



MASARYKOVA UNIVERZITA

Vliv prostředí na výkonnost horko, chlad

MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.
MUDr. Zdeněk Pospíšil



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

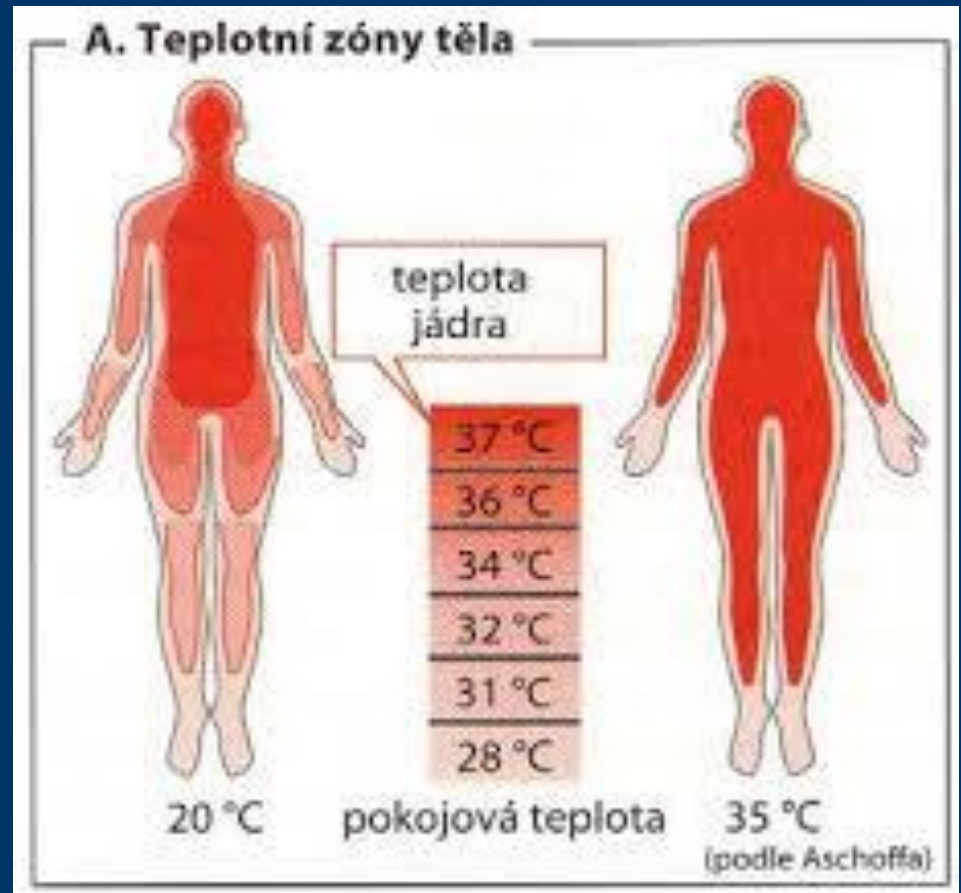


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

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



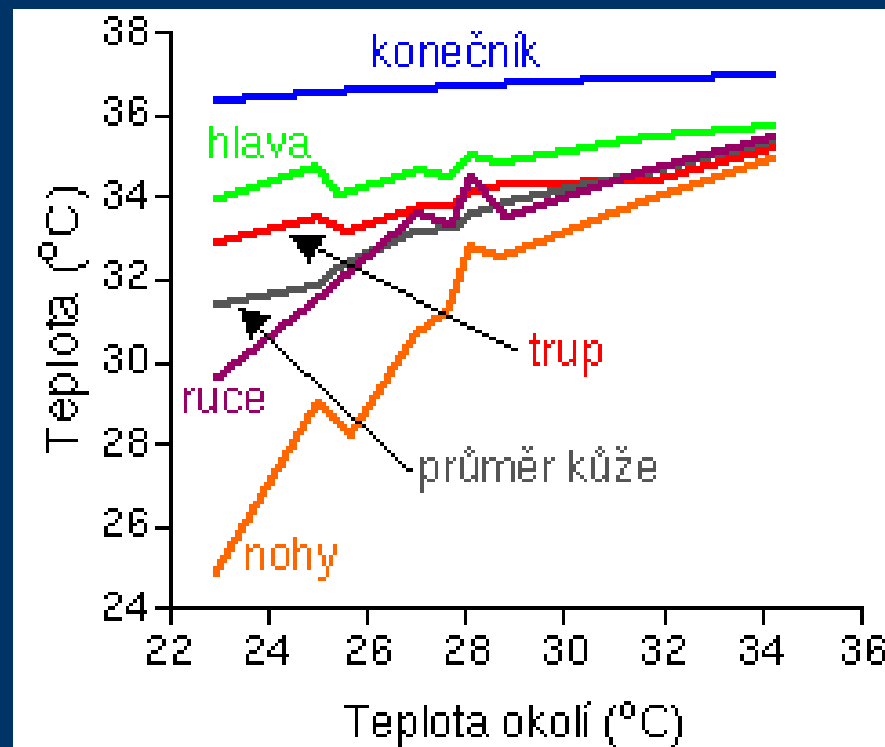
Termoregulace



- 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 °C)
