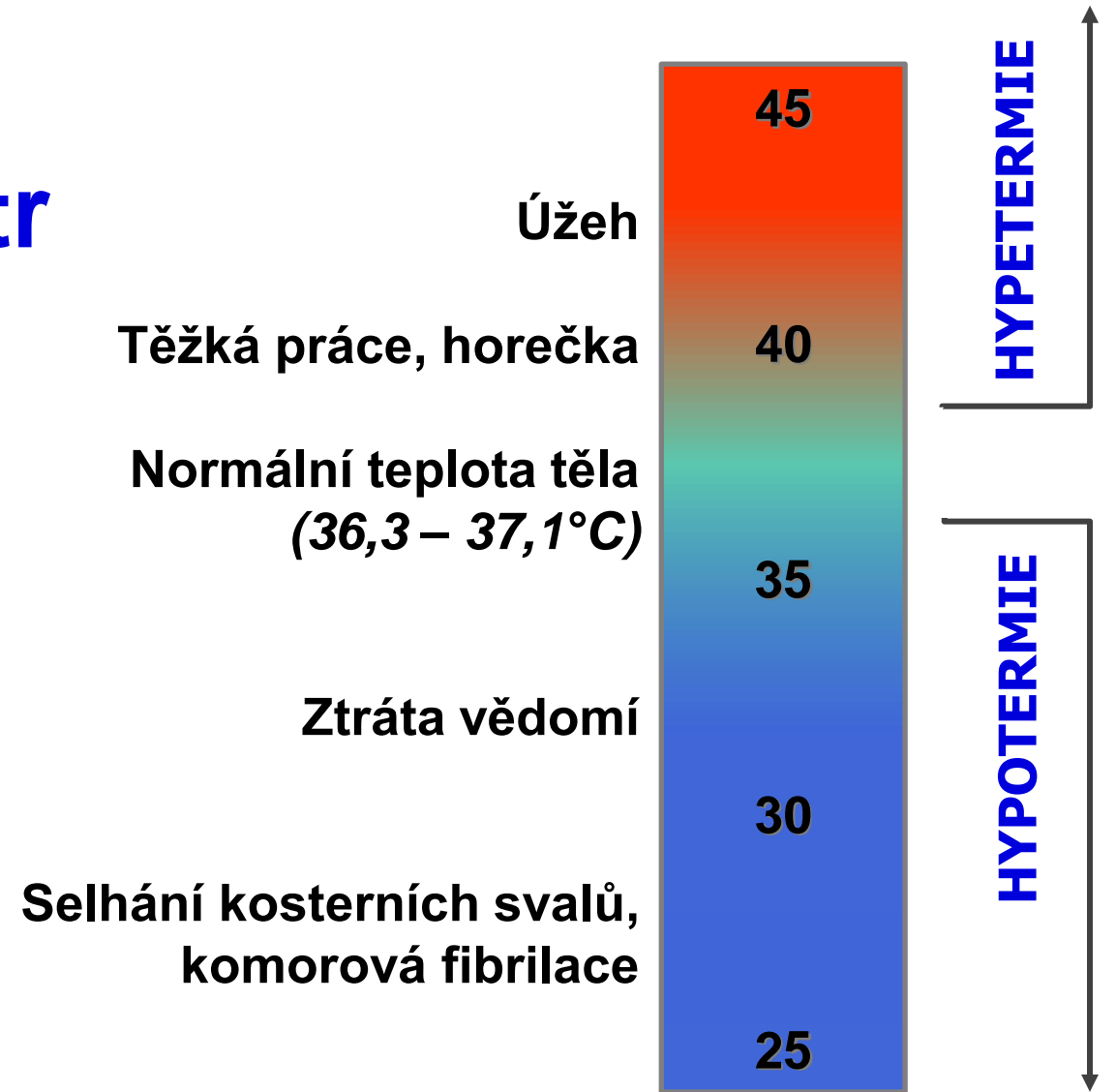


Termoregulace

Fyziologie II přednáška (VLFY0422p)

