

FYZIKÁLNÍ TERAPIE

TERMOTERAPIE I.

Mgr. Petr Pospíšil, Ph.D.

Katedra podpory zdraví

Fakulta sportovních studií

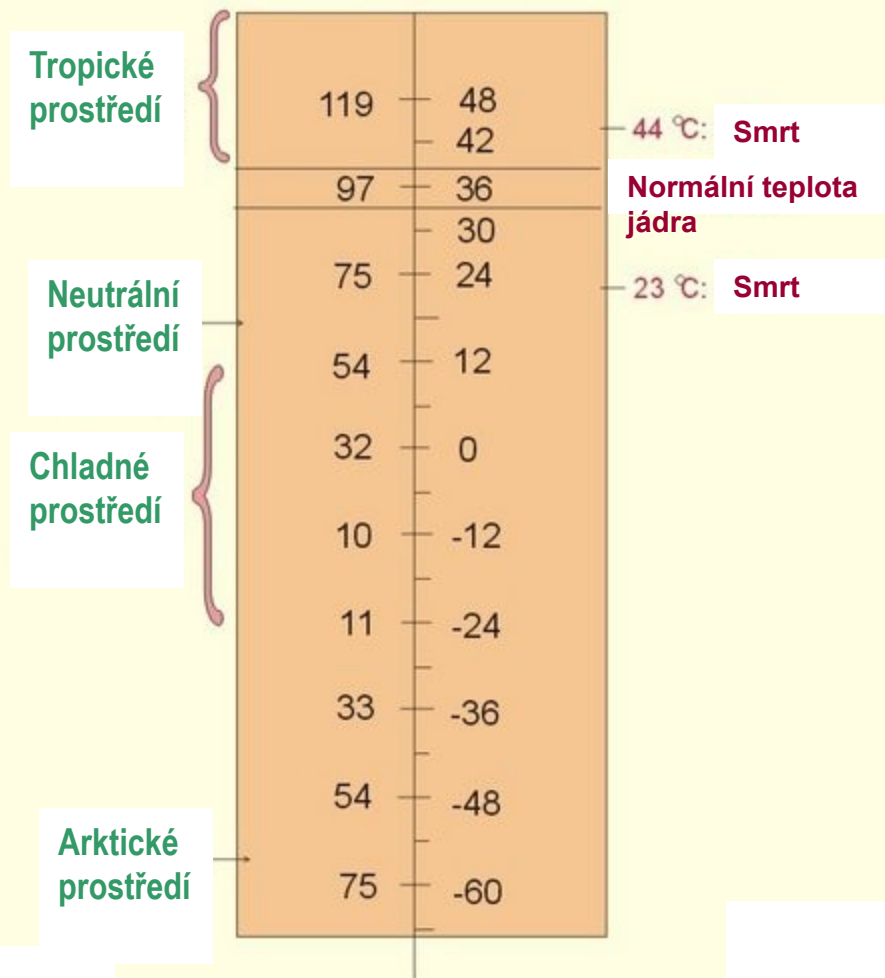
Tělesná teplota

Poikilothermie
(ektothermie)

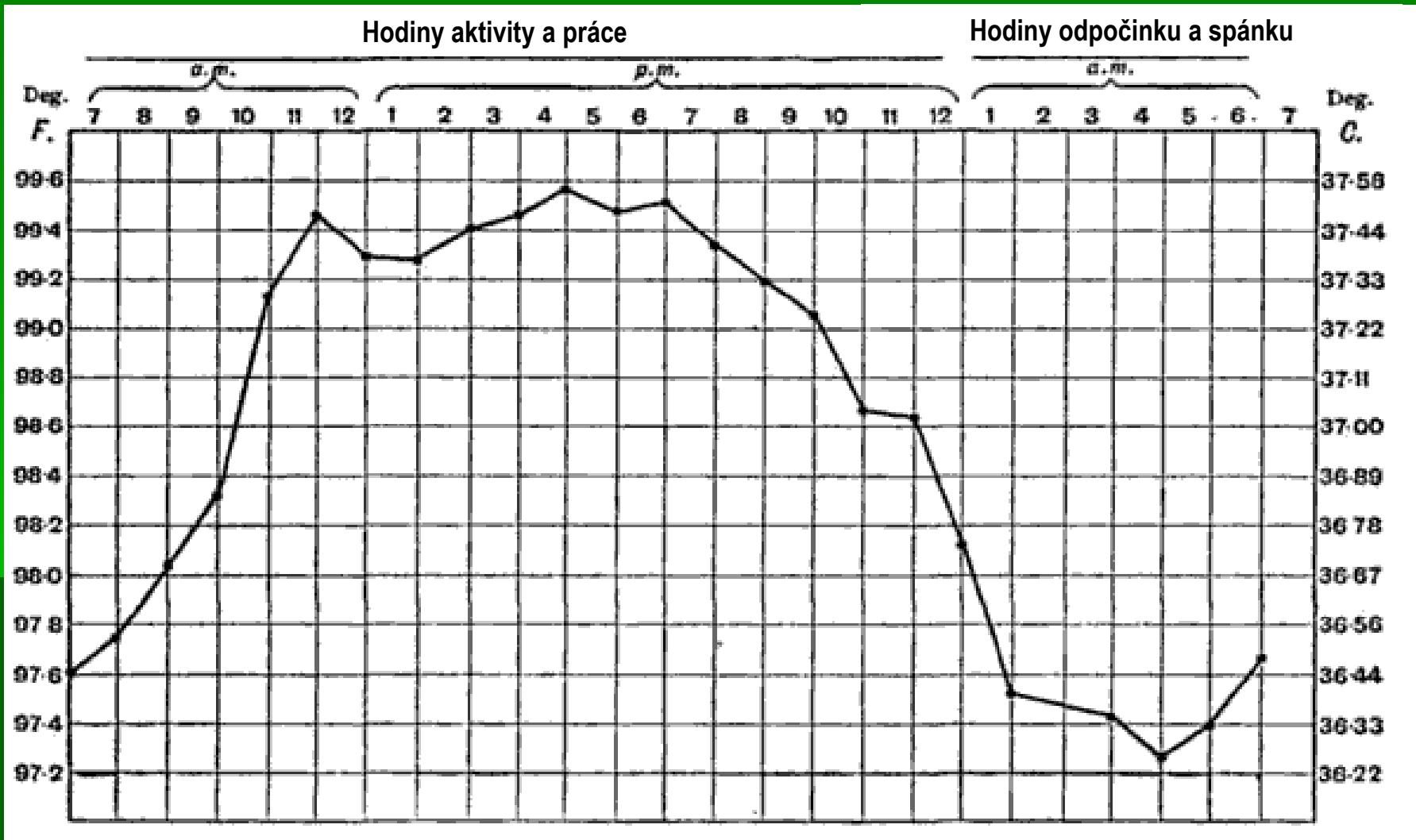


Homiothermie
(endothermie)