- teplota kůže se mění (nutné pro termoregulaci)

Normální teplota jádra

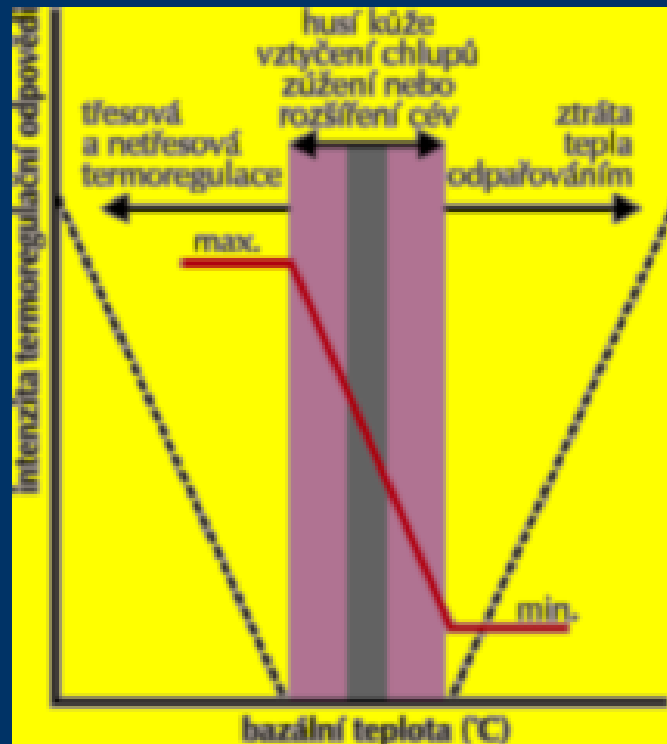
- není u každého stejná
- měřeno v ústech: **36-37.5°C**
- za průměr se považuje 36.6-37°C, rektálně o 0.6°C více
 - 37 – 37,9°C – subfebrilní t.**
 - 38°C a více – febrilní t.**
 - nad 39°C – poruchy tělesných funkcí
 - nad 41°C snese jen krátkou dobu
- extrémní teplo (fyzická námaha) : 40°C, extrémní 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