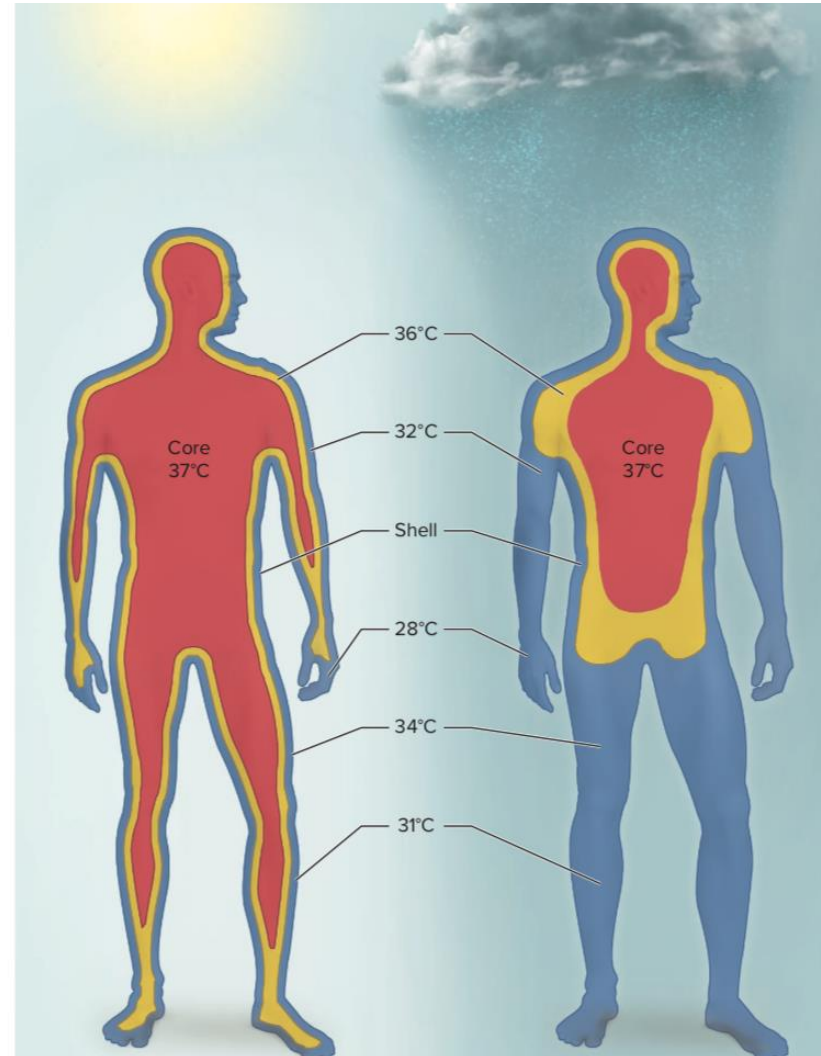
Tibor Stračina

Teplota – homeostatický parametr



Tělesné jádro vs. obal

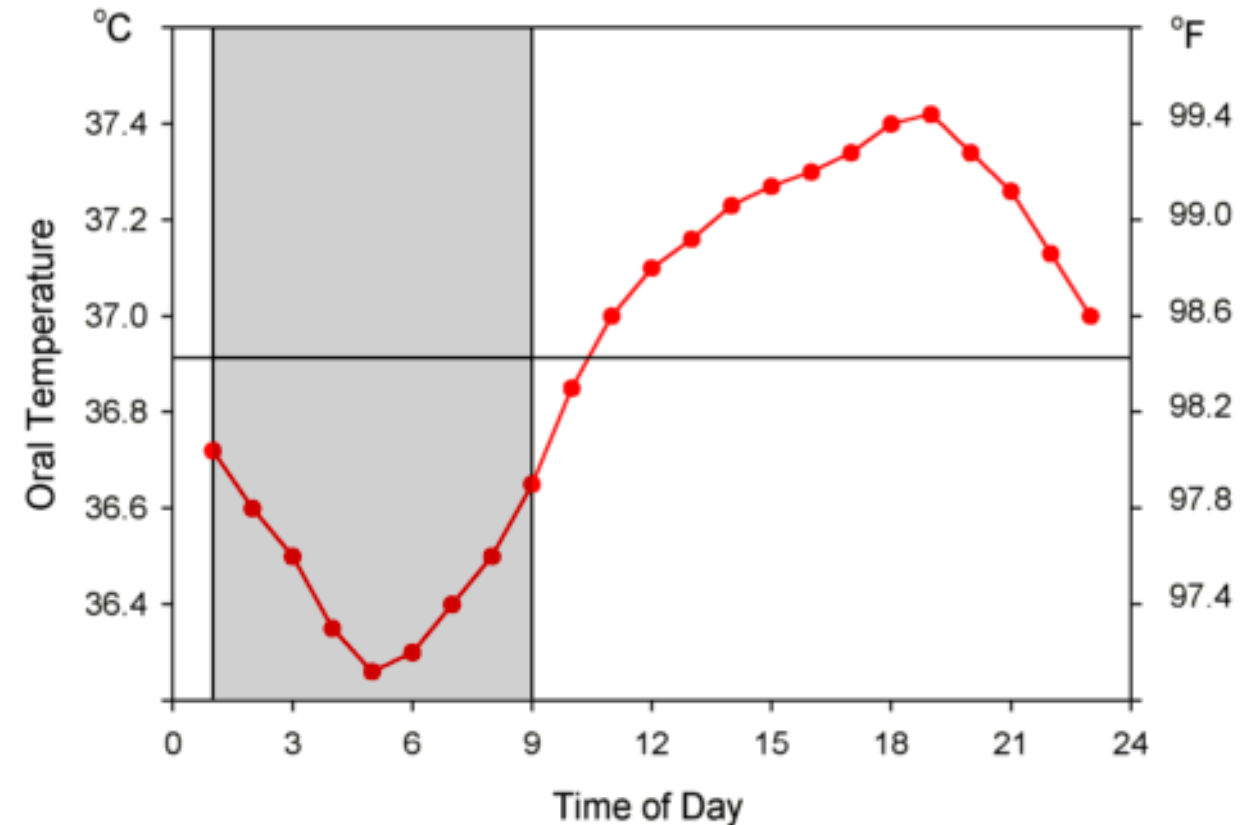
- homeotermní vs. poikilotermní
- Teplota tělesného jádra – udržována v (úzkém) rozmezí