Teplota tělesného jádra & teplota prostředí



Variabilita těl. teploty



denní cyklus

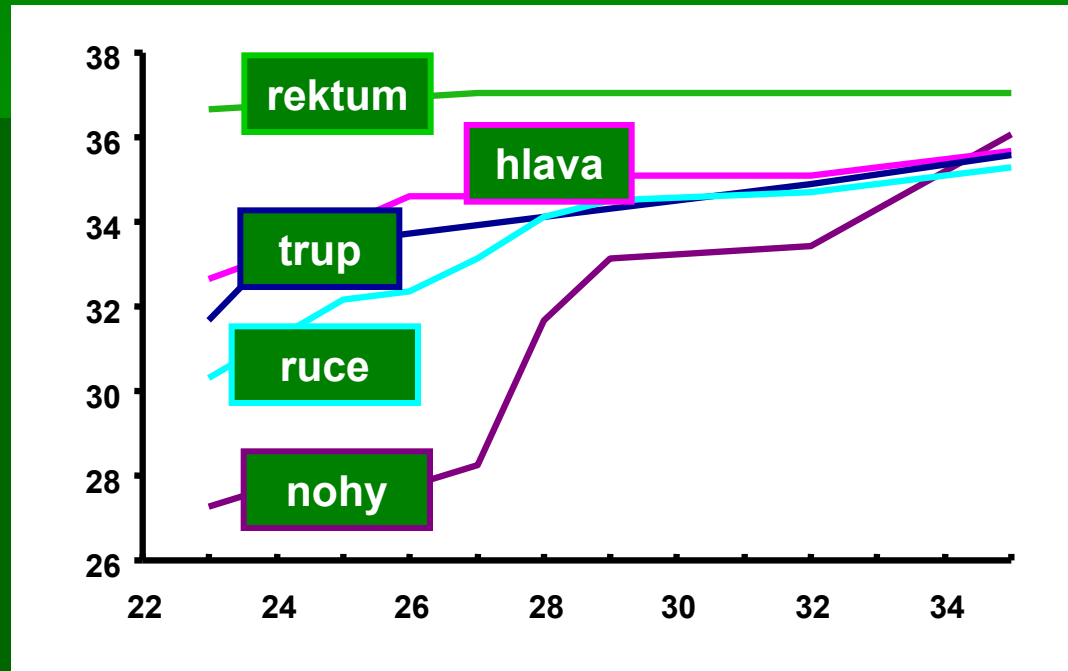
Cirkadiánní fluktuace teploty tělesného jádra

Axila 36.7 ± 0.5 °C

Rektum $37,2 \pm 0.5$ °C

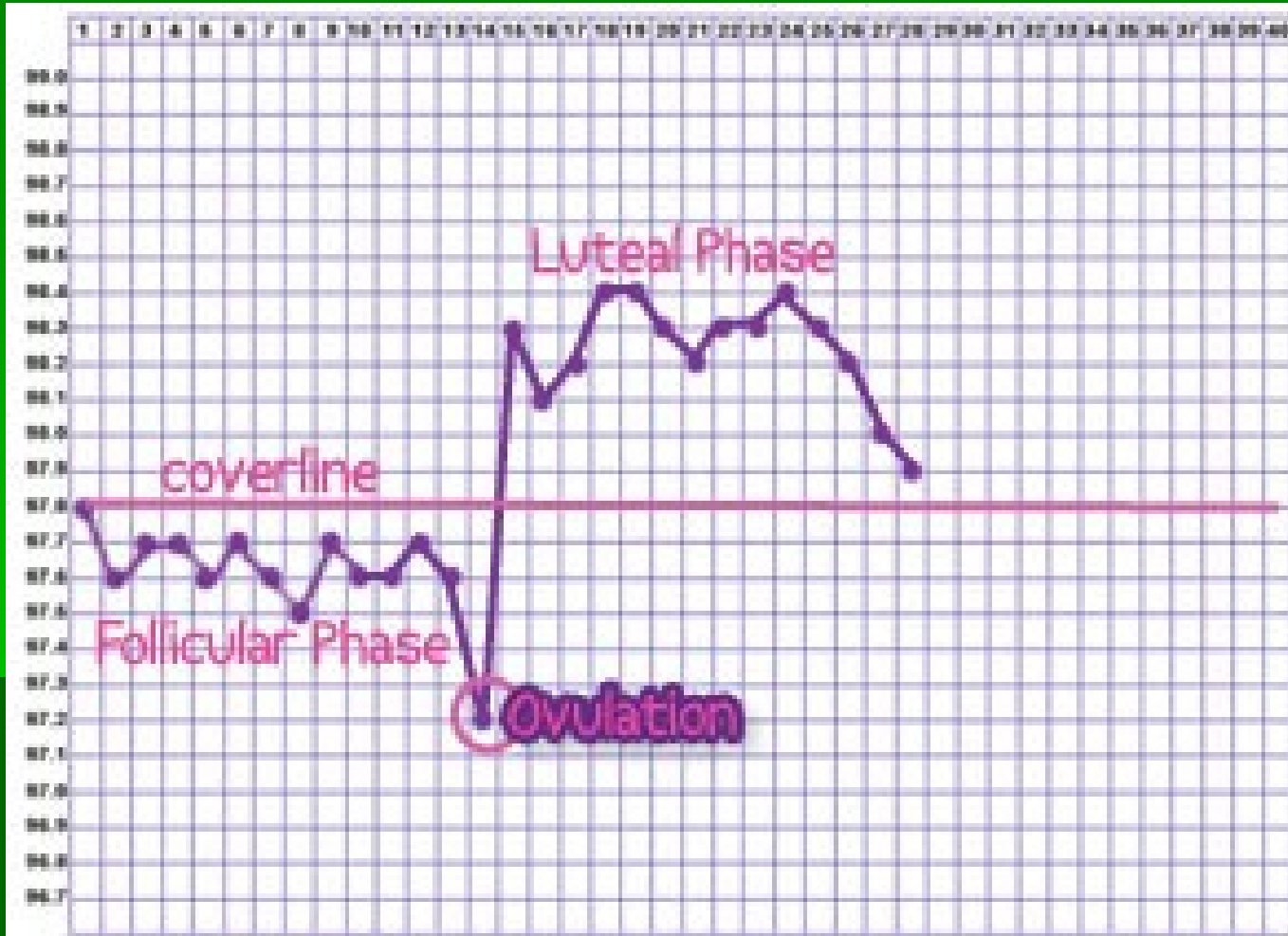
v závislosti na dalších rytmech...

Teplota „slupky“ osciluje mezi 20 - 40°C (0°C – 50 °C)



**Měření teploty jádra:
REKTÁLNÍ, ORÁLNÍ, TYMPANICKÉ**

Variabilita těl. teploty



menstruační cyklus

Variabilita těl. teploty

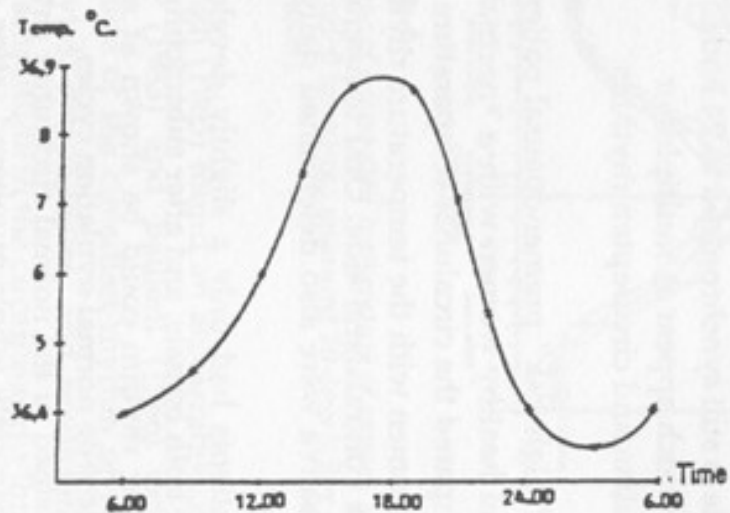


roční cyklus ...
hibernace ...
sociální hmyz ...

