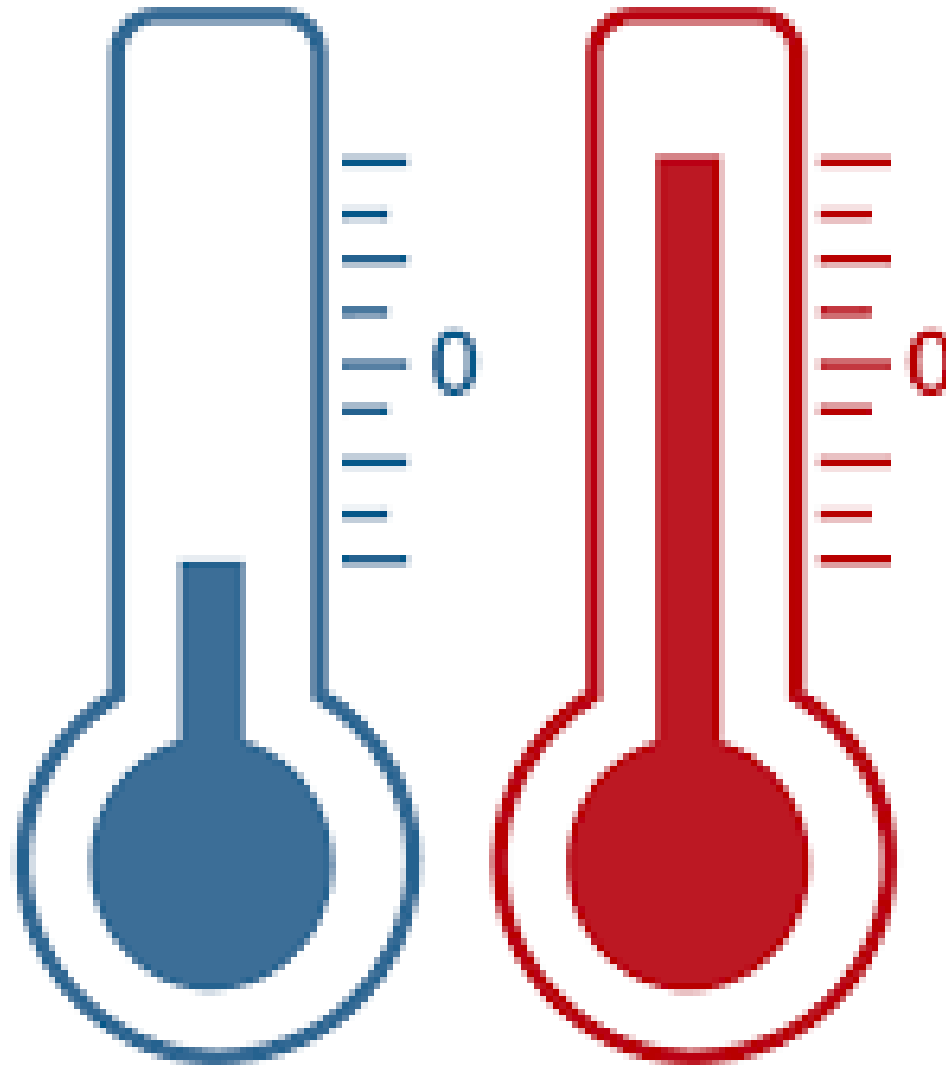


Fyziologie zátěže - horko, chlad



Termoregulace

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



- ▶ není u každého stejná
- ▶ měřeno v ústech: $36-37.5^{\circ}\text{C}$
- ▶ za průměr se považuje $36.6 - 37^{\circ}\text{C}$, o 0.6°C více (rektálně – v konečnku)
- ▶ Teplota vyšší:
 - $37 - 37,9^{\circ}\text{C}$ – subfebrilní teplota (zvýšená)
 - 38°C a více – febrilní teplota (horečka)
 - 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% minutového výdeje

Produkce tepla

= vedlejší produkt metabolismu:

- ▶ bazální metabolismus
- ▶ svalová aktivita (včetně třesu)

Intenzivní pohyb – svaly produkce 15 – 20x více tepla než BM

Až 80% energie uvolněné při svalové činnosti je ve formě tepla

Ztráta tepla

- ▶ teplo vzniká v orgánech (svaly, játra), proniká do kůže a z ní se ztrácí
- ▶ ztrátu tepla proto určuje:
 - ▶ rychlost vedení tepla z hloubky do kůže
 - ▶ rychlost ztráty tepla z kůže
- ▶ tepelný izolátor