- Kožní teplota (obal) – proměnlivá (teplota jádra, okolní prostředí)



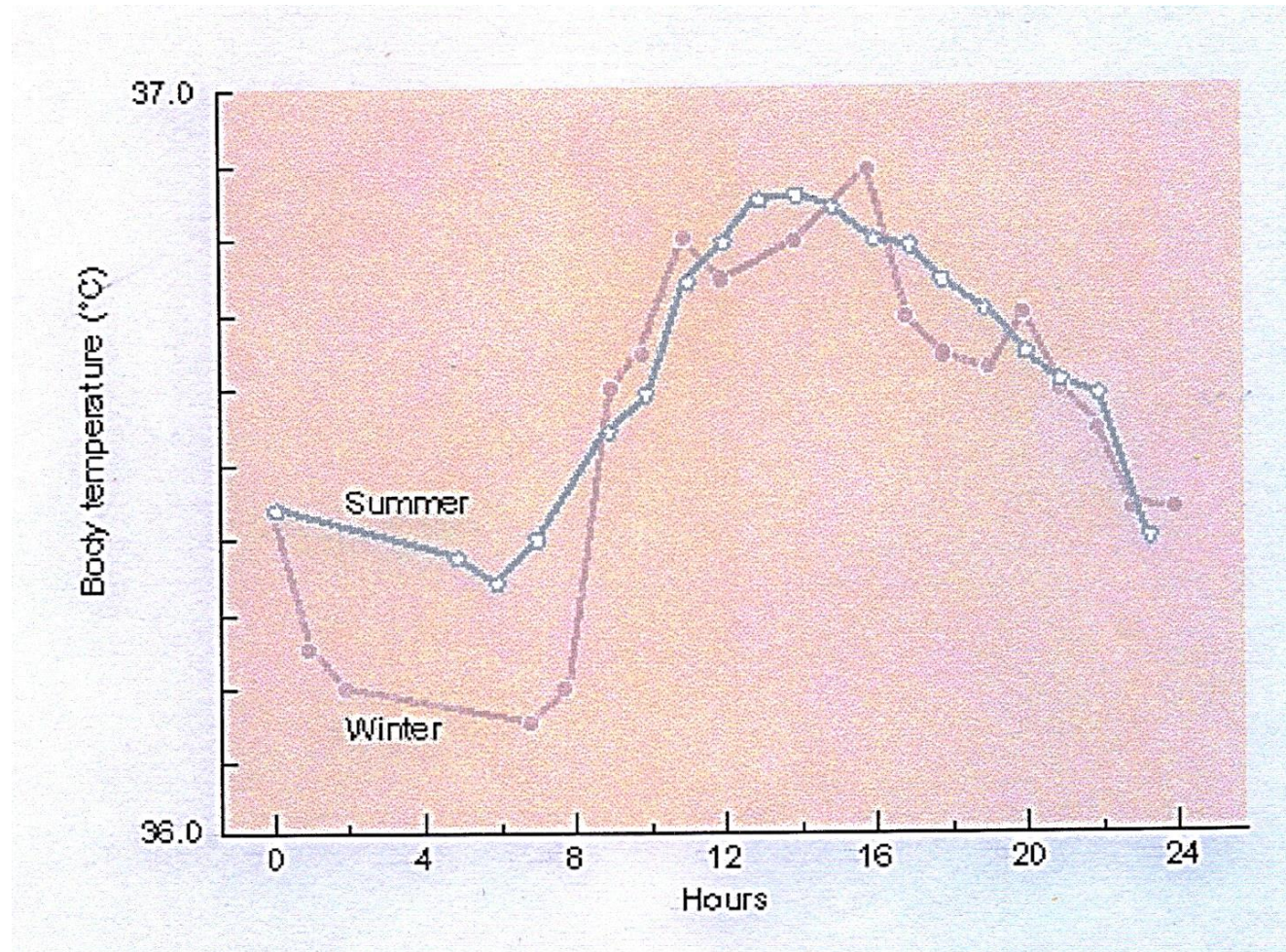
Adopted from: K.S. Saladin, *Anatomy & Physiology—The Unity of Form and Function*, 8th ed. (McGraw-Hill, 2018)

