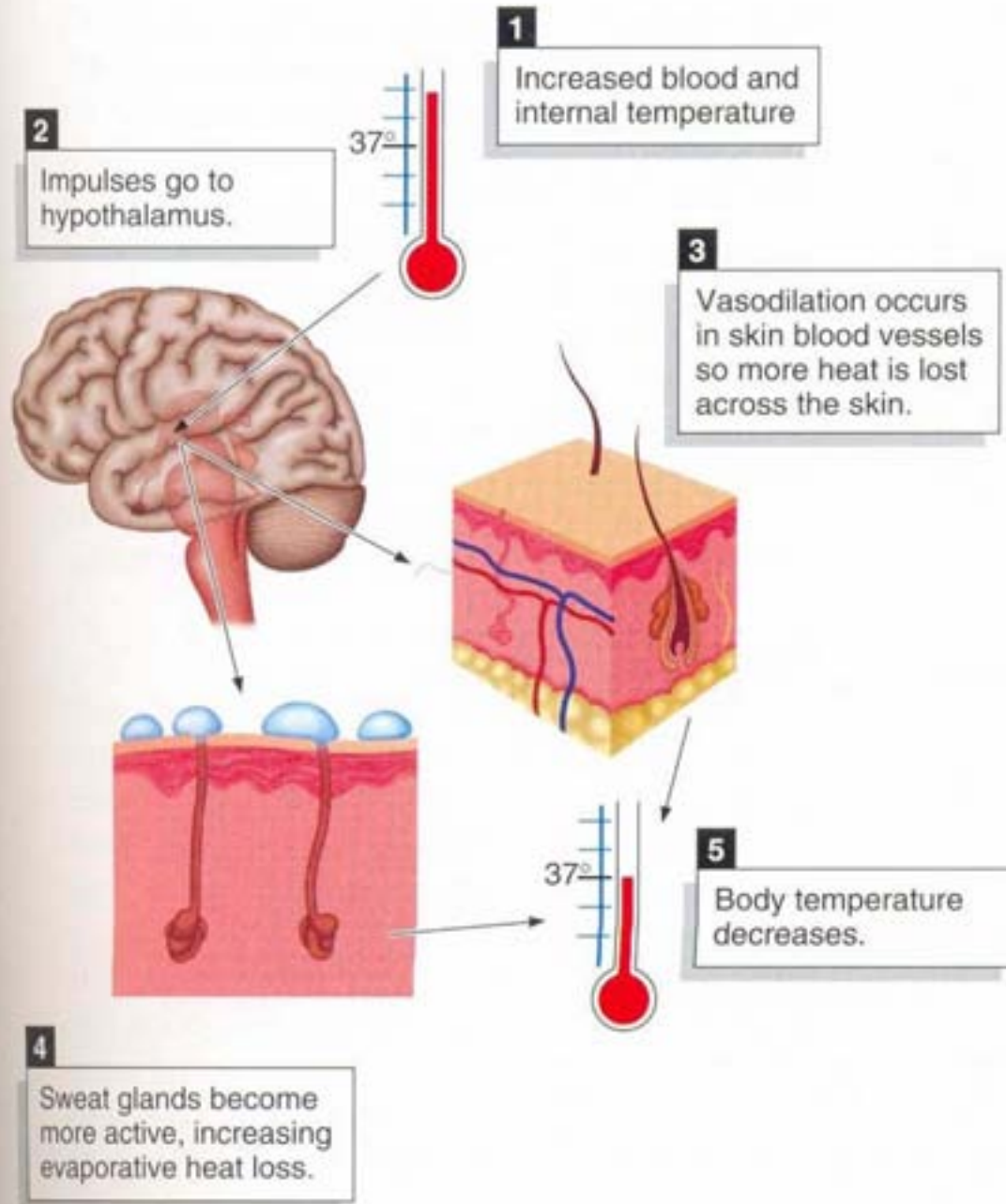
Odhad výdeje tepla při prolongovaném cvičení v horku

