



MASARYKOVA UNIVERZITA

Vliv prostředí na výkonnost II

MUDr. Kateřina Kapounková



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru
Regenerace a výživa ve sportu
(CZ.107/2.2.00/15.0209)



Termoregulace

- Člověk – teplokrevný
- teplota jádra u člověka bez horečky stabilní ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)
- nemění se ani v závislosti na t okolí (12-54 $^{\circ}\text{C}$)
- teplota kůže se mění (nutné pro termoregulaci)

Normální teplota jádra

- není u každého stejná
- měřeno v ústech: 36-37.5°C
- za průměr se považuje 36.6-37°C, rektálně o 0.6°C více

37 – 37,9°C – subfebrilní t.

38°C a více – febrilní t.

nad 39°C – poruchy tělesných funkcí

nad 41°C snese jen krátkou dobu

- extrémní teplo (fyzická námaha) : 40°C, extrémní zima pod 35.5°C
- Ideální teplota okolí v klidu: 28°C (teplota kůže 33°C, kůží – průtok 5% MV

- **Tvorba tepla** : metabolismus (energie v tukové tkáni)
- **Obrana pocením** v horku : jen při dostatečném množství vody

(pokles hmotnosti o 4% = snížení SV, MV udržován vysokou TF = nedostatečné prokrvení kůže - ↓ pocení)

Rovnováha mezi tvorbou a ztrátami tepla

produkce tepla

- vedlejší produkt metabolismu
- svalová aktivita (včetně třesu)
- endokrinní změny (aktivita hnědého tuku)
- změny chování (choulení)

odvádění tepla

- sálání
- vedení
- proudění
- **odpařování vody**

- Intenzivní pohyb – svaly produkce 15 – 20x více tepla než BM
- Až 80% energie uvolněné při svalové činnosti je ve formě tepla
- Regulace hypertermie - evaporace

Evaporace (odpařování)

- **Pocení**

Člověk až 10- 12 l /24 hod

- *perspiratio insensibilis* (i plíce): 450-600 ml denně (12-16 kcal za hodinu, až 384 kcal denně)

nelze nijak regulovat

Pocení a jeho regulace

- Termoreceptory : **hypotalamus**, v kůži
- Centrum termoregulace : hypothalamus (tepelná nebo elektrická stimulace) – autonomní dráhy do míchy – **sympatikus** do kůže
- **cholinergní inervace**, ale A a NA kupodivu **potní žlázy** stimulují také (význam při cvičení)