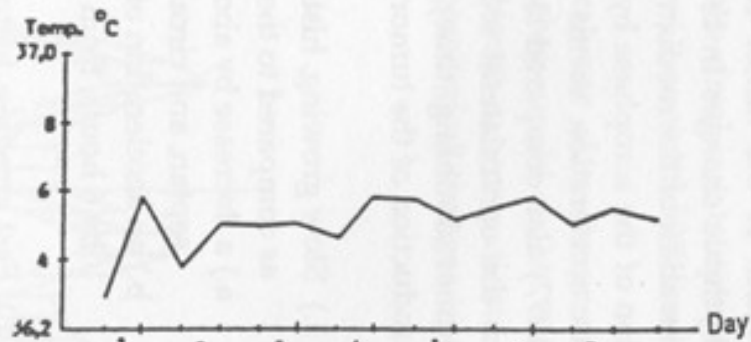
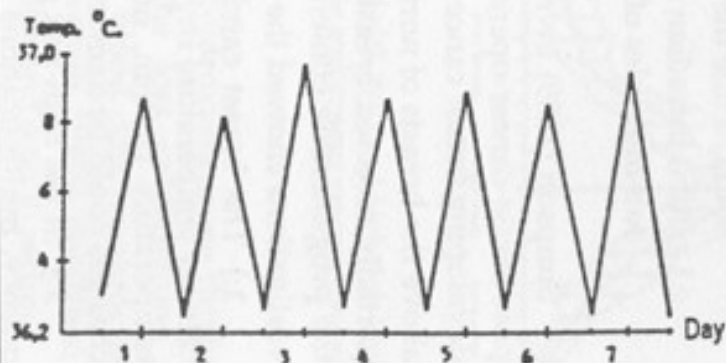
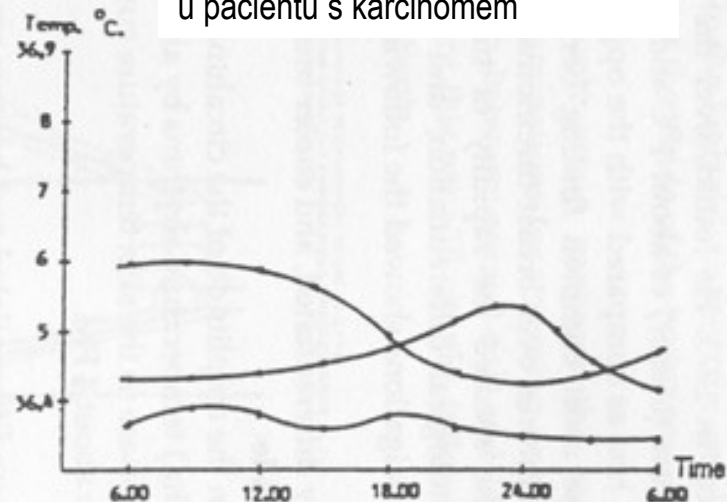


Patologie ...

Normální cirkadiánní kolísání těl. teploty



Cirkadiánní kolísání tělesné teploty u pacientů s karcinomem

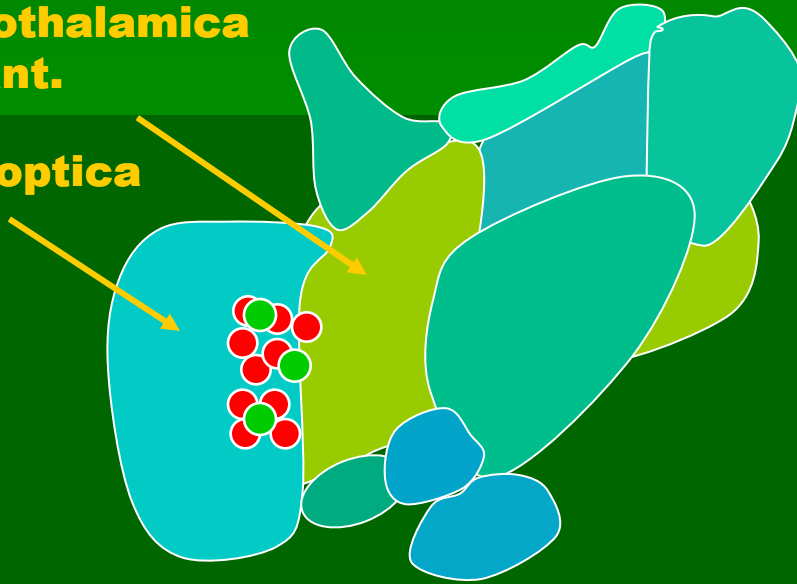


Regulace tělesné teploty

- řídicí centrum (hypotalamus)
- způsoby řízení
 - nervové řízení
 - látkové řízení
- výkonné orgány
 - produkce tepla
 - konzervace tepla

area hypothalamica
ant.