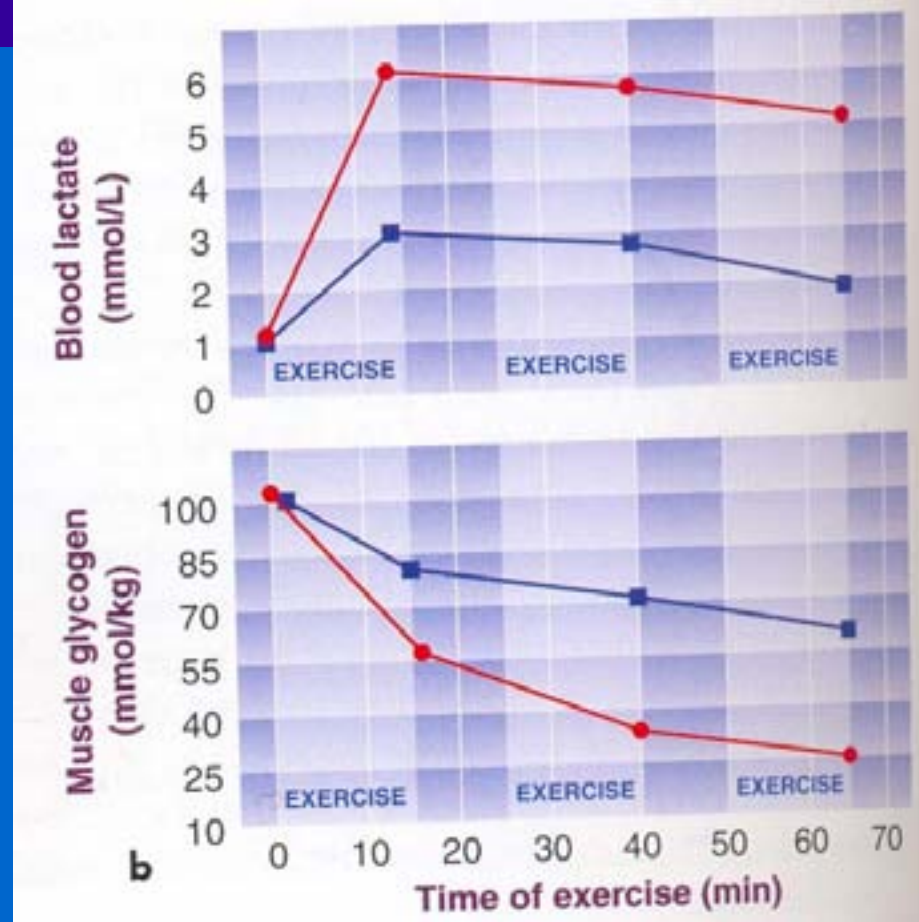
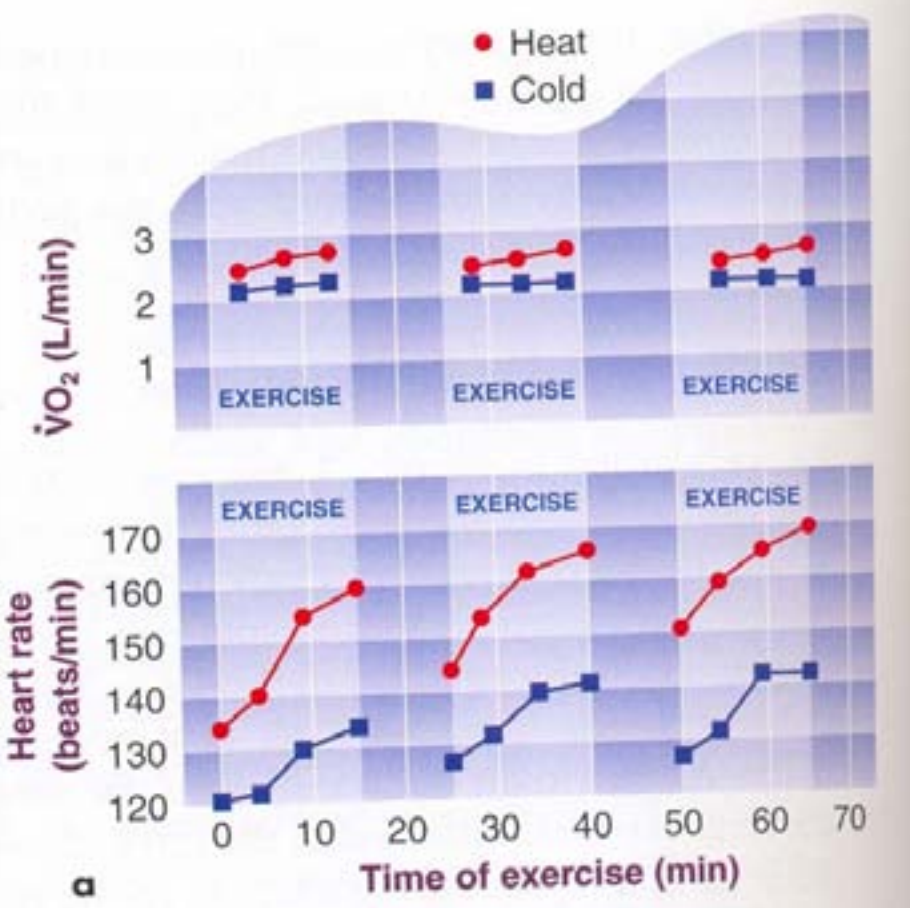
Mechanismus výdeje tepla	Klid		Cvičení	
	celkové %	kcal/min	celkové %	kcal/min
kondukce a konvekce	20	0,2	15	2,2
radiace	60	0,9	5	0,8
odpařování	20	0,3	80	12,0

Koncentrace Na^+ a Cl^- v potu při cvičení v horku

osoby	Na^+ mmol.l^{-1}	Cl^- mmol.l^{-1}	K^+ mmol.l^{-1}
muži netrénovaní	90	60	4
trénovaní	35	30	4
ženy netrénované	105	98	4
trénované	62	47	4

