



# 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)



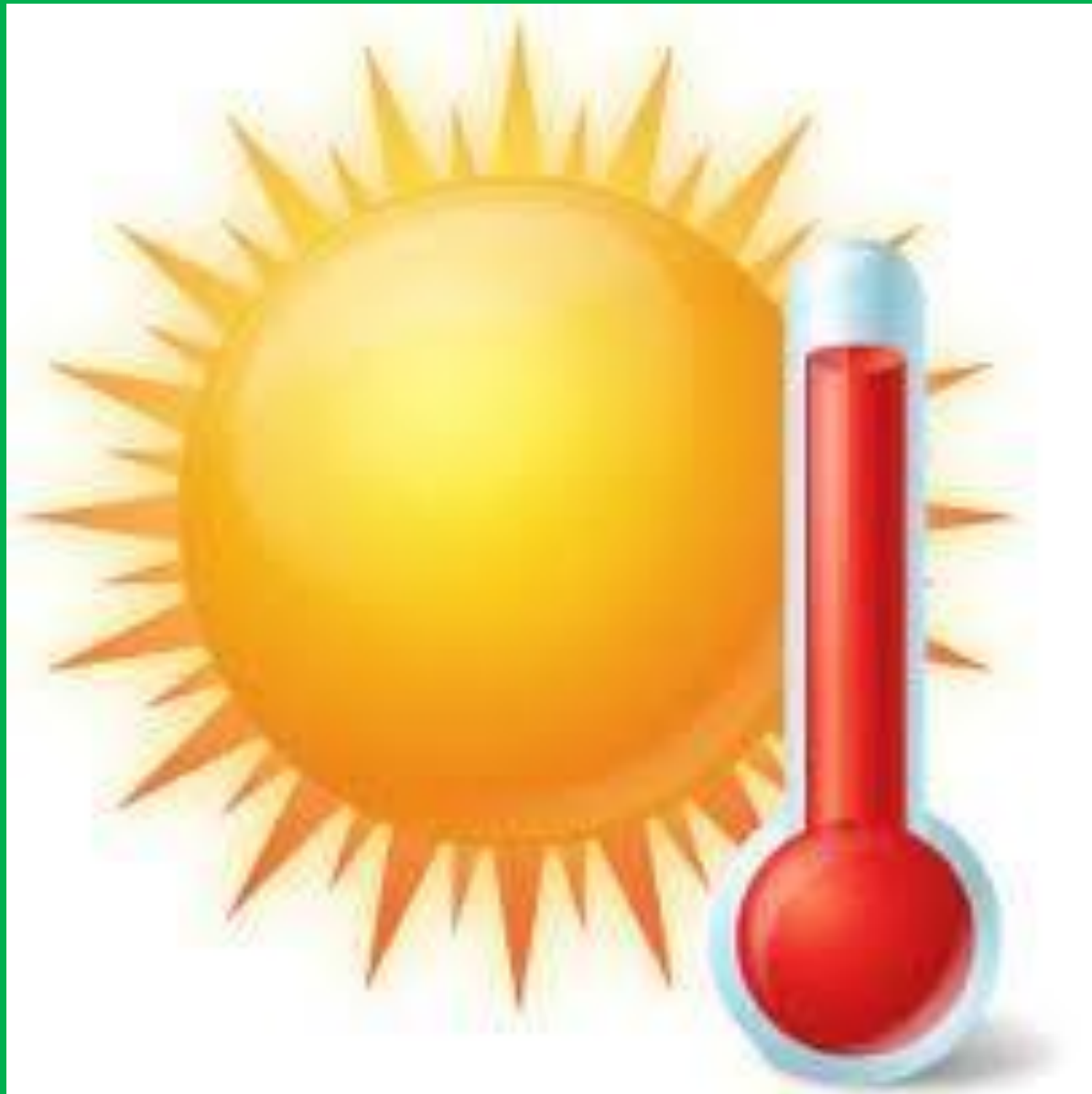
# Hypotalamické centrum

- 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<br>Pít každých 15 min<br>Sledovat varovné známky tepelné zátěže  |
| 27 - 29       | Jako výše +<br>Ukončit cvičení neaklimatizovaných osob<br>Omezit trvání cvičení, prodloužit přestávky<br>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<br>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) -> omdlévání
- 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