area preoptica



Řídící centrum

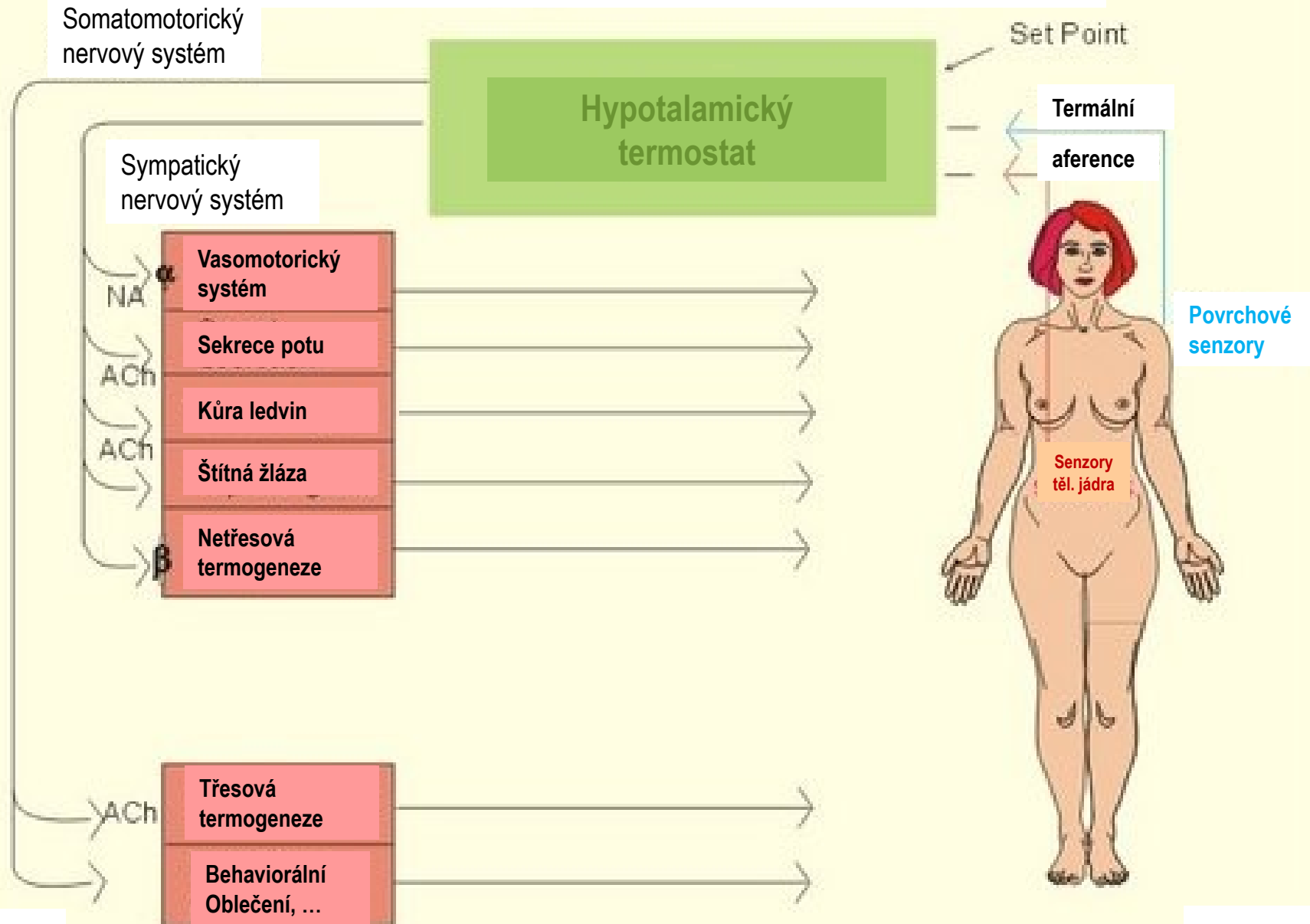
—

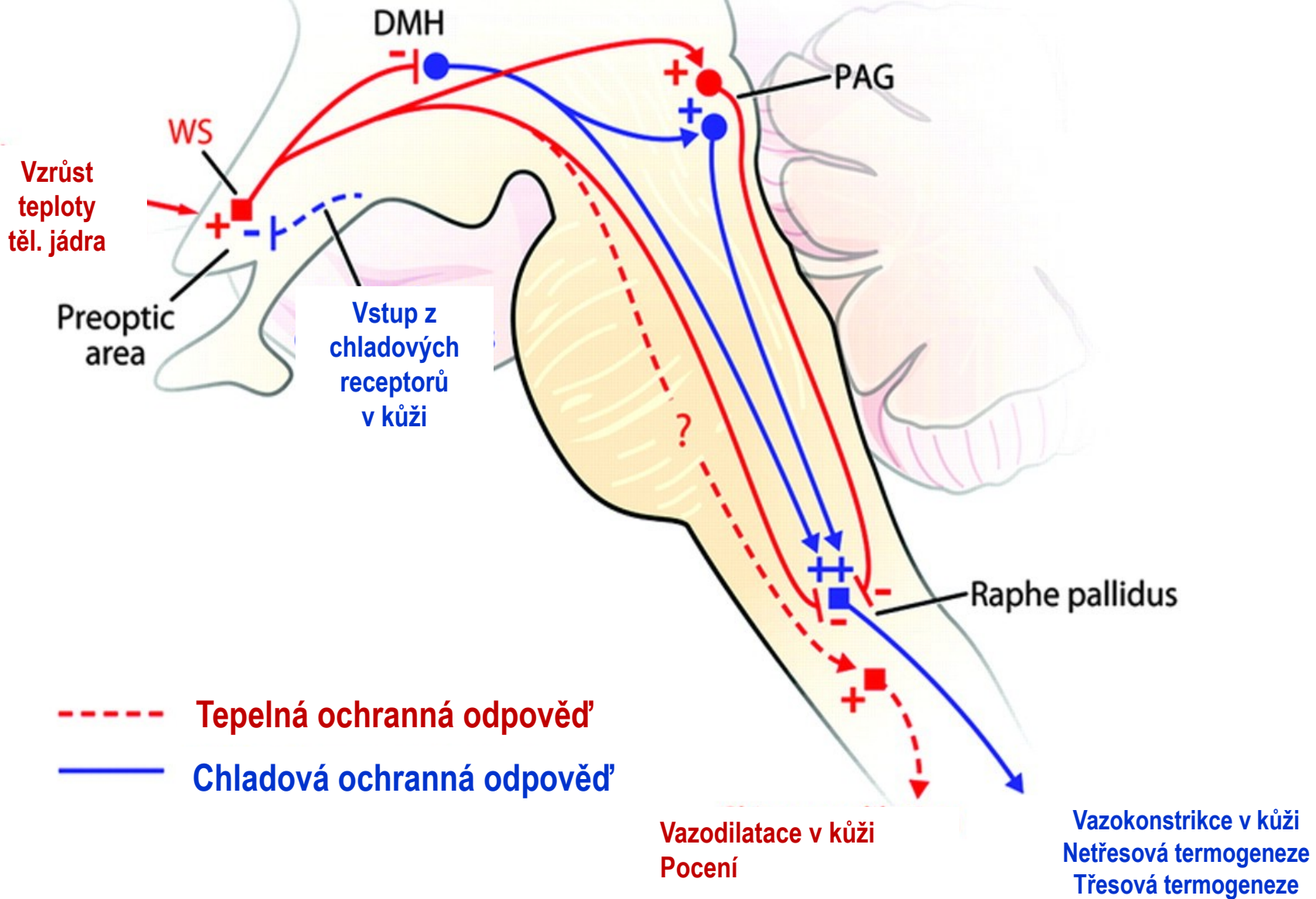
Hypotalamus

termosenzory pro teplo
termosenzory pro chlad

nejvyšší senzitivita termosenzorů kolem optimální teploty

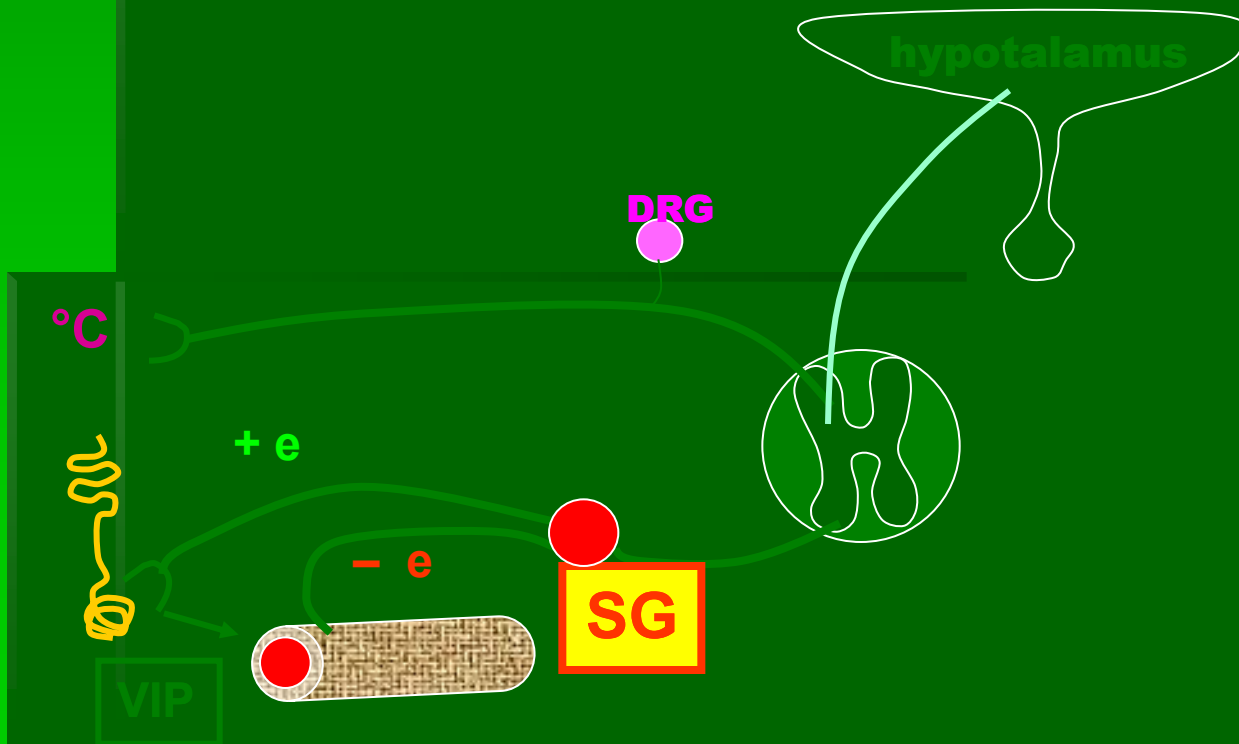
Somatomotorický a sympatický nervový systém