Hyperthermia





Symptomatologie ztráty tělesných tekutin

% tělesné hmotnosti

- 1 prostá žízeň
- 2 úporná žízeň
- 3 vyschlé sliznice, začátek hemokontrace
- 4 snížení výkonnosti o 20-30 %
- 5 poruchy koncentrace, bolest hlavy, spavost
- 6 zvýšení tělesné teploty, necitlivé končetiny
- 7 kolaps, tepelný šok
často při cvičení v horku

Teplota 43 °C vyvolá zhoubné krvácení vedoucí ke smrti

Vyčerpávající cvičení

40

Vzrušení, druhá polovina menstruačního cyklu. může být výjimečně normální u některých aktivních dospělých a dětí

38,9

37,8

„Normální“ rozmezí

37

36,7

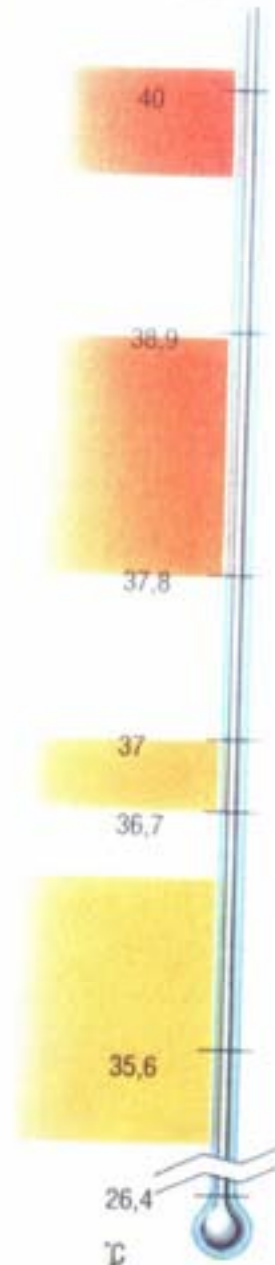
Studené počasí, brzy ráno ve spánku

35,6

Výsledkem je srdeční selhání vedoucí ke smrti

26,4

°C



Subjektivní symptomy spojené s přehřátím

Tre (°C) Symptomy

40 -40,5 pocit chladu na břicho a na zádech,
piloerectio

40,5-41,1 svalová slabost, desorientace,
ztráta posturální rovnováhy

41,1-41,7 omezené pocení,
ztráta vědomí a kontroly vegetativních funkcí

>42,2 smrt

Tělesná hmotnost, výška a povrch těla dospělého a dítěte

Osoba	hmotnost (kg)	výška (cm)	povrch těla (m)	poměr povrch:hmotnost
dospělý	85	183	2,1	2,47
dítě	20	100	0,8	3,16

Poruchy z tepla

kombinace stresu okolní teploty a neschopnosti odvádět metabolické teplo

- křeče z horka

ztráta vody a minerálů z nadměrného pocení

- tepelné vyčerpání

neadekvátní průtok svaly a kůží při dlouhodobé expozici život neohrožuje, ale neléčené může přejít v selhání