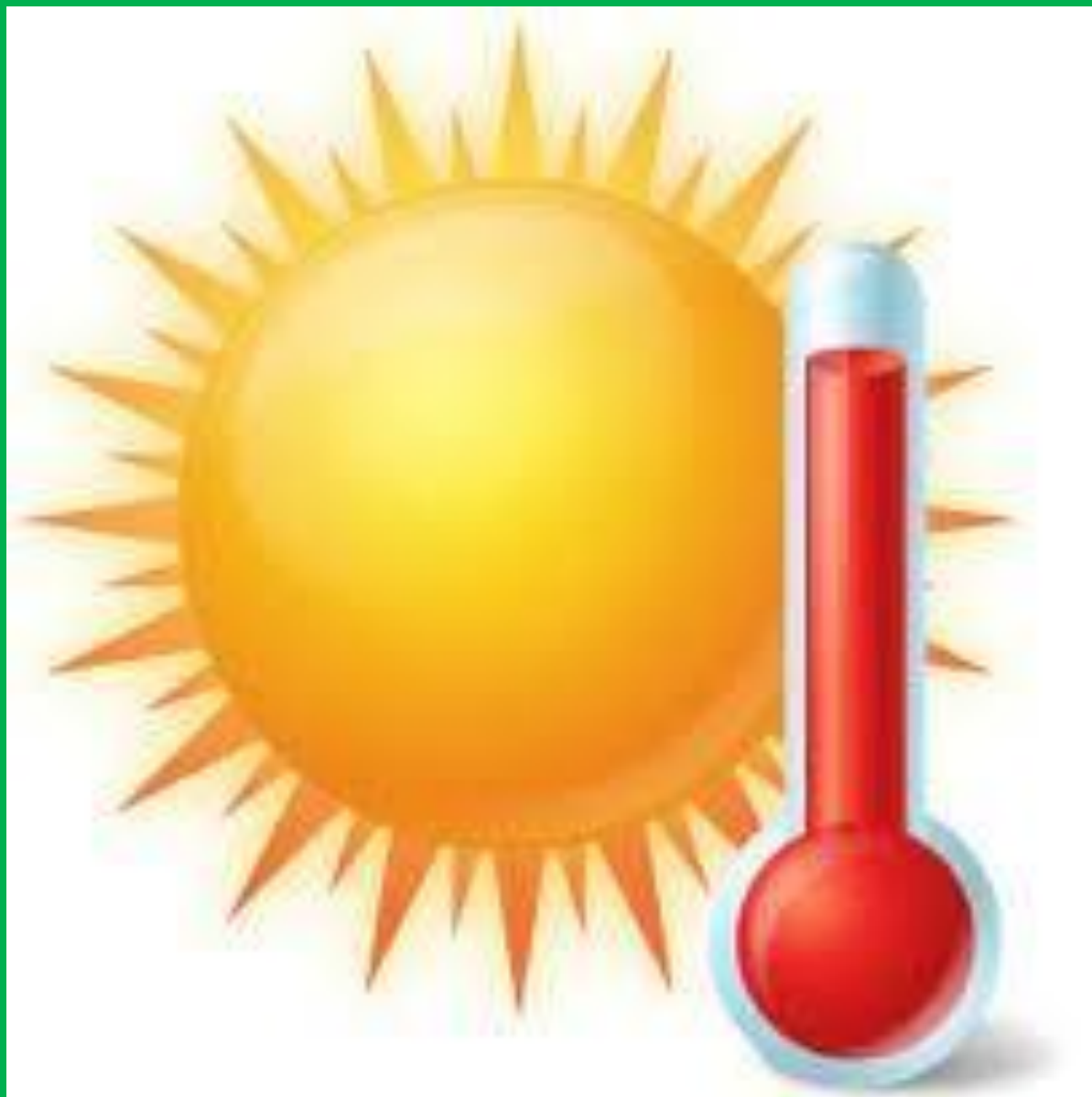
Hypotalamické centrum

- v přední hypotalamické-preoptické oblasti množství termosenzitivních neuronů (2/3 reagují akčními potenciály na teplo, 1/3 na chlad)
- zahřátí této oblasti: okamžité profúzní pocení, masivní dilatace kožních cév, inhibice tvorby tepla

Detekce na periférii


- povrchové: tepelné a chladové (10x víc) receptory v kůži, při ochlazení okamžitý reflex:
 - třes, inhibice pocení, kožní vazokonstrikce
- hloubkové: stejné rozložení i v míše, břišních orgánech a kolem velkých žil: registrace teploty jádra
- hlavním úkolem je prevence **hypotermie**

Horko



1. **Vazodilatace kožních cév:** 8x zvýšení přísun tepla do kůže, inhibice sympatických center v hypothalamu, téměř na celém těle
2. **Pocení:** nastupuje při 37°C, velmi efektivní
3. **Pokles v produkci tepla:** silná inhibice třesu a chemické termogeneze

Tepelné vyčerpání

- Překročení termoregulační kapacity(i u fyziologické aklimatizace na teplo)
- Náhlé **zatížení teplem + intenzivního sportovního výkonu**  přetížení oběhového systému (akutní snížení MV, hypotenze)

Teplota ve vztahu k cvičení

°C	Sportovní aktivita
méně než 25°C	Bez omezení
25 - 27	Delší přestávky ve stínu Pít každých 15 min Sledovat varovné známky tepelné zátěže
27 - 29	Jako výše + Ukončit cvičení neaklimatizovaných osob Omezit trvání cvičení, prodloužit přestávky Nepovolit běhy na dlouhé tratě
nad 29	Ukončit všechny sportovní činnosti

Úžeh

- člověk vydrží několik hodin 55 °C na suchém vzduchu, 34 °C při 100% vlhkosti a 29-32 °C při těžké práci
- stoupne-li teplota těla na 40°C – úžeh: zvracení , zmatenost, delirium, ztráta vědomí, oběhový šok
- několik minut extrémní teploty může být fatální: poškození mozku
 - poškození jater a ledvin může způsobit smrt i po několika dnech po úžehu
- lokální chlazení možná lepší než celkové (třes)