Tepelný izolátor

- ▶ kůže, podkoží a **podkožní tuk** izolují (na 1/3), srovnatelné s oblečením
- ▶ zabraňuje oboustranným ztrátám tepla za cenu velkých výkyvů teploty kůže
- ▶ izolátor „porušují“ krevní cévy – nosiče tepla (kožní cirkulace)
 - do cév nemusí téci nic nebo až 30% srdečního výdeje – obrovská schopnost regulace
 - 8 násobné zvýšení tepelné vodivosti při plné vazodilataci (sympatikus, hypothalamus)

Ztráta tepla:

1. záření (radiace):

nahý člověk při pokojové teplotě ztrácí 60% tepla radiací

2. vedení (kondukce):

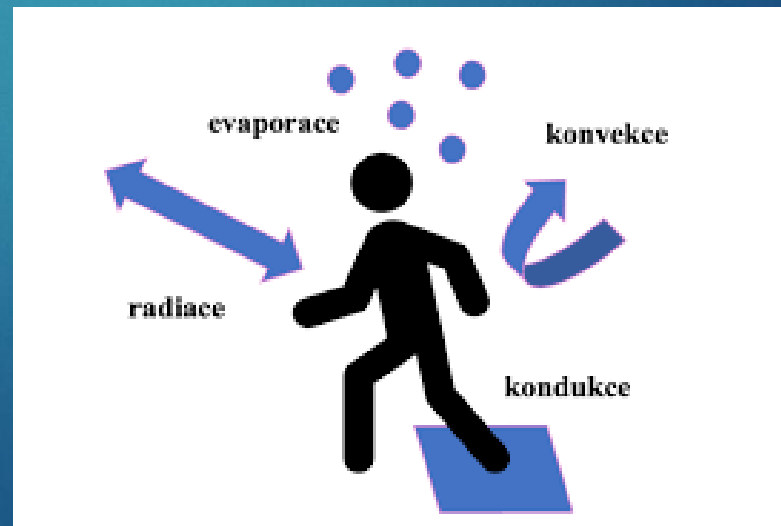
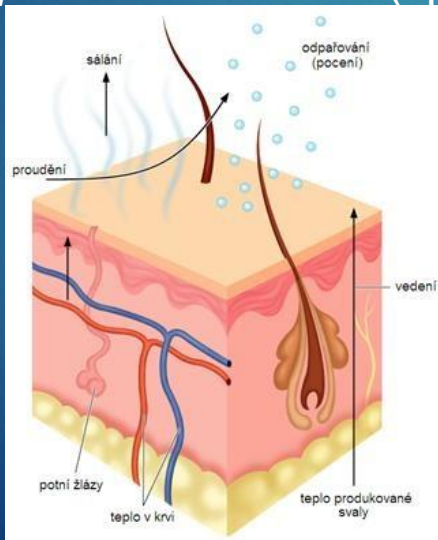
- předávání tepla kontaktem s pevnými předměty (minimum), do vzduchu ale kolem 15 %

- vítr: vzduch proudí pryč dříve a je nahrazen studeným (ztráty tepla podstatně větší)