- tepelné selhání

neléčené selhání mechanismu termoregulace může být fatální

- Heat cramps
- Heat exhaustion
- Heat stroke

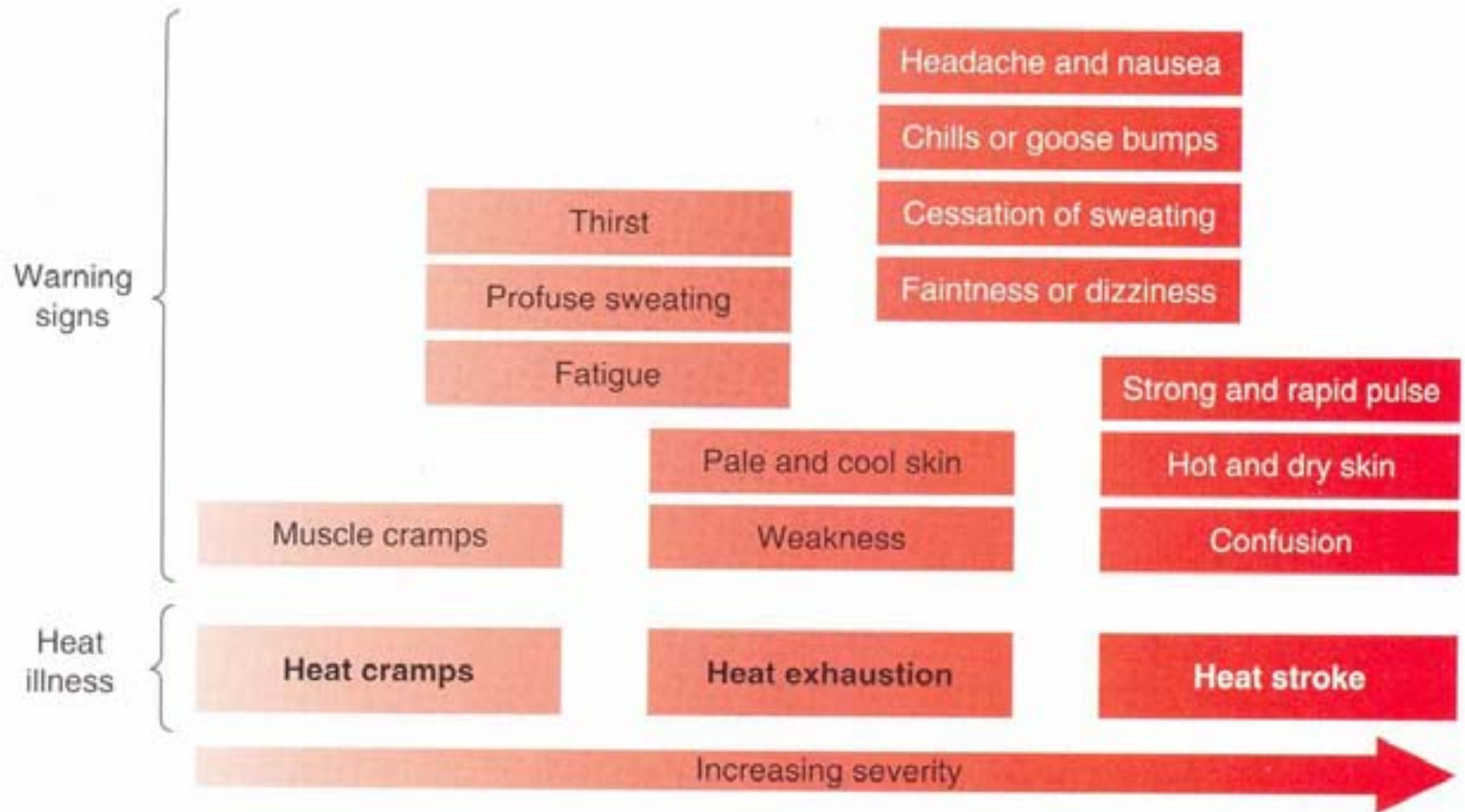


Figure 10.9 The warning signs of heat cramps, heat exhaustion, and heat stroke. © PepsiCo 1995. Reprinted with permission.

Klinika poruch regulace tepla při sportu

Křeče z horka

Prevence:

- předejít ischemii svalstva
- příjem vody před cvičením
- progresivní trénink
- aklimatizace

Klinický nález:

- výskyt na začátku sezóny
- bolestivé silné kontrakce svalstva
(gastrocnemius, hamstringy)

Léčení:

- zastavit cvičení
- doplnit deficit vody
- progresivní trénink (kondice)

Vyčerpání z tepla

Prevence: aklimatizace

- příjem vody před cvičením
- vodní stanice
- vodní přestávky
- **nahradiť ztráty vypocené vody**

Klinický nález: červená, vlhká kůže

- závratě, poruchy visu
- únava
- synkopa
- zvýšená rektální teplota

Léčení: monitorovat rektální teplotu

- zvrátit deficit tekutin
- chladit ledem a fénem
- tekutiny per os nebo i.v. (1-2 l za 2-4 hod)

Tepelný šok

Prevence: identifikace vysoce rizikových osob
vážení svlečeného před a po cvičení
vyvarovat se kumulace deficitu vody

Klinický nález: šokový stav (synkopa nebo koma)
- horká, bledá, suchá kůže (více jak 50%)
- selhání termoregulace
- zvyšující se hyperpyrexie ($> 40^{\circ}\text{C}$)

Léčení: záchranná služba, hospitalizace
- chladit ledovou lázní
- i.v. tekutiny 1-2 l
- komplikace (křeče, koagulopatie, selhání jater, ledvin)

Aklimatizace na teplo

Opakovaná expozice stresu tepla vede k postupnému zvýšení schopnosti odvádět nadbytečné teplo

- * stoupá rychlost pocení
- * snižuje teplotu kůže
- * zvyšuje teplotní gradient (jádro-povrch) a odvod tepla
- * snižuje využití glykogenu, oddálí začátek únavy