Adaptace na horko

Během 1-3 týdnů

- ↑ kardiovaskulární výkonnost (↑ SV, ↓ TF)
- ↓ ztráty NaCl potem a močí (↑ aldosteron)
- ↑ objem plazmy
- ↑ maximální schopnost pocení (2x)
- Je méně využíván glykogen, více tuk

Adaptování se začínají potit na nižší úrovni tělesné teploty

Průběh adaptace

2.- 6.den	pokles TF, zvyšuje se objem plazmy
4.-10.den	pokles rektální teploty pokles Na a Cl v potu a moči
8.-14.den	zvyšuje se rychlost pocení

Za 2.-3.týdny se adaptace na teplo ztrácí

Trénink a aklimatizace na horko

- Zvýšení aerobní zdatnosti
- Snížené energetické nároky na cvičení stejné intenzity, snížený metabolismus glykogenu o 50 – 60%
- Zvýšené pocení a menší ztráty iontů
- Snížení TF
- Lepší individuální tolerance zátěže

Hypertermie

- Krátkodobě 43°C (hypothalamus) - OK (dospělí)
- Delší dobu nad 40°C → poškození hypothalamického centra → selhání termoregulace
- Přehřátí → ↑ metabolismus → ↑ přehřátí
- 45 °C smrt skoro jistá

Hypertermie

■ Tepelné vyčerpání

- mírnější problém z deplece vody a solí
 - žízeň, slabost, úzkost,...
 - teplota jádra $<40^{\circ}\text{C}$

■ Termoregulační selhání

- život ohrožující
 - teplota jádra $> 40^{\circ}\text{C}$ + dysfunkce CNS (nervy jsou na hypertermii nejcitlivější):
 - apatie, zmatenost, podrážděnost, hostilita, bolest hlavy, nausea/zvracení, připomíná opilost
 - nakonec delirium, křeče, koma

Termoregulační selhání

- Více tepla, než se tělo dokáže zbavit
 - hodně tepla z venku
 - velká vlastní tvorba tepla
- Často fatální nebo dlouhodobé neurologické následky
- Hypotenze (z dehydratace) -> omdlávání
- Tachykardie, tachypnea (pokus o kompenzaci hypotenze)
- Kůže nejdřív červená (vazodilatace), později bledá (vazokonstrikce pro kompenzaci hypotenze)
- Hypoperfuze GIT + jeho teplem zvýšený metabolismus -> ischemické poškození bariérové funkce -> endotoxemie -> cytokiny, aktivace koagulace, další zhoršení termoregulace

Chlad



- ↑ svalový tonus (↑ tepelné produkce)
- Třes - klíčový
 - současné záškuby antagonistických svalů
 - ↑ tvorbu tepla 2-3x
 - při adaptaci se víc třesou svaly uvnitř těla - efektivnější ohřívání jadra
- Netřesová termogeneze

1. **Vazokonstrikce kožních cév:** stimulace sympatického centra v zadním hypothalamu, také téměř všude
2. **Piloerekce:** sympatikus na *musculi arrectores*, u člověka malý význam, „izolační vrstva vzduchu“
3. **Zvýšená termogeneze:** 1.třes, 2. sympatikus, 3.tyroxin,

Hypothalamus a třes

- v dorzomediální části zadního hypotalamu **primární motorické centrum třesu**
- normálně inhibováno termickým centrem z předního hypotalamu
- při chladu aktivováno periferními senzory – kmen – mícha – motoneurony
- impulsy nemají rytmus, pouze zvyšují tonus – když přesáhne kritickou hranici – **třes**
- až 5x vyšší produkce tepla než v klidu

Extrémní chlad

- 20-30 minut v ledové vodě fatální (zástava srdce), teplota těla 25 °C
- pokles pod 34°C nebezpečný – nízká tvorba chemického tepla, spavost, koma (není třes)
- arteficiální hypotermie: srdeční operace (32°C): buňky vydrží bez kyslíku i 1h