Variabilita teploty tělesného jádra

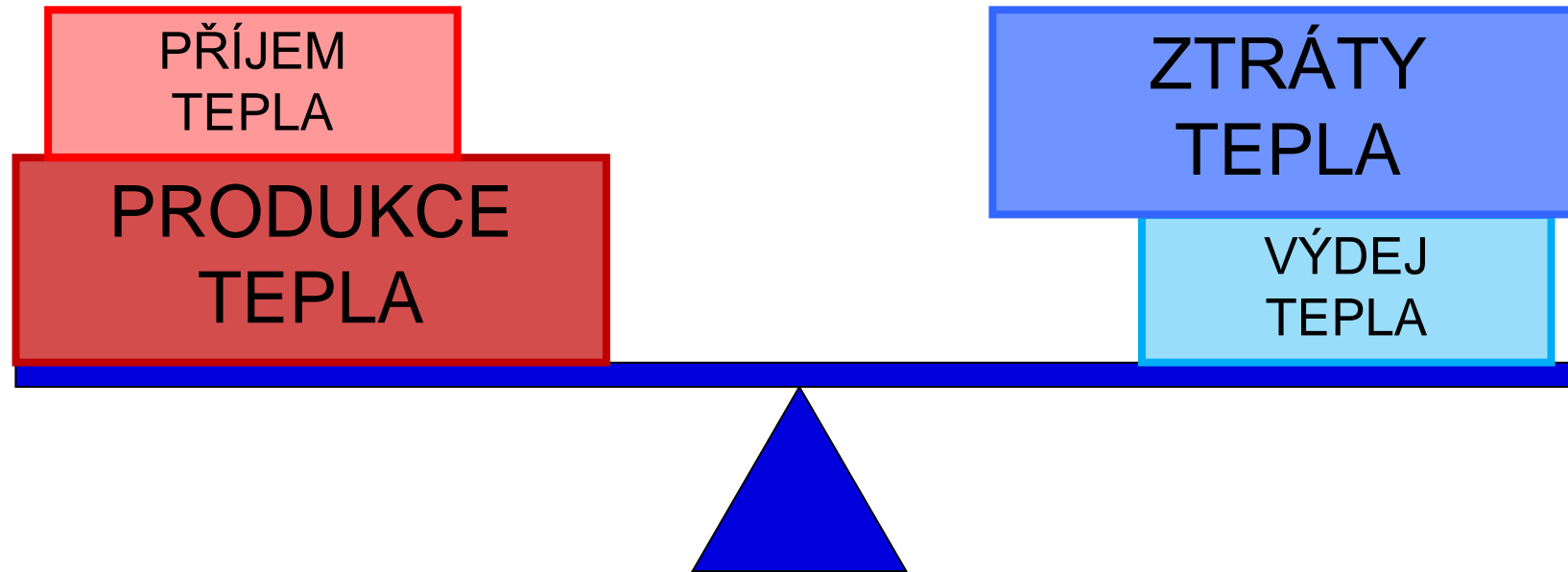
- Cirkadiální kolísání
- Cirkamensální rytmus (u žen od puberty do menopausy)
- Sezónní variabilita (cirkanuální rytmus)
- Stárnutí