vyžaduje to cvičení v horku, nikoliv pouze expozici horku

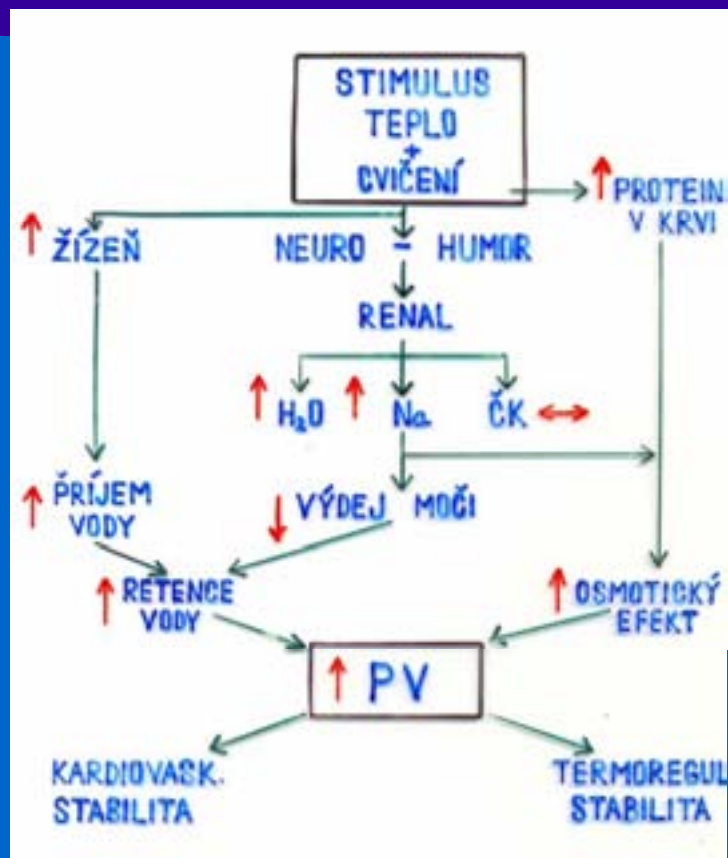
- * dosažený stupeň aklimatizace závisí na
 - podmínkách expozice
 - trvání expozice
 - množství produkovaného vnitřního tepla