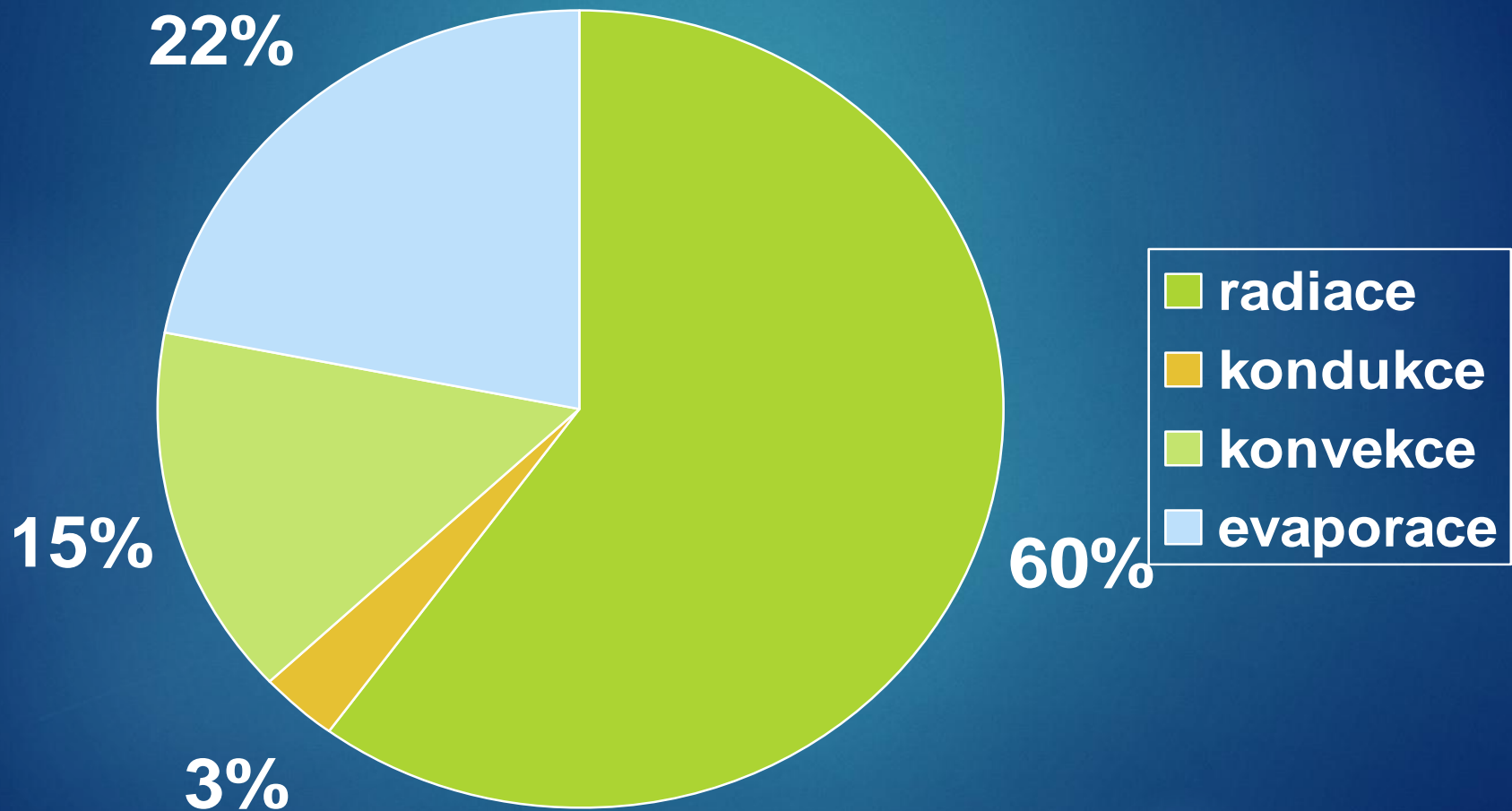
3. odpařování (evaporace):

- pocení

- *perspiratio insensibilis* (i plíce): 450-600 ml denně (nelze nijak regulovat)



Ztráty tepla nahého člověka



Evaporace (odpařování)