Variabilita teploty tělesného jádra



Jemná rovnováha teploty jádra



Teplo vs. teplota

- **Teplo [J]** – (tepelná) energie přenášená mezi tělesy (odevzdávána nebo přijímána)
- **Teplota [K, °C, °F]** – míra obsahu tepelné energie; střední kinetická energie částic (molekul, iontů)

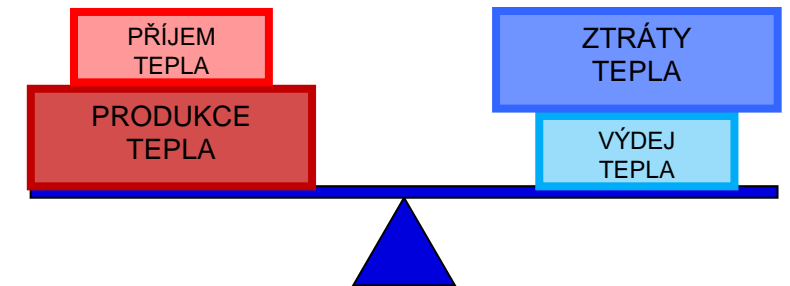
Přenos tepla uvnitř organismu

- primárně **KONVEKCE** (proudění)
- médium = krev

- v menší míře **KONDUKCE** (vedení)

Produkce tepla

- **Metabolismu:** metabolický obrat ~ produkce tepla
- **Fyzická aktivita** (svalová kontrakce): klid vs. práce
- **Postprandiální termogeneze** (příjem potravy)
- **Třesová termogeneze**
- **Netřesová termogeneze** (hnědá/běžová tuková tkáň)



Příjem a ztráty tepla

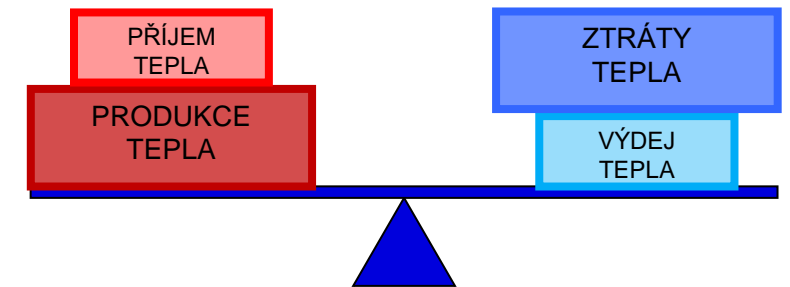
– „pasivní“ procesy

– **RADIACE** (sálání)

– **KONVEKCE** (proudění)

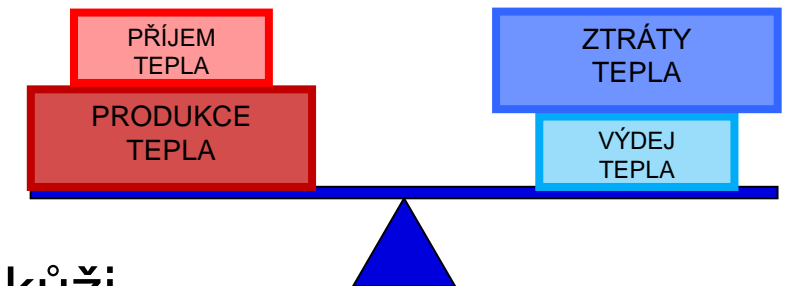
– **KONDUKCE** (vedení)