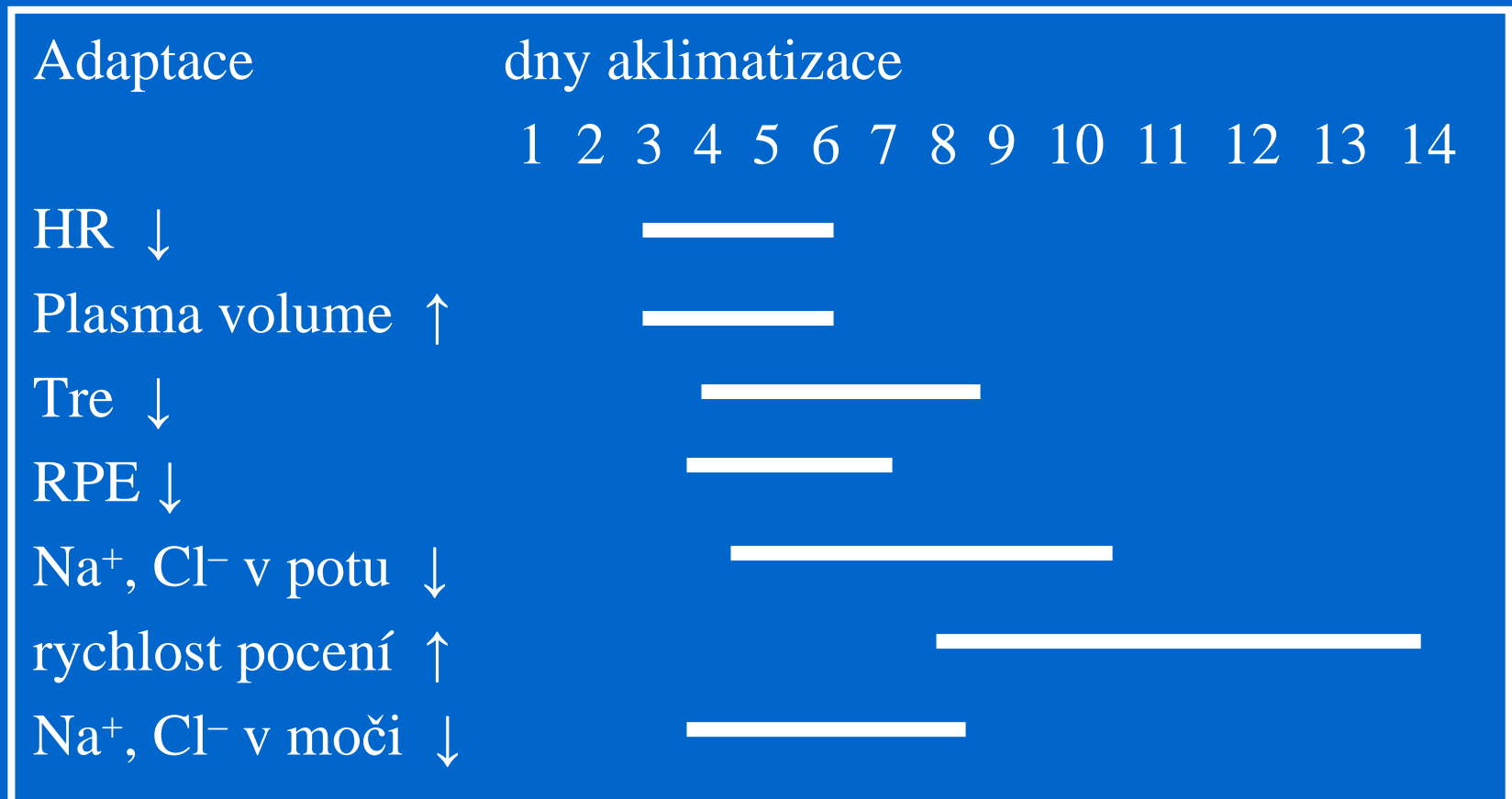
Aklimatizace na chlad

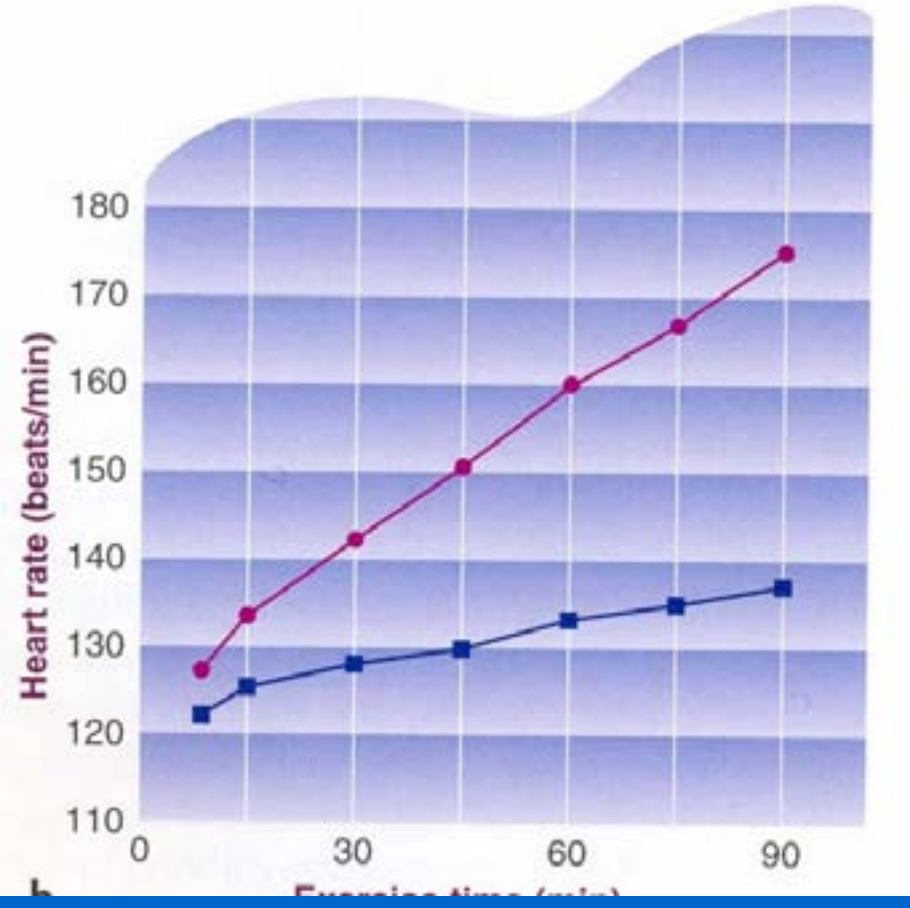
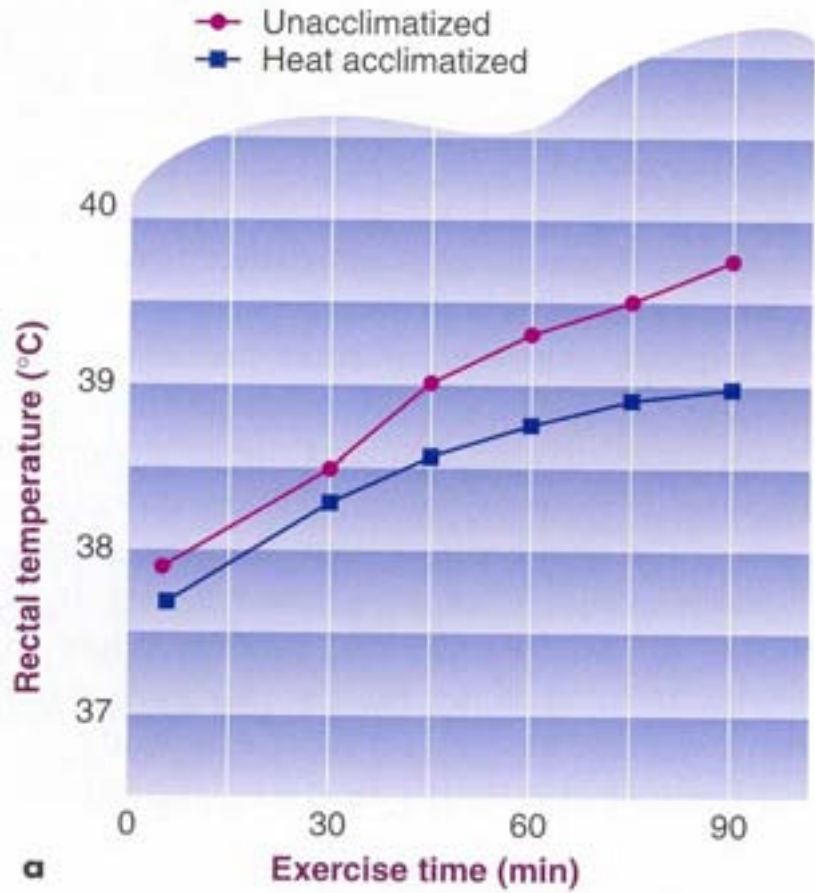
- **není dost studií**
- **opakovaná expozice chladu může**
 - snížit periferní průtok krve a teplotu kůže
 - větší tolerance chladu
- **habituaace**