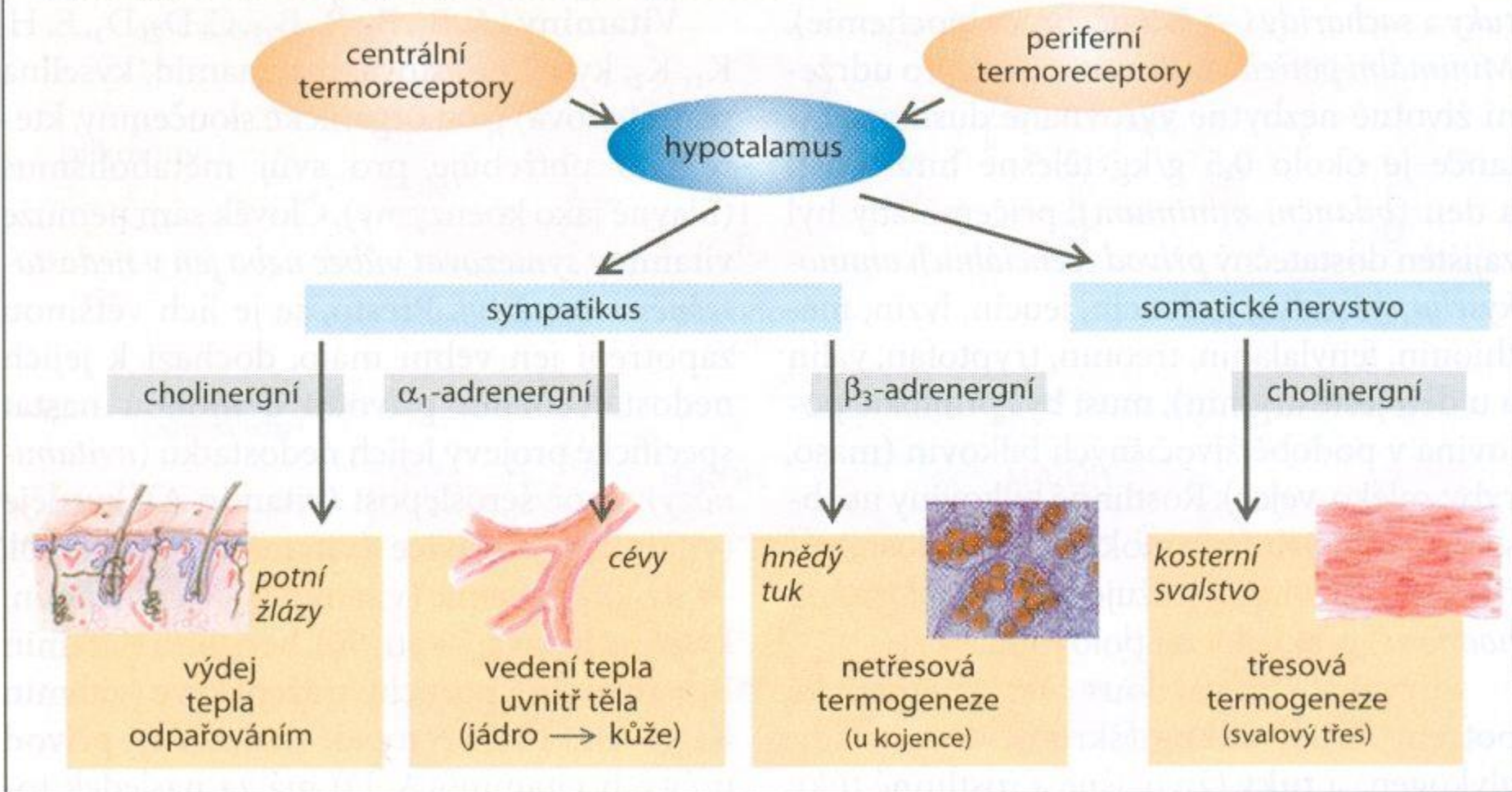
produkce tepla

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

odvádění tepla

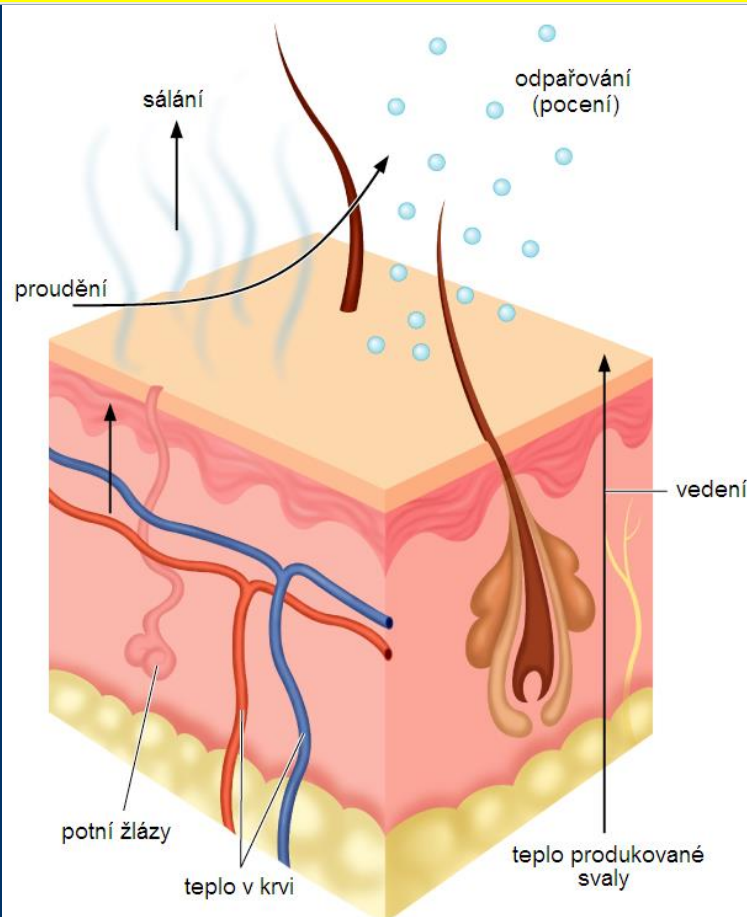
- sálání
- vedení
- proudění
- odpařování vody

D. Nervové řízení tepelné bilance organismu



- 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)