▶ Pocení

Člověk až 10- 12 l /24 hod

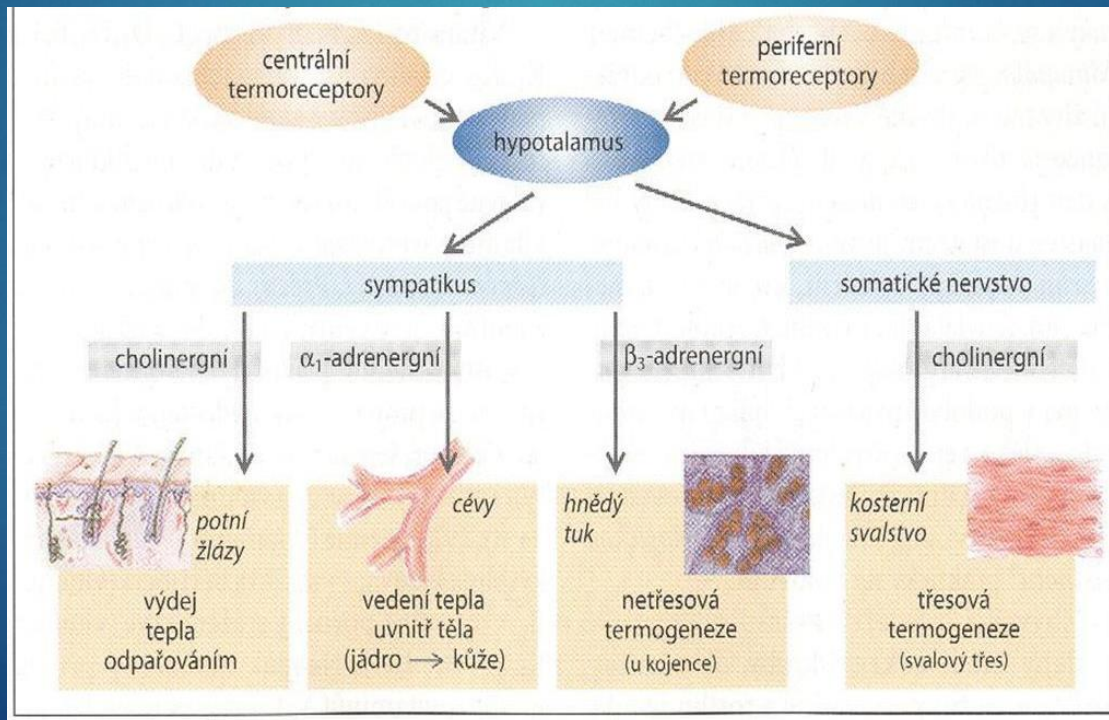
- ▶ *perspiratio insensibilis* (i plíce): 450-600 ml denně (12-16 kcal za hodinu, až 384 kcal denně)

nelze nijak regulovat

Regulace hypertermie (přehřívání) – slouží evaporace

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 adrenalin a noradrenalin kupodivu **potní žlázy** stimulují také (význam při cvičení)



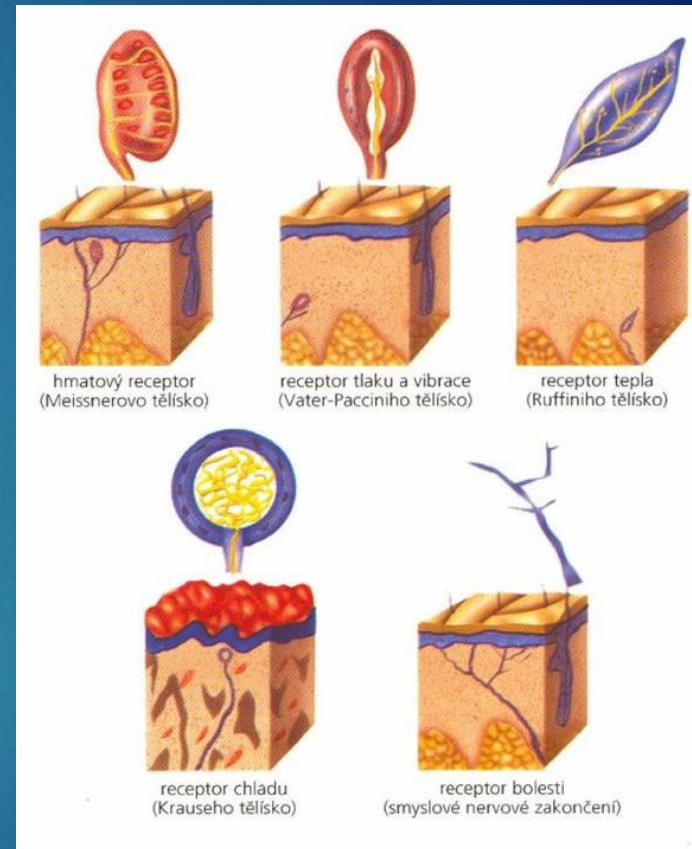
Hypotalamické centrum

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



Detekce na periferii

- ▶ **Povrchové termoreceptory:** tepelné a chladové (10x víc) receptory v kůži, při ochlazení okamžitý reflex:
 - ▶ třes, inhibice pocení, kožní vazokonstrikce
- ▶ **Hlubkové termoreceptory:** v míše, břišních orgánech a kolem velkých žil: registrace teploty jádra