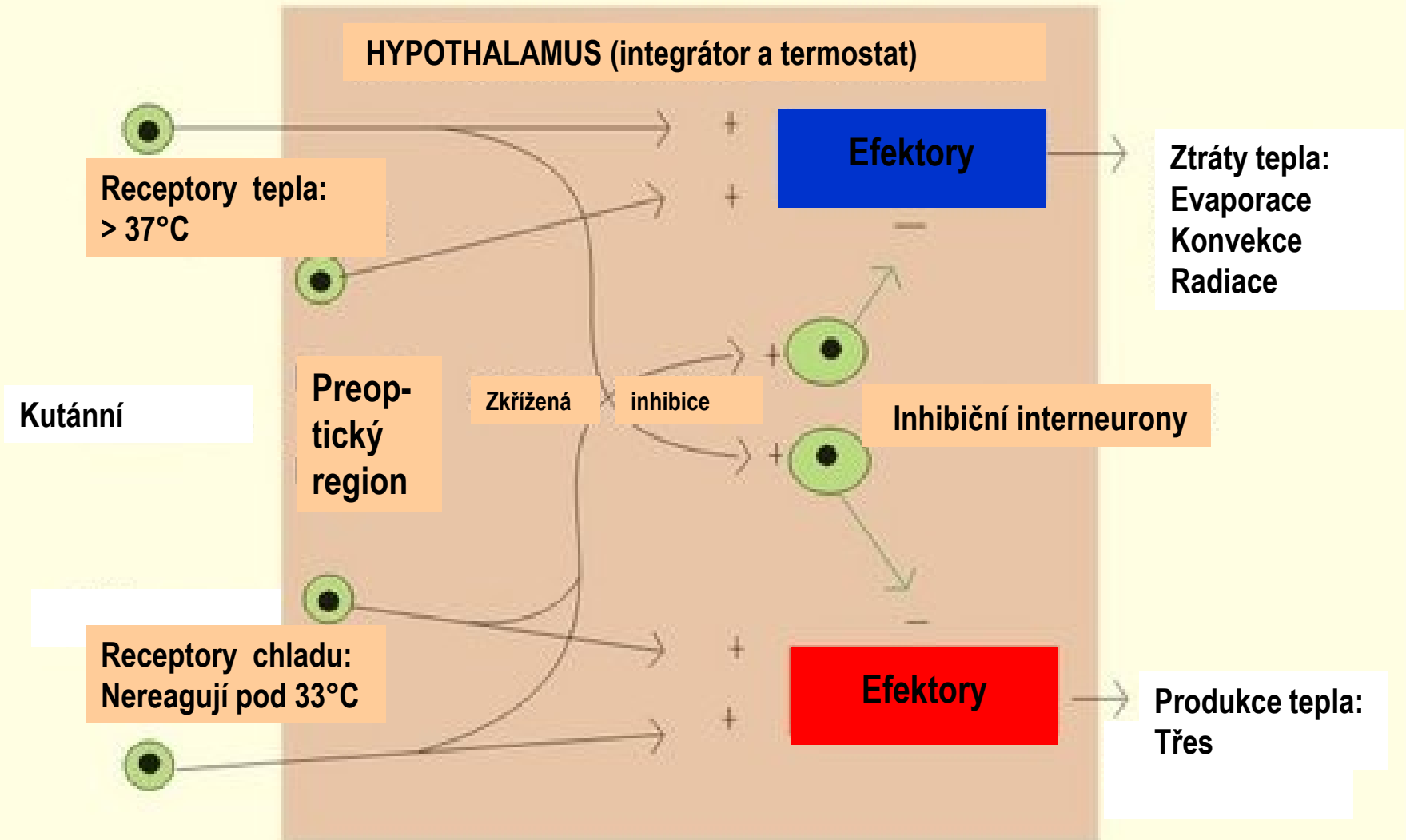


Další způsoby řízení

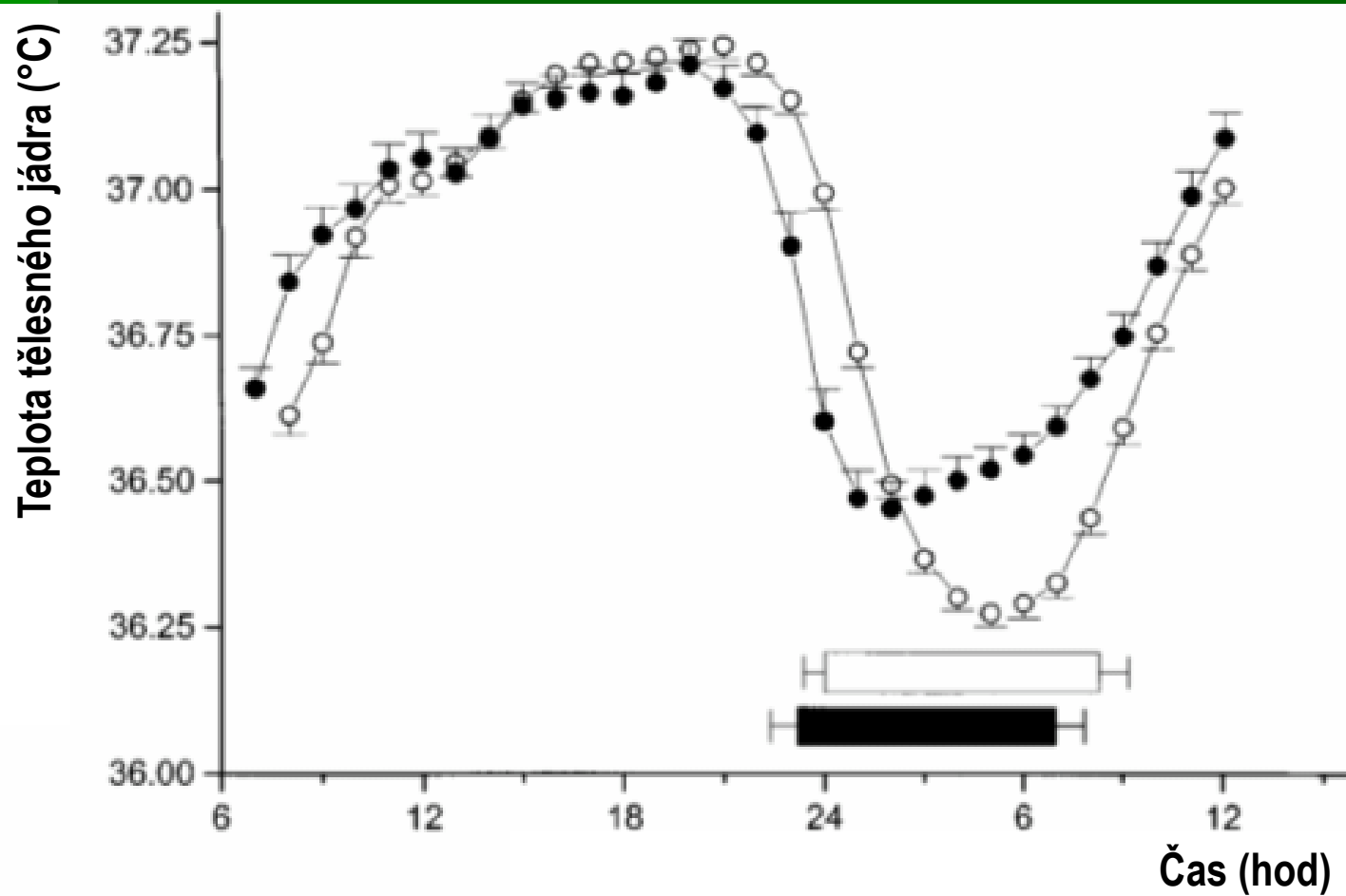
- Úprava viskozity krve (dehydratace/zvýšení produkce moči)
- Sekrece vazoaktivních substancí (bradykinin, ATP aj.)
- a další ...



Lidská termoregulace



Fluktuace teploty dána fluktuací nastavení řízení v hypotalamu



REGULAČNÍ MECHANIZMY

- PRODUKCE A KONZERVACE TEPLA
- ZTRÁTY TEPLA

PRODUKCE TEPLA

- vedlejší produkt metabolismu (cca 80 % odpadní teplo)
 - tělesná hmota
 - intenzita metabolismu

při dokonalé tepelné izolaci, fyzické inaktivitě (80 W) a specifické tepelné kapacitě ($3.47 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) se za 50 minut zvýší tělesná teplota o $1 \text{ }^\circ\text{C}$

KONZERVACE TEPLA

- periferní vasokonstrikce
- zvýšení viskozity krve
- piloerekce
- inhibice sudomotoriky
- . . .