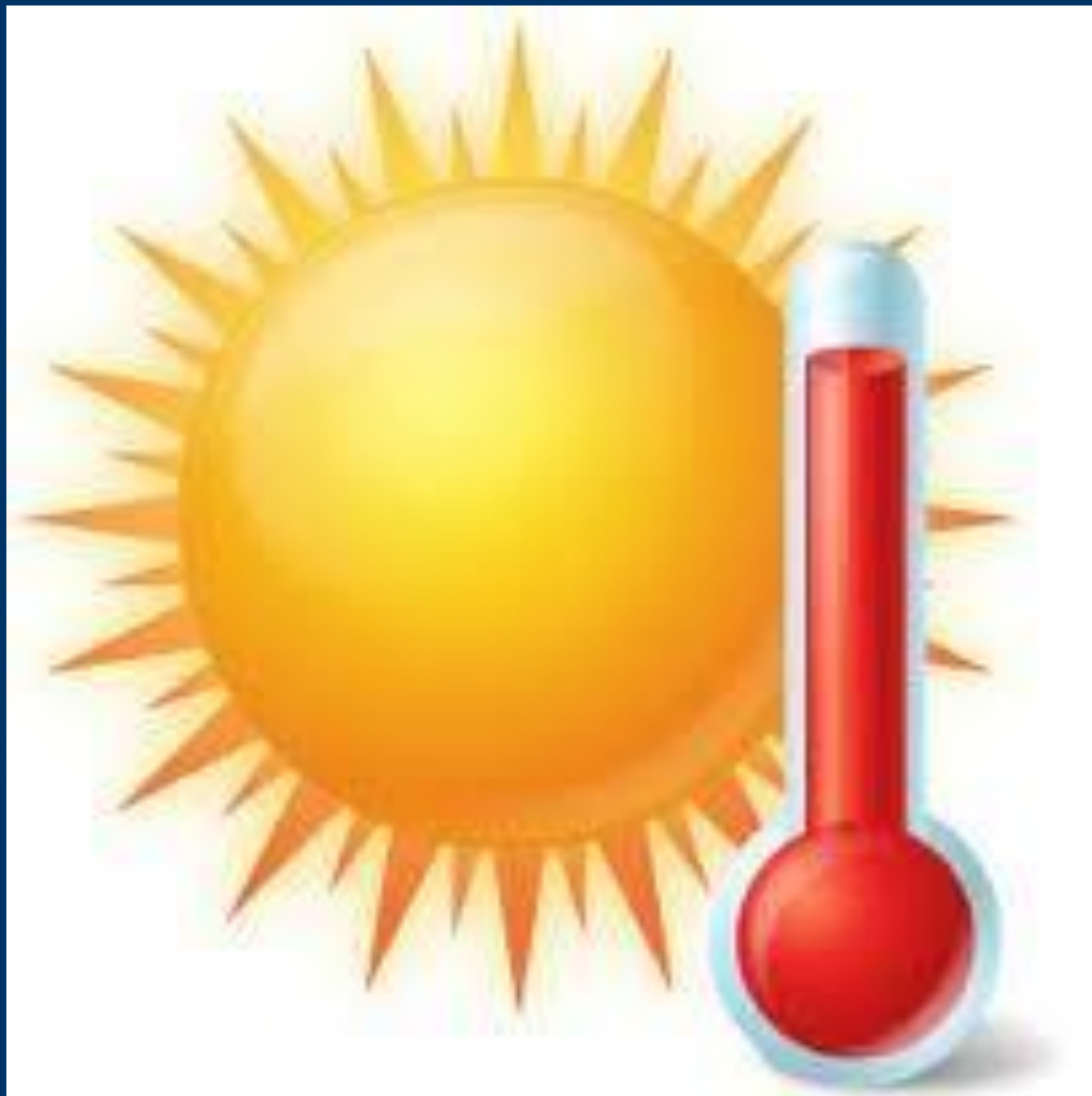
Hypotalamické centrum

- 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



Reaktivní změny

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

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

Termoregulační selhání

- Víc 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

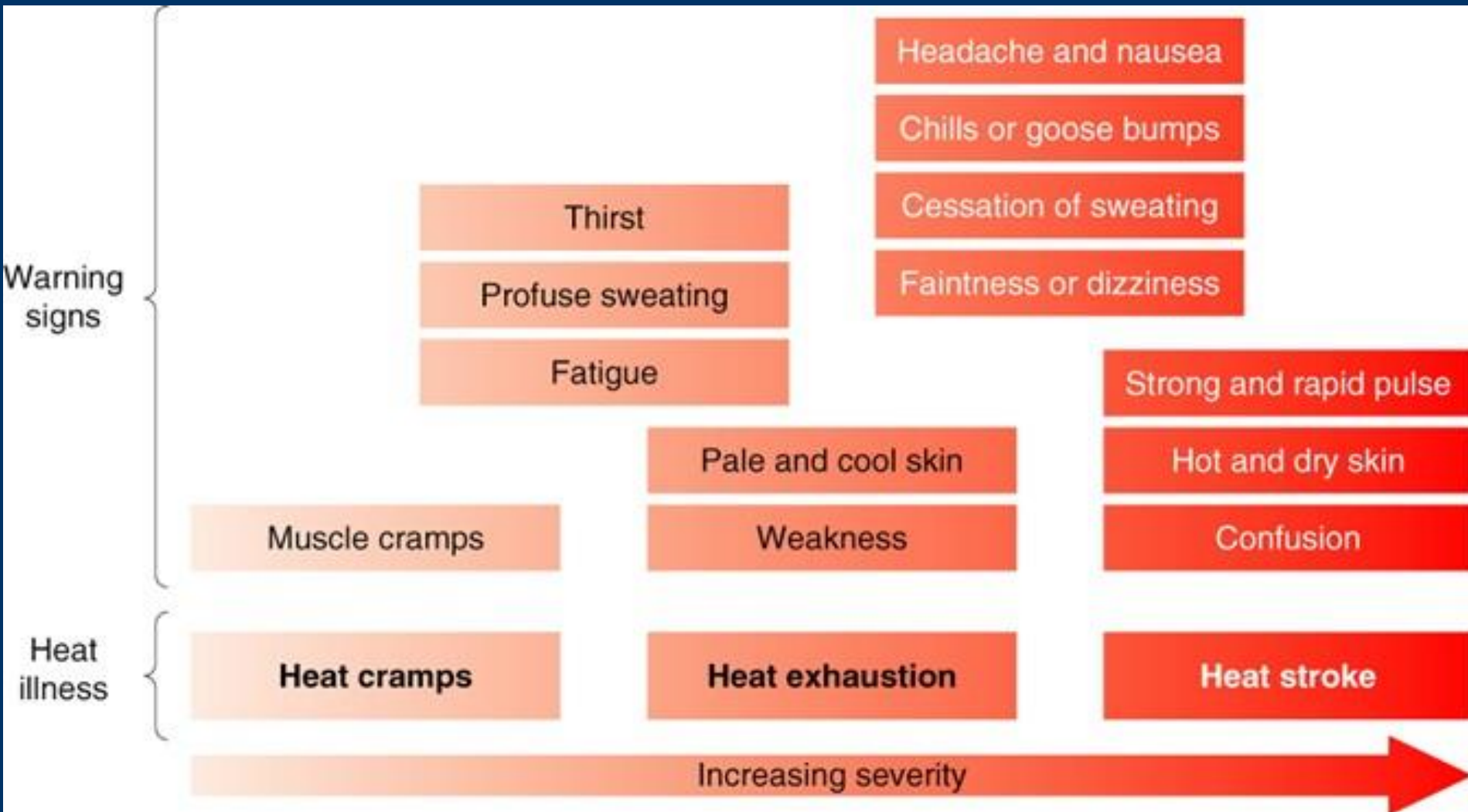
Úžeh

- člověk vydrží **několik hodin 55 °C** na suchém vzduchu, **34 °C při 100%** vlhkosti