– Závisí na teplotním gradientu mezi povrchem těla (kůží) a okolním prostředím



Výdej tepla (aktivní ztráty)

- **EVAPORACE** (vypařování)
- *perspiratio sensibilis* = produkce potu (1 l odpařeného potu = - 2 428 kJ)
- *perspiratio insensibilis* = difuze vody přes kůži a sliznice



- Akcelerace „pasivní“ ztráty tepla zvýšením perfuse v kůži
 - (RADIACE)
 - (KONDUKCE)
 - (KONVEKCE)

Termoregulace

- Všechny procesy směřující k udržení teploty jádra v požadovaném rozmezí
- Termoregulační chování
- Sociální termoregulace

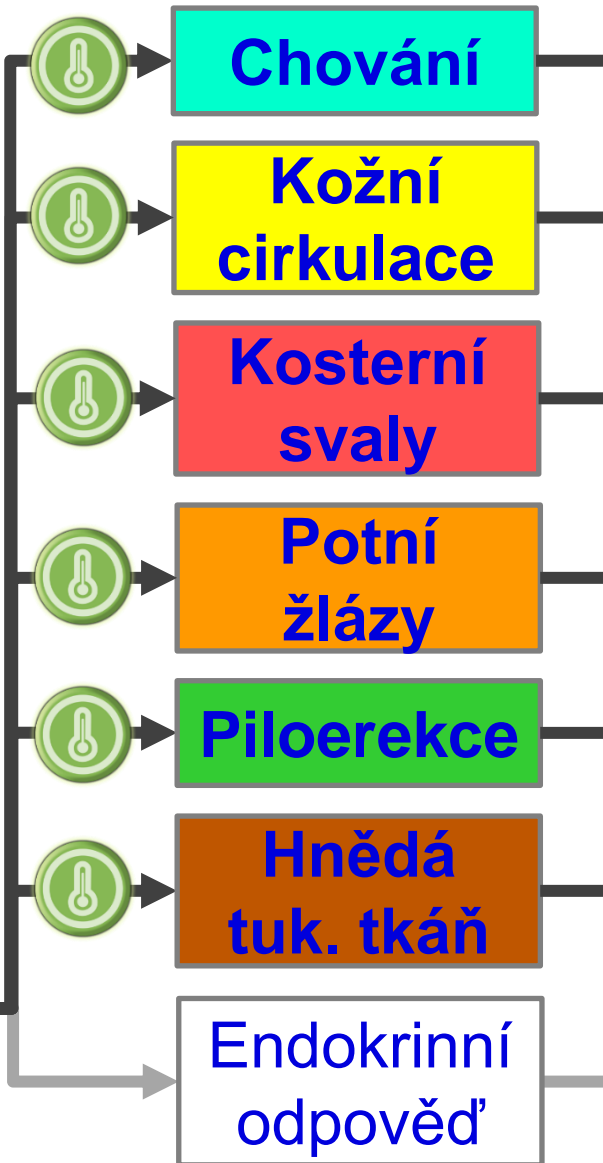
Teplota prostředí

Kožní teplota

Teplota v mozku

Periferní termoreceptory

Centrální termoreceptory
HYPOTALAMUS (POA)
Centrum termoregulace



Teplota tělesného jádra

Aferentní informace - termoreceptory

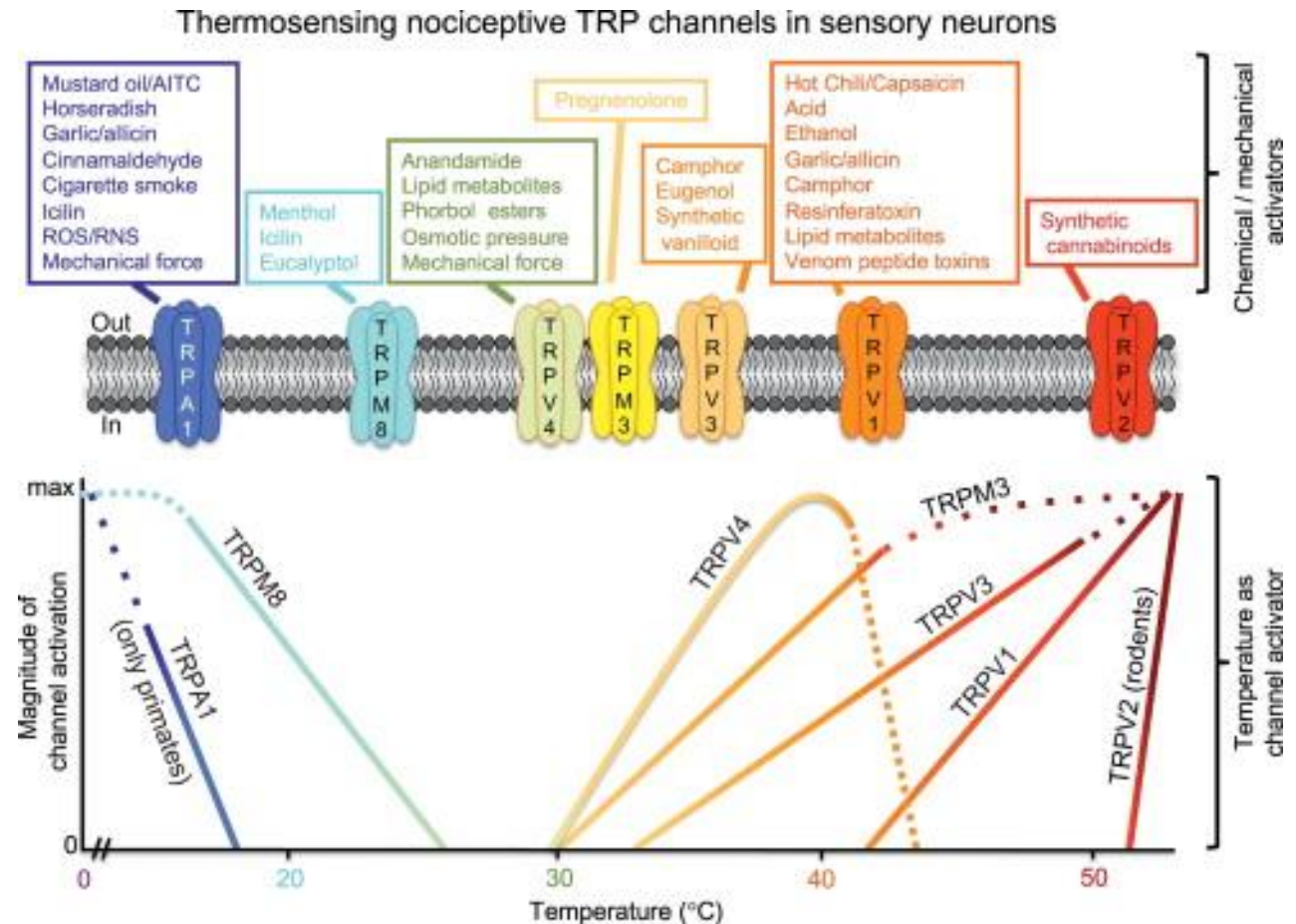
- Centrální termoreceptory
 - Na teplotu citlivé neurony v předním hypotalamu (*area preoptica*) – teplota mozku

- Periferní termoreceptory
 - Kožní termoreceptory - kožní teplota

 - Termoreceptory v GIT
 - Termoreceptory v játrech a dalších vnitřních orgánech
 - Termoreceptory v kosterních svalech

Princip termorecepce: TRP kanály

- Superrodina iontových kanálů
- Smíšené kationtové kanály
- Aktivace = depolarizace membrány
- Polymodální
- **Vodivost některých je závislá na teplotě**



Adopted from: <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.01.002>

Termoregulační centrum

- Přední HYPOTALAMUS (area preoptica)
- Integrace aferentních informací
- Modifikace eferentních drah (vegetativní, somatické) – ovlivnění efektorů
- „set-point“ vs. prahová teplota pro efektorové systémy

Efektorové systémy termoregulace

- Chování
- Kožní cirkulace
- Potní žlázy
- Kosterní svaly (volné pohyby, třesová termogeneze)
- Horipilace (piloerekce)
- Hnědá/běžová tuková tkáň (netřesová termogeneze)

- Role sympatického nervového systému (*VLFY0422s demonstrace*)

Endokrinní reakce v termoregulaci

– Adrenalin a noradrenalin

- Termogenní účinek
- Součást akutní sympatoadrenální reakce při chladem indukovaném stresu