Protiproudový výměnný mechanismus

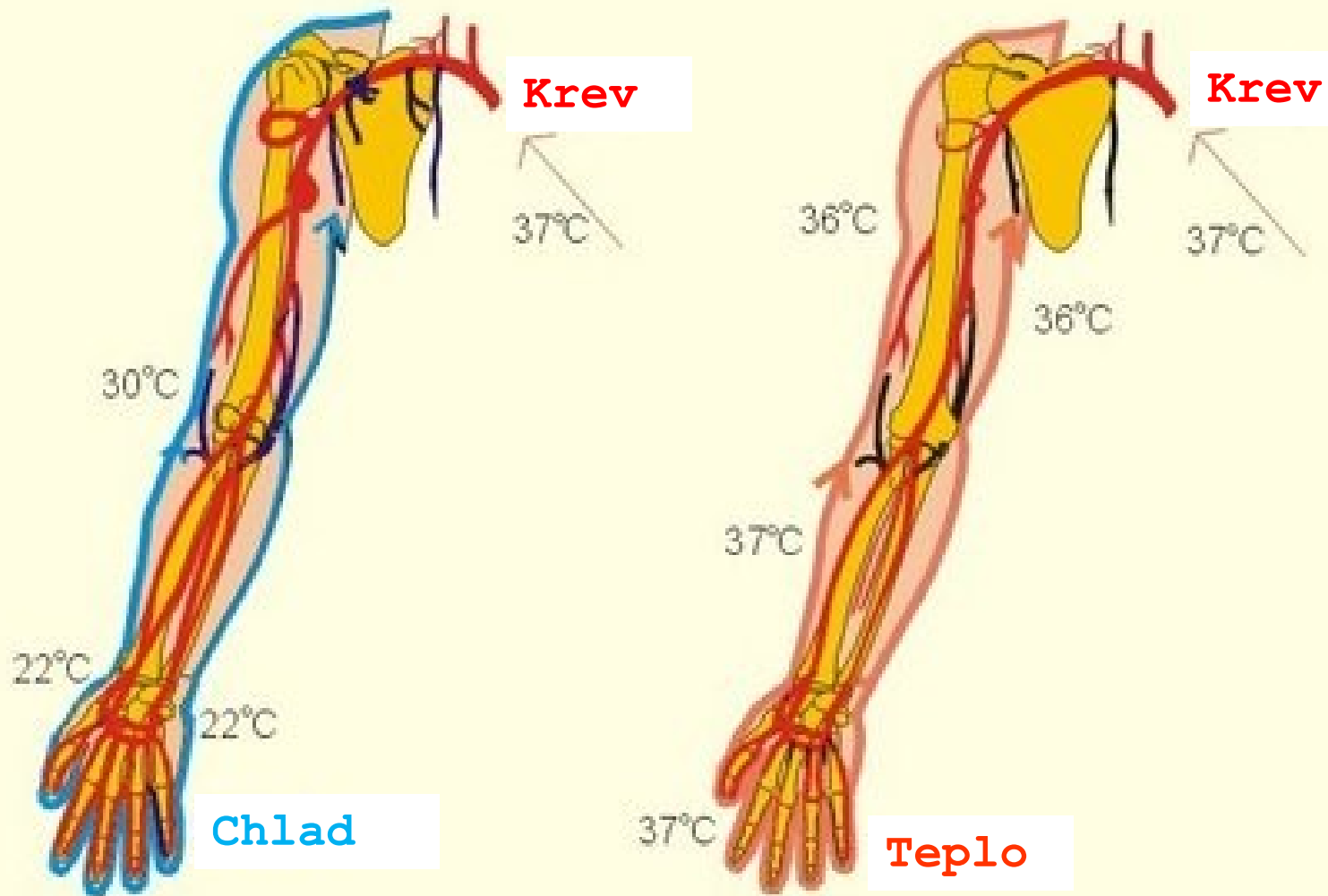
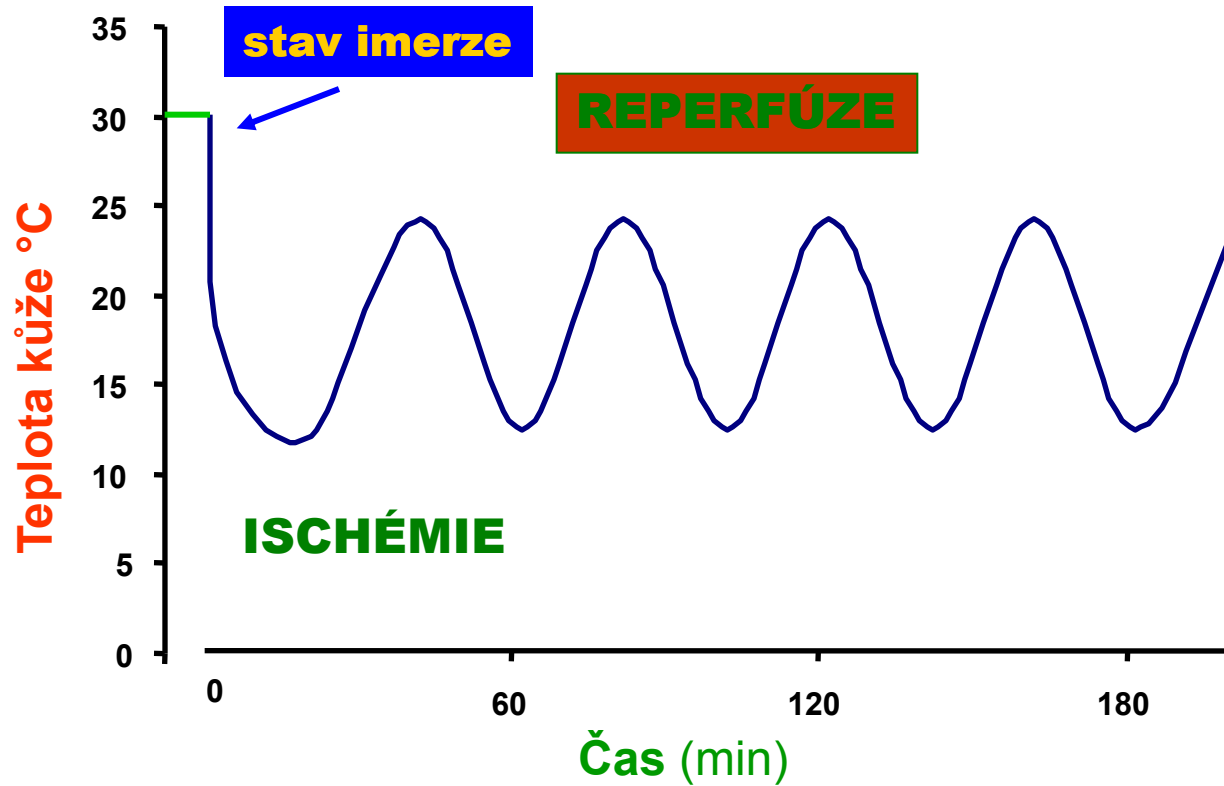
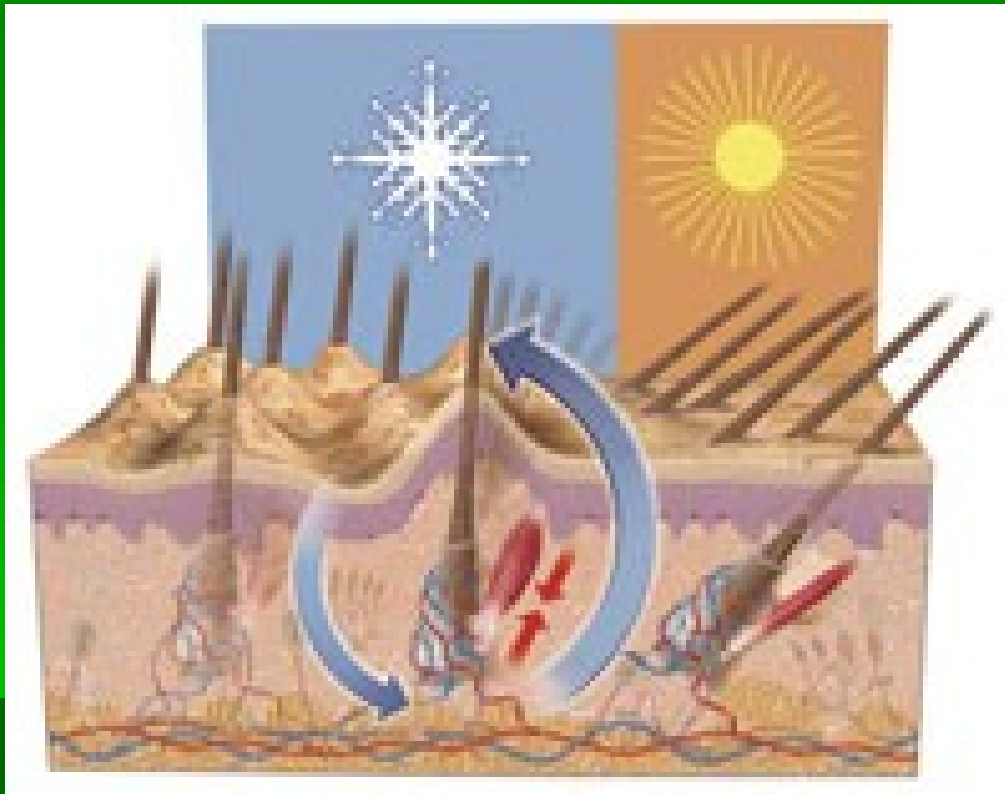


Fig. 21-5

Lewisova reakce



Piloerekce



KONZERVACE TEPLA

- behaviorální kontrola
 - ovlivnění expozice chladu (oblečení, schování se před větrem, deštěm, ...)
 - expozice teplému prostředí
 - zvýšení fyzické aktivity
 - ...