- stoupne-li teplota těla **nad 40°C – úžeh:**

Projevy :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 (vyvolává třes- zvýšení teploty)

Varovné signály přehřátí



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

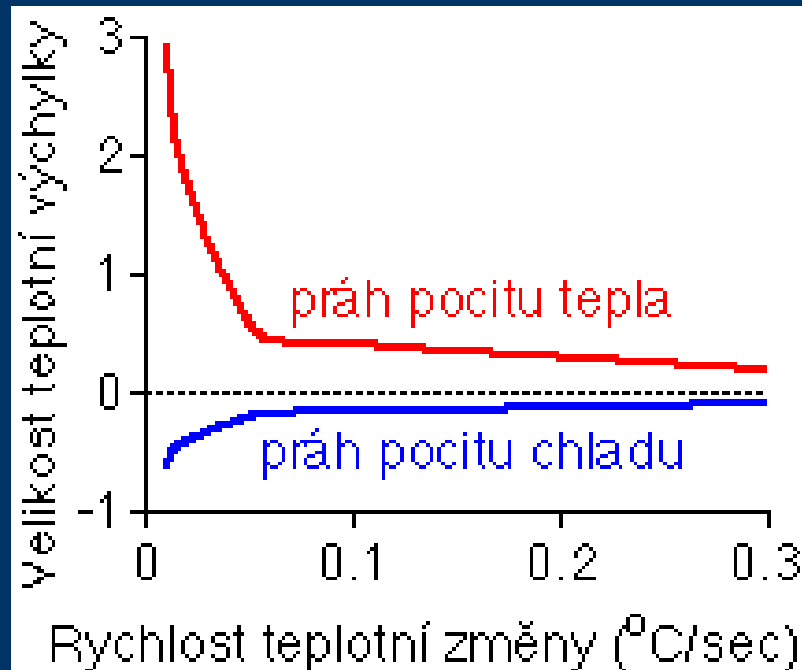
- **Zvýšení aerobní zdatnosti** + větší oběhová rezerva
- **Snížené energetické nároky** na cvičení stejné intenzity, snížený metabolismus glykogenu o 50 – 60%
- **Zvýšené pocení** a menší ztráty iontů
- **Snížení TF**
- Lepší individuální tolerance zátěže

Chlad



Reakce na chlad

- **Chlad jako stresor**-vyplavení katecholaminů (reakce TK,TF),
- Centralizace oběhu ,aktivace osy hypotalamus-nadledvinka,aktivace thyreoid.hormonů jako součást metabolické reakce
- Hypoglykémie a nevspání zvyšuje rychlost podchlazení
- Rychlejší nástup svalové únavy s možností úrazu úponů