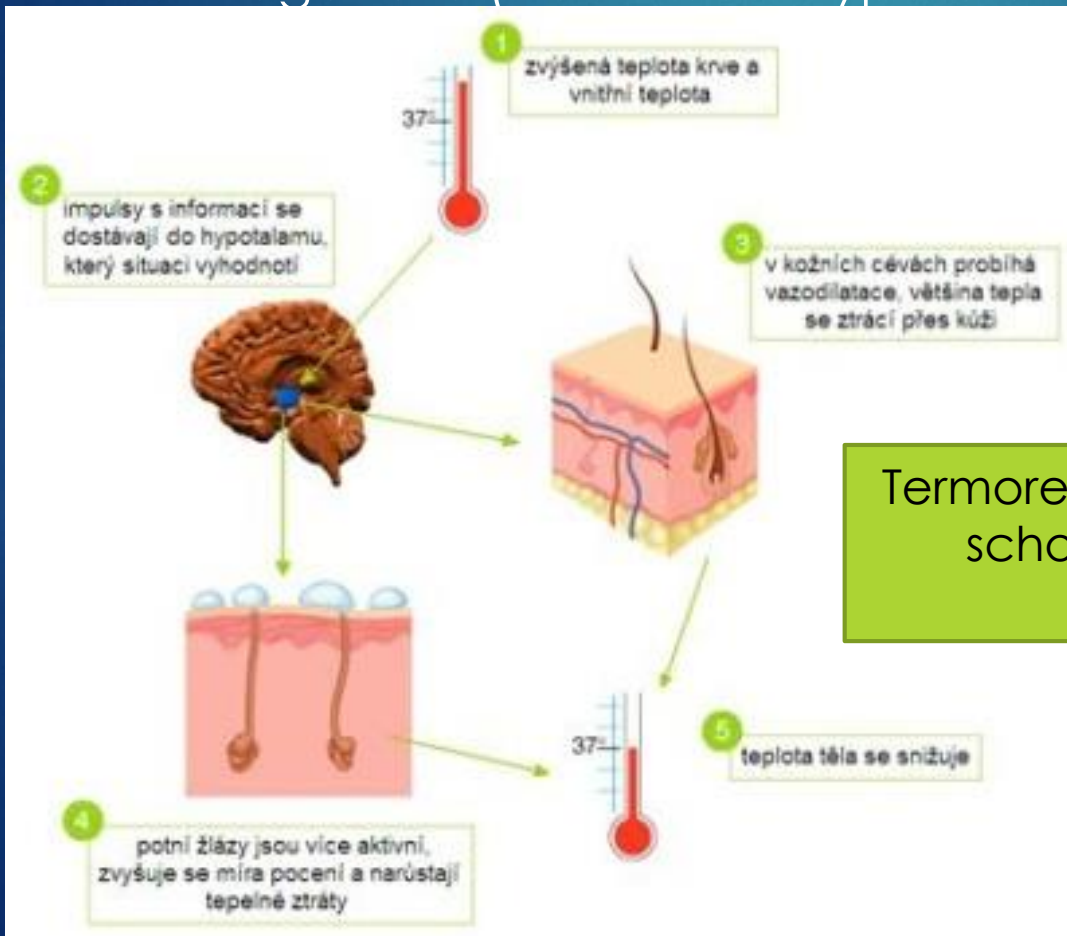
hlavním úkolem je prevence **hypotermie** (snížení teploty)

Horko



Teplota okolí je vysoká

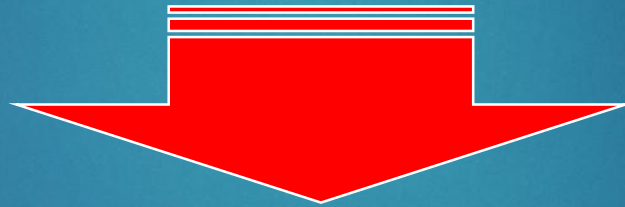
1. **Vazodilatace kožních cév:** 8x zvýšení přísun tepla do kůže, téměř na celém těle
2. **Pocení:** nastupuje při 37°C, velmi efektivní
3. **Pokles v produkci tepla:** silná inhibice třesu a chemické termogeneze (zadní část hypotalamu)



Termoregulační odpověď je individuální (schopnost odvádět teplo, tělesná zdatnost)