– Tyroidní hormony (T3 a T4)

- Termogenní účinek přes zvýšení BMR
- Subakutní/chronický efekt
- Dlouhodobé zvýšení/snížení sekrece T3 a T4 je součástí adaptace na chlad/teplo

– Nepřímé zapojení **ADH** a **aldosteronu**

Chladem indukované mechanismy

- Strategie: snížit ztráty tepla
 - Chování: snížit tělesný povrch, tepleji se obléct
 - Vazokonstrikce v kůži. Horipilace
 - Inhibice pocení
- Strategie: zvýšit produkci tepla
 - Kosterní sval: častější volné pohyby (chování); třes
 - Netřesová termogeneze (hnědá/běžová tuková tkáň)
 - Hlad (zvýšení příjmu potravy)

Teplem indukované mechanismy

- Strategie: zvýšit ztráty/výdej tepla
 - Kožní vazodilatace
 - Zvýšené pocení (evaporace)
 - Zvýšená ventilace
- Strategie: snížit produkci tepla
 - Chování: Vyhledání stínu, lehké oblečení
 - Snížení fyzické aktivity (pokles motivace, apatie)
 - Ztráta chuti k jídlu (snížený apetit)

Specifika termoregulace při vysoké vzdušné vlhkosti

- Vysoká vzdušná vlhkost snižuje odpařování potu
- Pocení se stává neefektivní a vede ke ztrátě velkého množství vody
- Hrozí přehřátí organismu a dehydratace
- Efektivní ochlazení může přinést permanentní osušování povrchu kůže (též oděv odvádějící vlhkost)
- Nebezpečí přehřátí zvyšuje fyzická aktivita!
 - Při 35°C a relat. vlhkosti >60% není bezpečné vykonávat aktivitu střední či vyšší intenzity déle než 30 min

Specifika termoregulace při fyzické aktivitě

- Fyzická aktivita vždy znamená zvýšení produkce tepla
- Fyzická aktivita vede ke snížení efektivního objemu cirkulujících tekutin
 - únik tekutiny do intersticia kosterních svalů
 - ztráta tekutin pocením
- **Udržení efektivního objemu cirkulujících tekutin (krevního tlaku) je vždy upřednostněno před zvýšením aktivních ztrát tepla (termoregulací)**
- Teplota jádra během fyzické aktivity roste
- Klíčová je teplota prostředí
- Role sympatického nervového systému (*VLFY0422s demonstrace*)

Specifika termoregulace v dětském věku

- Větší povrch těla v poměru k celkové tělesné hmotě vede k větším pasivním pohybům tepla
 - V chladném prostředí větší riziko podchlazení
 - V teplém prostředí větší riziko přehřátí
- Novorozenci a kojenci navíc nemají plně funkční centrální termoregulační mechanismy
- Vyšší riziko dehydratace při tepelném stresu

Specifika termoregulace ve stáří

- Snížená schopnost vnímat teplo a chlad kůží
 - Pokles aferentace z kůže (časté periferní neuropatie)
- Snížená schopnost aktivního výdeje tepla
 - Pokles počtu i aktivity potních žláz
 - Snížená srdeční rezerva
- Snížená schopnost produkce tepla
 - Pokles metabolického obratu
 - Pokles svalové hmoty (sarkopenie)
- Pokles celkové tělesné hmoty (sarkopenie) opět vede k zvětšení povrchu těla v poměru k hmotnosti = větší pasivní pohyby tepla
- **Ve stáří snížená schopnost termoregulace a větší výkyvy teploty jádra**

Termoregulace a body art

- Body art (tetování, skarifikace, subdermální implantáty) může poškodit potní žlázy
- Pokud body art pokrývá větší plochy kůže, může snížit schopnost organismu ochlazovat se
- Organismus tak může být ohrožen přehřátím, zejména při větší tepelní zátěži (expozice teple, fyzická aktivita)
- U vrcholových atletů může body art na velkých plochách kůže limitovat výkonnost

Audiovizuální obsah prezentovaný během přednášky je autorským dílem vytvořeným zaměstnanci Masarykovy univerzity. Jakékoliv další šíření tohoto obsahu nebo jeho části bez svolení Masarykovy univerzity je v rozporu se zákonem.