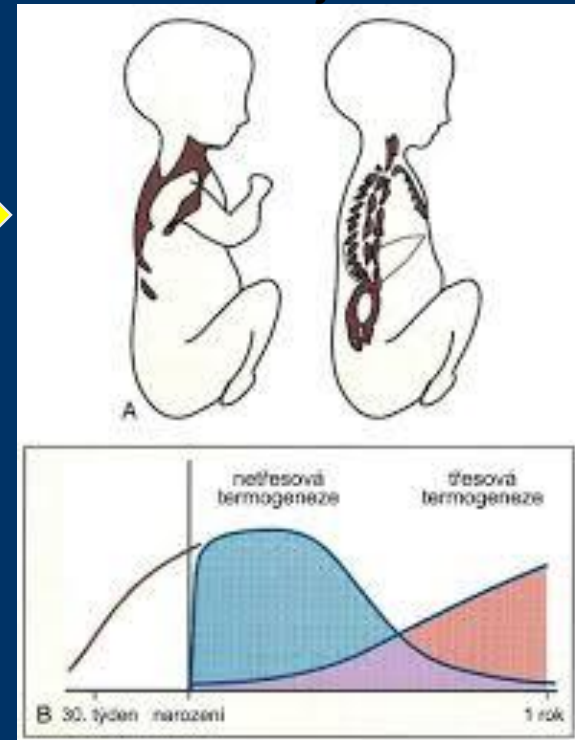
Mechanismy udržení teploty jádra

- ↑ **svalový tonus** (↑ tepelné produkce)
- **Třes** – klíčový (motorické centrum v hypotalamu)
 - současné záškuby antagonistických svalů
 - ↑ tvorbu tepla 2-3x
 - při adaptaci se víc třesou svaly uvnitř těla - efektivnější ohřívání jádra

■ Netřesová termogeneze



- Větší výdej tepla při svalové práci
-nevýhoda v extrémním chladu



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:** třesová a netřesová

Hypothalamus a třes

- v dorzomediální části zadního hypotalamu **primární motorické centrum třesu**
- normálně inhibováno termickým centrem z předního hypotalamu
- při chladu aktivováno periferními senzory
- 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

Ochrana proti tepelným ztrátám

- Omezení tepelního výdeje-vazokonstrikce kůže a neaktivních svalů.
- Chování a oděv-schoulení tělesná aktivita, přiměřený oděv.
- Rozdíly v povrchu těla-děti relativně větší povrch –větší ztráty.
- Termogeneze –třesová(včetně svalové aktivity)
- netřesová(vliv katecholaminů a hnědé tukové tkáně) třes tu nastupuje později
- Adaptace, otužování-prodloužení nástupu tepelných ztrát

Zdravotní rizika PA v chladu

- **Hypotermie**-mírná(Tr 32),střední(Tr 30),těžká(Tr 28)
- Vliv na srdeční sval-AP,IM
- **Diving reflex**-náhlé ponoření obličeje nebo těla do chladné vody,apnoe a vagový mechanismus poruchy srdečního rytmu s možnou zástavou srdce.
- **Pozátěžový bronchospasmus**-vdechováním chladného vzduchu.
- **Křeče** kosterních svalů,hrozí ruptury
- **Omrzliny a oznobeniny**

Adaptace na chlad

- **Genetická**-australští domorodci, eskymáci, sibiřané
- **Aklimatizace**-získaná pozitivní reakce na komplex podmínek
- **Aklimace**-získaná reakce pozitivně na jednu složku
- **Habitace (přivykání)**-zmenšená reakce na chlad

- Typy: metabolická, izolační, hypotermická

děti mají v chladu větší tepelné ztráty,
senioři mají zhoršenou vazokonstrikci kůže a omezené
vnímání chladu a tepla-hrozí rovněž větší tepelné ztráty

Extremní výkony v chladu

- Přežití horolezce bez kyslíku 2 dny ve výšce 8.000m při teplotě v noci až -25st s příznaky obou forem AHN jen s omrzlinami po jeho snesení a ošetření.
- Ledový muž-Rusko/Sibiř/ uběhl maraton v teplotě -16st za 5apůl hodiny jen v trenkách s čelenkou a nazouvacími trepkami (z toho posledních 5km překonal chůzí).To vše bez omrzlin a viditelné újmy na zdraví.
- Tentýž muž podplaval 50m pod ledem ve vodě +4st jen v plavkách (pod dohledem potápěčů s lékařským zázemím).

genetické vlivy?
psychika?
dobrá adaptace?
trvalé otužování?