Tepelné vyčerpání

- ▶ Překročení termoregulační kapacity(i u fyziologické aklimatizace na teplo)
- ▶ Náhlé **zatížení teplem** + intenzivního **sportovního výkonu** přetížení oběhového systému



(akutní snížení minutového výdeje, hypotenze – snížení TK)

Venkovní 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

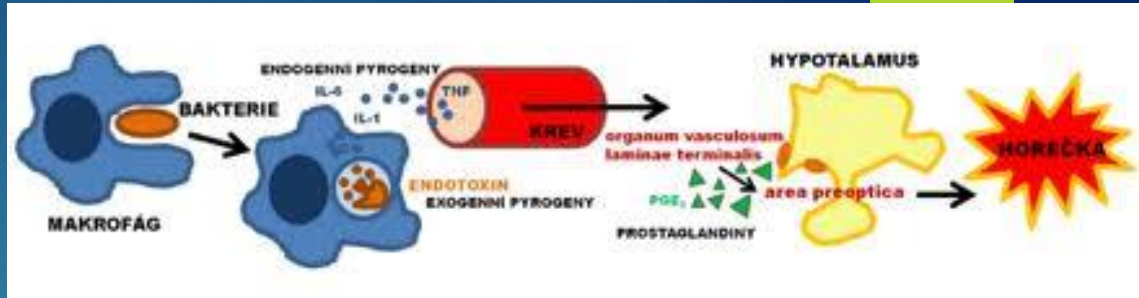
Termoregulační selhání

- ▶ Vzniká 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, zrychlené dýchání** (pokus o kompenzaci hypotenze)
- ▶ Kůže nejdřív červená (vazodilatace), později bledá (vazokonstrikce pro kompenzaci hypotenze)
- ▶ **Hypoperfuze trávicího traktu** + jeho teplem zvýšený metabolismus -> ischemické poškození bariérové funkce -> endotoxemie -> cytokiny, aktivace koagulace, další zhoršení termoregulace

Varovné signály přehřátí



Horečka



- ▶ teplota zvýšená nad normu
- ▶ infekce, mozkové nádory, další příčiny

= pyrogeny

- ▶ **proteiny**, rozpadové produkty proteolýzy, lipopolysacharidy
- ▶ **bakteriální toxiny**, produkty rozpadu tkání

Působení :

- ▶ některé **přímo** v hypotalamu (nádor, mechanická stimulace)
- ▶ **Nepřímo** v hypotalamu : po fagocytóze produkují leukocyty **interleukin** – endogenní pyrogen (v hypotalamu do 10 min zvýší teplotu, stačí několik ng)

Úžeh

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

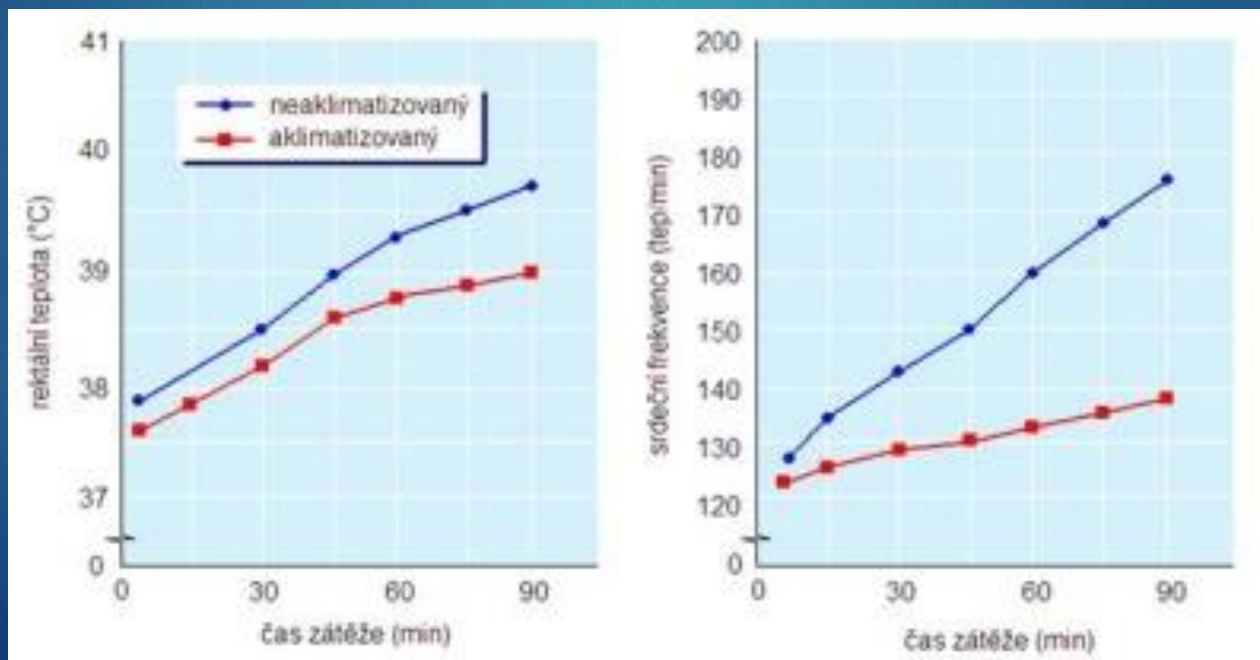
Projevy :zvracení , zmatenost, delirium, ztráta vědomí, oběhový šok