95 % adaptace fyziologických funkcí





Úbytek adaptace u aklimatizovaných v %

1 Williams et al 1967, 2 Pandolf et al. 1977, Adams et al. 1930

Funkce	dny				studie
	6 - 7	12 - 14	18 - 19	28	
HR	50	80	100		1
Tre	25	40	50		
HR	23	20	29		2
Tre	13	18	4		
Tolerance tepla	podstatně snížena			100	3

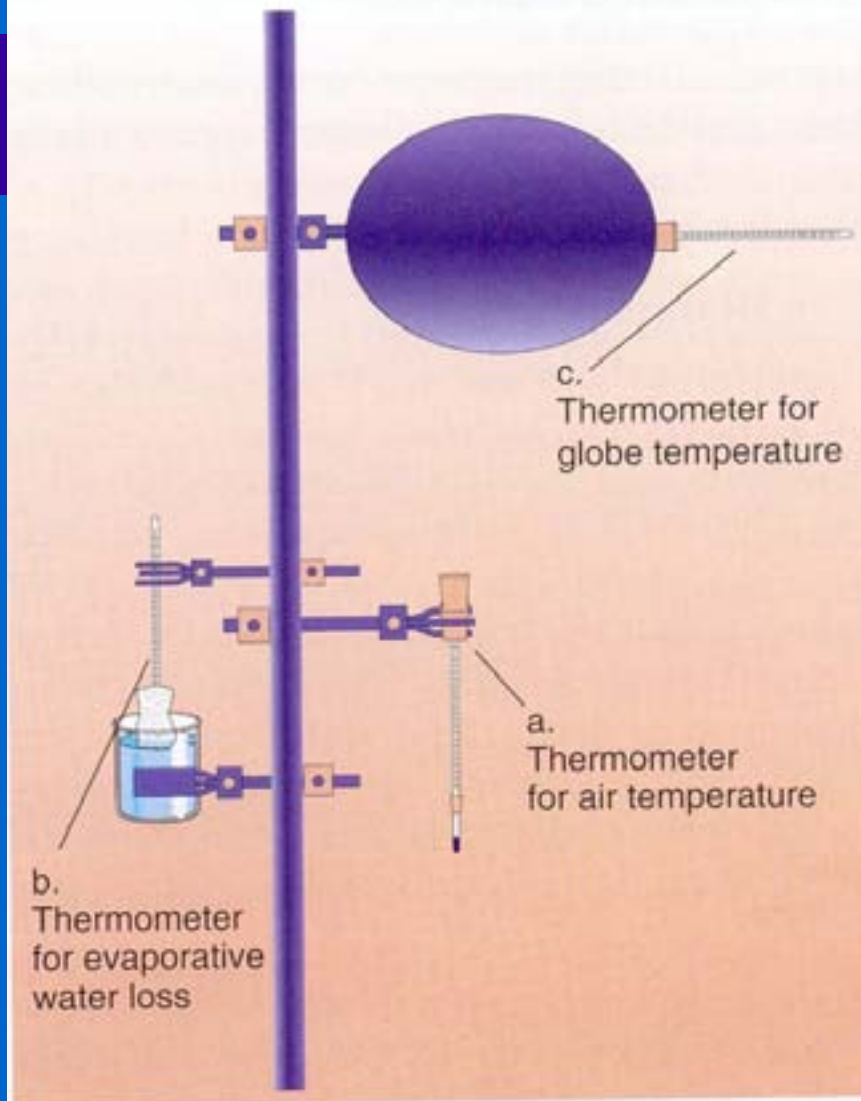


Figure 10.8 A wet bulb globe temperature apparatus showing the thermometers for (a) air temperature, (b) evaporative water loss, and (c) globe temperature.