VÝMĚNA TEPLA S OKOLÍM

ZTRÁTY TEPLA

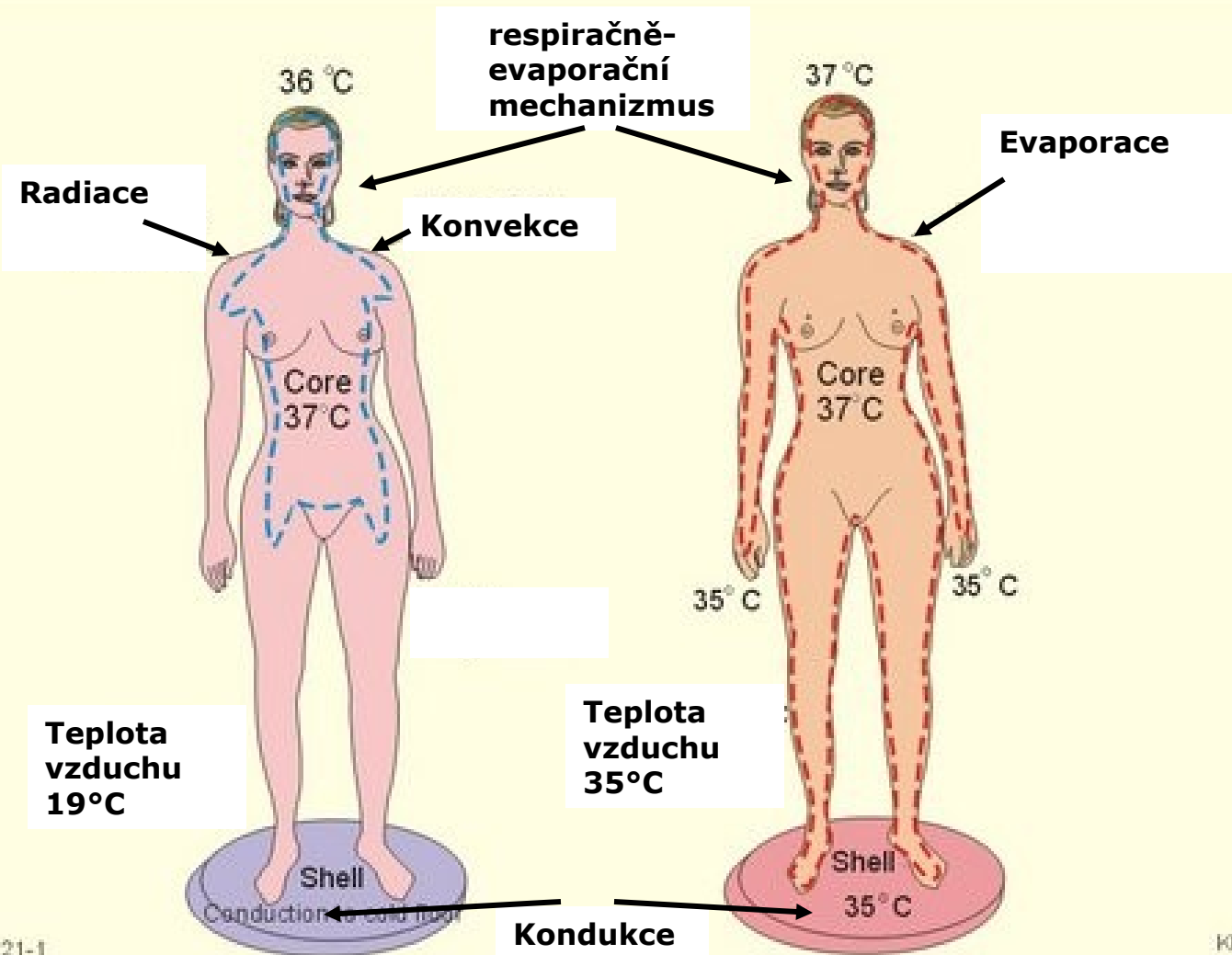


Fig. 21-1

pór – ústí potní žlázy



hypotonická
tekutina
(abs. Na + Cl)

epidermis

vývod

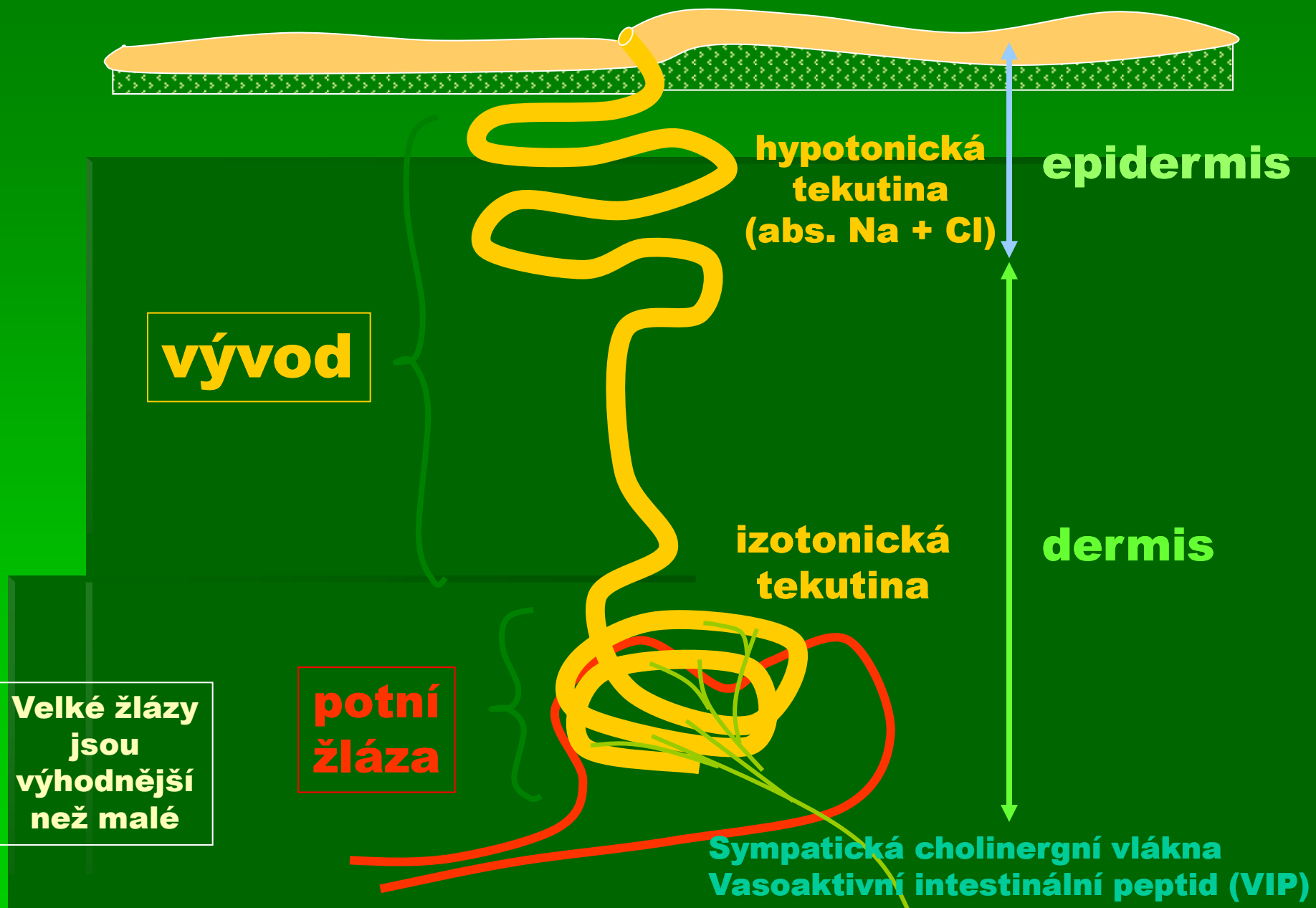
izotonická
tekutina

dermis

Velké žlázy
jsou
výhodnější
než malé

potní
žláza

Sympatická cholinergní vlákna
Vasoaktivní intestinální peptid (VIP)