- ▶ 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)

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 vyvolá souhrnné změny

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

Kritéria tolerance cvičení v horku:

1. Teplota nepřekročí 39,2°C
2. SF se udrží na 95% SFmax po dobu 3 min
3. Adaptovaný je schopen dokončit závod

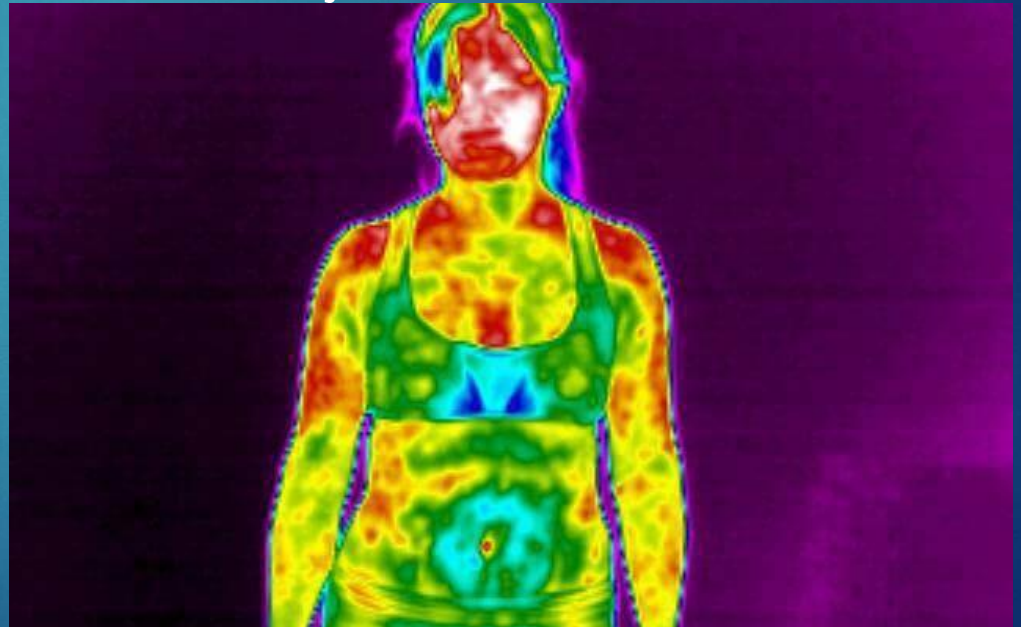
Chlad



Teplota okolí je nízká

Reakce na chlad

- ▶ Chlad jako stresor-vyplavení katecholaminů (reakce TK,TF),
- ▶ Centralizace oběhu ,aktivace osy hypotalamus-nadledvinka,
- ▶ aktivace thyreoidních hormonů jako součást metabolické reakce.