Minard index

$$\text{WBGT} = 0.7 T_w + 0.2 T_g + 0.1 T_d$$

$$\text{WBT} = 0.7 T_w + 0.3 T_g$$

Limity tolerance cvičení v teple	WBGT °C
• zrušit maraton a dlouhé běhy	> 28
• vysoké riziko	23 - 28
• střední	18 – 23
• malé	< 19
• neaklimatisovaný < 30 min běhu	25
• relativní pohyb vzduchu $5\text{m}\cdot\text{sec}^{-1}$ může snížit teplotu o 5 – 7 °C (méně v teplém prostředí)	

Klimatický stres - cvičení

WBGT °C	WBT °C	omezení cvičení
< 25	< 15	všechny činnosti jsou možné
25-27	15-21	<ul style="list-style-type: none">- upozornit na risiko přehřátí a důležitost hydratace- pít každých 15 minut- sledovat varovné známky tepelné zátěže (žízeň, nedostatečné pocení, teplota, červená, suchá kůže, rychlá fH, svalové bolesti až křeče, poruchy koordinace, orientace, závrať, zvýšení T_{re}, snížená tvorba moče, porucha vnímání, halucinace

Klimatický stres - cvičení

WBGT °C	WBT °C	omezení cvičení
27-29	21-24	jako výše a navíc: <ul style="list-style-type: none">- ukončit cvičení všech osob rizikových, neaklimatisovaných a s nízkou zdatností- omezit cvičení všech ostatních, tj. výrazně zkrátit dobu cvičení, snížit intenzitu a prodloužit dobu přestávek , nedovolit běhy na dlouhé tratě
>29	>24	zastavit všechny sportovní činnosti všech účastníků

Hlediska při tvorbě rehydratačního nápoje

- použité suroviny
- náhrada tekutin
- náhrada elektrolytů
- zlepšení absorpce
- stravitelnost
- udržení plasmatického objemu
- ? náhrada glykogenu?

Složení sportovních nápojů

Nápoj	sach g.l ⁻¹	Na ⁺ mEq	K mEq	Osmolalita mOsm. l ⁻¹
Gatorade (pulv)	60	21	3	280
Exceed	72	10	5	250
Isostar	73	24	4	296
Dioralyte	16	60	20	240
Coca Cola	107	2	0	650
Sprite	102	5	0	695
Brusinkový juice	150	2	7	890
Pomerančový juicee	118	0,5	58	690
Voda	0	stopa	stopa	10-20

Rehydratační nápoje

Recept dle O. Bar-Ora

pro dospělé

25 g.l⁻¹ glukosa

10 mmol.l⁻¹ Na

5 mmol.l⁻¹ K

Osmolalita 100-150 mOsm.l⁻¹

Teplota nápoje 10 – 12 °C

1 g NaCl = 17 mmol.l⁻¹

pro děti

25 g.l⁻¹ glukosa

5 mmol.l⁻¹ Na

4 mmol.l⁻¹ K

Rehydratační nápoje-recept praktický

1. 25 g glukosy
0,6 NaCl
0,35 g KCl
do 1 litru pitné vody
2. 0,6 g NaCl
250 ml grapefruitové šťávy nebo
200 ml pomerančové šťávy
doplnit do 1 litru pitnou vodou

Požadavky na nápoj pro cvičení < 1 hodinu

Intensita cvičení:	80 - 130% VO_2 max
Primární zájem:	zabránit vzestupu jádrové teploty při cvičení vysoké intenzity
Navrhované složení	
Před výkonem:	30 - 50 g sacharidů
Po výkonu:	voda
Frekvence a objem (individuálně)	
Před výkonem:	300 - 500 ml
Během výkonu:	500 - 1000 ml
Význam	
Před cvičením:	sacharidy jako exogenní zdroj ke zvýšení výkonu v závodě, kdy je deplece glykogenu, voda k oslabení dehydratace
Během cvičení:	voda k nahrazení ztrát tekutin a oslabení vzestupu teploty

Potřeba tekutin při cvičení trvajícím 1-3 hodiny

Intensita cvičení:	60 - 90 % VO_2 max
Primární zájem:	zaopatření sacharidy a tekutinou
Navrhované složení	
Před výkonem:	voda
Během výkonu:	Na, Cl 10-20 mEq 6-8% roztok sacharidů
Frekvence, objem:	
Před výkonem:	300-500 ml vody
Během výkonu:	500-1000 ml.hod ⁻¹ zajistí potřebu sacharidů 800-1600 ml.hod ⁻¹ tekutin

Potřeba tekutin při cvičení trvajícím 1-3 hodiny

Rationale

- Před cvičením: pít pouze vodu k oslabení vlivu dehydratace během cvičení
- Během cvičení: sacharidy - možnost vyčerpání glykogenu, prevence hypoglykemie
- tekutina - podle pocení - individuální- okolní teplota - intenzita cvičení - trénovanost/aklimatizace
- Na - podpoří vstřebávání sacharidů a vody, pomůže udržet objem ECT, ovlivní chuť
- Cl - nejefektivnější ke vstřebání vody

Poruchy z tepla - varovné známky

křeče z horka

tepelné vyčerpání

tepelné selhání

bolest hlavy, neusea

mrazení, husí kůže

žízeň

zástava pocení

profuzní pocení

slabost, závrať

únava

rychlý pulz

kůže bledá chladná

horká suchá

svalové křeče

slabost

zmatenost

Doporučená literatura

1. Janský L. Reakce a adaptace člověka na zátěž v horku. Med Sport Boh Slov 2003; 12:97-103.
2. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise, 3th ed.. Champaign IL: Human Kinetics, 2004.
- 3.