Hypoglykémie a nevspání zvyšuje rychlost podchlazení.
Rychlejší nástup svalové únavy s možností úrazu úponů

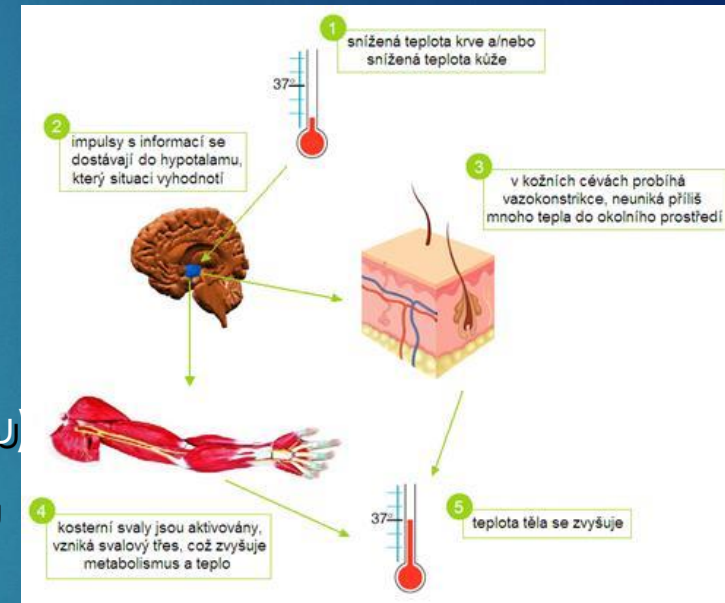
Mechanismy udržení teploty jádra

- ▶ ↑ **svalový tonus** (↑ tepelné produkce)
- ▶ **Vazokonstrikce kožních cév**: stimulace sympatického centra v zadním hypotalamu, také téměř všude
- ▶ **Piloerekce**: sympatikus na *musculi arrectores*, u člověka malý význam, „izolační vrstva vzduchu“
- ▶ **Zvýšená termogeneze-**

Třesová – 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 (hnědý tuk)



Větší výdej tepla při svalové práci-nevýhoda v extrémním chladu

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

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

Voda je vyšší chladový stresor než vzduch (tepelná vodivost 26x vyšší)

Ochrana proti tepelným ztrátám

- ▶ **Omezení tepelného výdeje**-vazokonstrikce kůže a neaktivních svalů
- ▶ **Chování a oděv**-schoulení x 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**-hovoříme o ní pokud klesne teplota pod 35°C

Podle závažnosti ji dělíme na:

- **mírná**(rektální teplota - 32°C)
- **střední**(rektální teplota- 30°C)
- **těžká**(rektální teplota- 28°C)

Příznaky:

vliv na vodivý systém srdce –
prodloužení PQ intervalu,
komorové extrasystoly,
tachykardie i fibrilace komor,
pokles TK, mělké dýchání,
poruchy mentálních funkcí

- ▶ **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.
- ▶ **Další příznaky** : časté křeče kosterních svalů, při pohybu v chladu hrozí ruptury

Adaptace na chlad

- ▶ **Genetická**- australští domorodci, eskymáci, sibiřané
- ▶ **Aklimatizace**-získaná pozitivní reakce na komplex podmínek
- ▶ **Aklimace**-získaná reakce posit.na jednu složku
- ▶ **Habituace** (přivykání)-zmenšená reakce na chlad
- ▶ Typy:
 - **metabolická** - zvýšená tvorba tepla
 - **izolační** – tuková vrstva, vazokonstrikce
 - **hypotermická** – tělesná teplota klesá, organismus se adaptuje na nižší teplotu

Poznámka:

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

Otužování

= činnost , jejímž výsledkem je schopnost organismu správně a pohotově reagovat na klimatické výkyvy zevního prostředí

- ▶ Význam jako prevence nemoci z nachlazení a zvýšení adaptace na chlad-výhody pro kvalitu života
- ▶ Běžné otužování - chladnější místnosti, přiměřený oděv, sprchování a mytí studenou vodou, saunování
- ▶ Sportovní otužování - plavání v ledové vodě



Extremní výkony v chladu

- ▶ **Přežití horolezce bez kyslíku 2 dny** ve výšce 8.000m při teplotě v noci až -25°C s příznaky obou forem AHN jen s omrzlinami po jeho snesení a ošetření
- ▶ **Ledový muž** - Rusko/Sibiř/ uběhl maraton v teplotě -16°C za 5 a půl hodiny jen v trenkách s čelenkou a nazouvacími trepkami. To vše bez omrzlin a viditelné újmy na zdraví.
- ▶ **Tentýž muž podplaval 50m pod ledem** ve vodě $+4^{\circ}\text{C}$ jen v plavkách (pod dohledem potápěčů s lékařským zázemím)