SLOŽENÍ POTU

- \pm plazma bez obsahu proteinů
- Složení potu v oblasti duktu závislé na intenzitě pocení
 - Nízká produkce potu
 \downarrow Na⁺ a Cl⁻ x \uparrow K⁺, laktátu a urey
 - Vysoká produkce potu
 \uparrow Na⁺ a Cl⁻ x \downarrow K⁺, laktátu a urey

POTNÍ AKLIMATIZACE

- ↑ produkce potu
- ↓ obsah Na^+ , Cl^- , K^+ , laktátu a urey

(aldosteron-dependentní mechanismus)

TEPELNÝ TRANSPORT

- nejintenzivněji výměnou krevního média mezi tělesným jádrem a periferií
 - viskozita krve (tepelná kapacita)
 - průtok

Mechanismy tepelných ztrát

1. **radiace (R)** - elektromagnetické záření
přímé **vyzařování** tepelné energie
z povrchu kůže do okolního prostředí

$$R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_r \cdot (T_{sk}^4 - T_r^4)$$

ε = **emise** (infračervené spektrum)

σ = Boltzmannova konstanta

A_r = povrchová oblast radiace

2. konduktce (K) – přímý kontakt

odvádění tepla pomocí **přímého fyzického kontaktu** těla s chladnějším médiem v okolí (např. ponoření do vody)

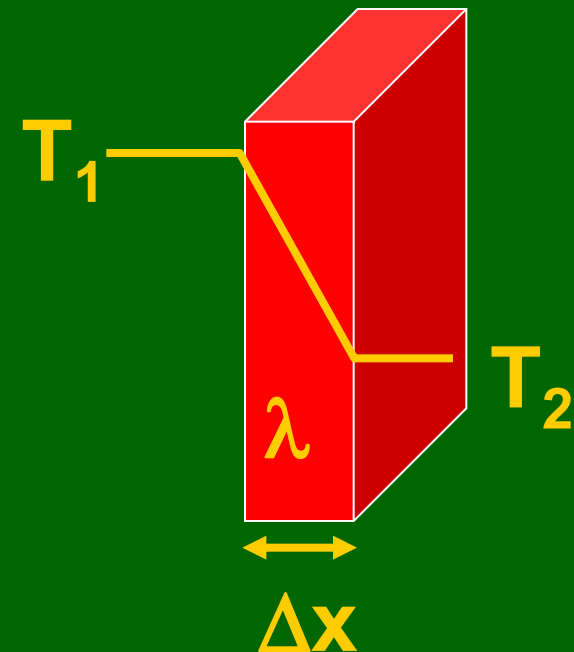
$$K = h_k \cdot A_k (T_{sk} - T_a)$$

h_k = koeficient konduktivního tepelného transportu

h_k je závislý na **vodivosti** a síle **dělicího prostoru** (pásu) = $\lambda / \Delta x$

(λ je 25x vyšší pro vodu než pro vzduch)

Velký význam pro popáleniny !



3. Konvekce (C) – transport tepla proudícím médiem

teplo je odváděno z těla **proudící tekutinou**
nebo **vzduchem**

$$C = h_c \cdot A_c \cdot (T_{sk} - T_a)$$

h_c = koeficient konvektivního
tepelného transportu

Je závislý na:

morfologickém uspořádání
rychlosti proudu
proudícím médiu

4. Evaporace

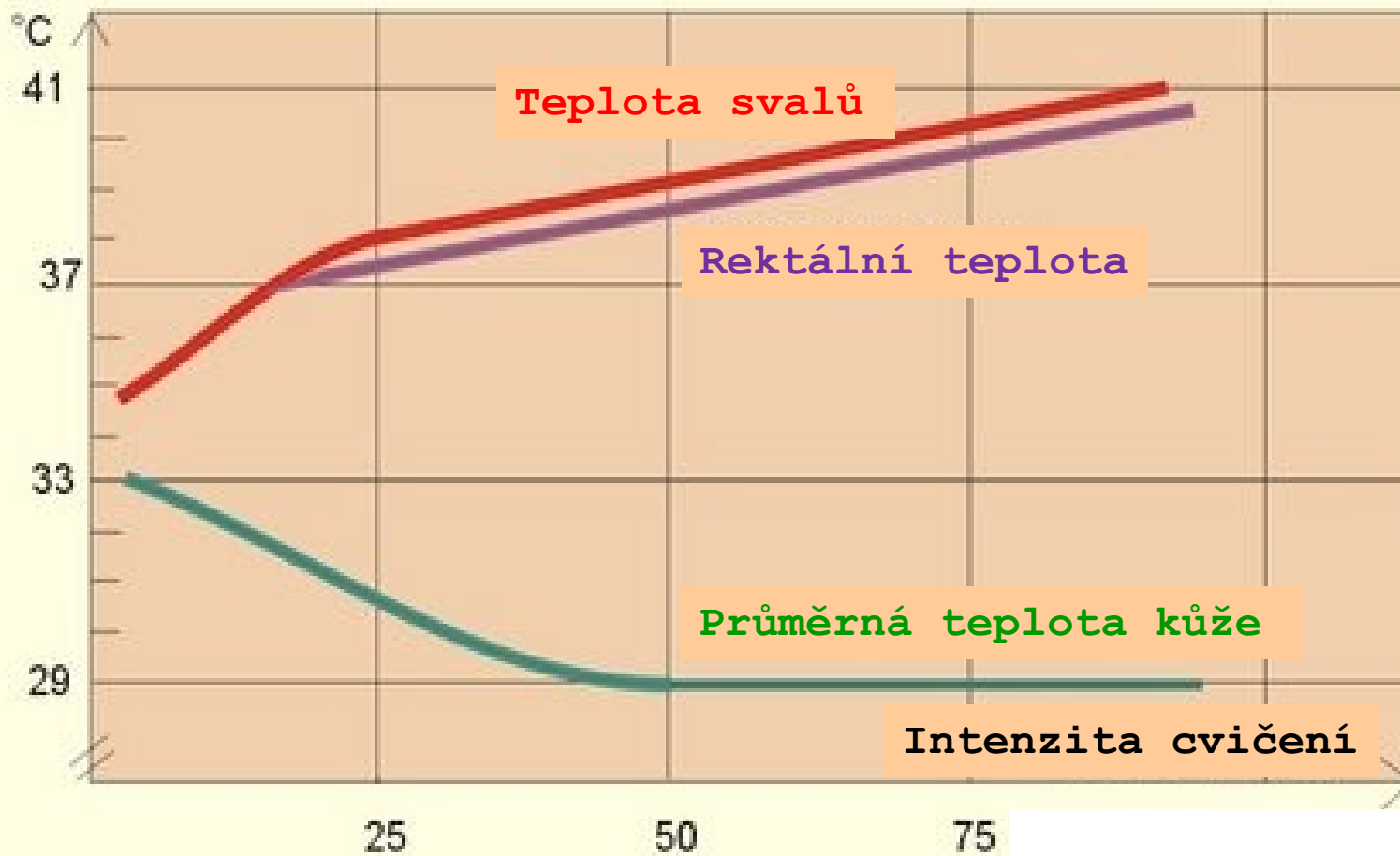
jde o konverzi vody (potu) na páru na tělesném povrchu; okolí absorbuje teplo z kůže a tím dochází k ochlazení

Je závislá na množství potu, ale limitována vlhkostí vzduchu

$$E = h_e \cdot A_{\text{wet}} [p(T_{\text{sk}}) - p(T_a)]$$

h_e = koeficient evaporačního tepelného transportu

Teplota v průběhu fyzické zátěže



Maximální transportní kapacita kyslíku (%)

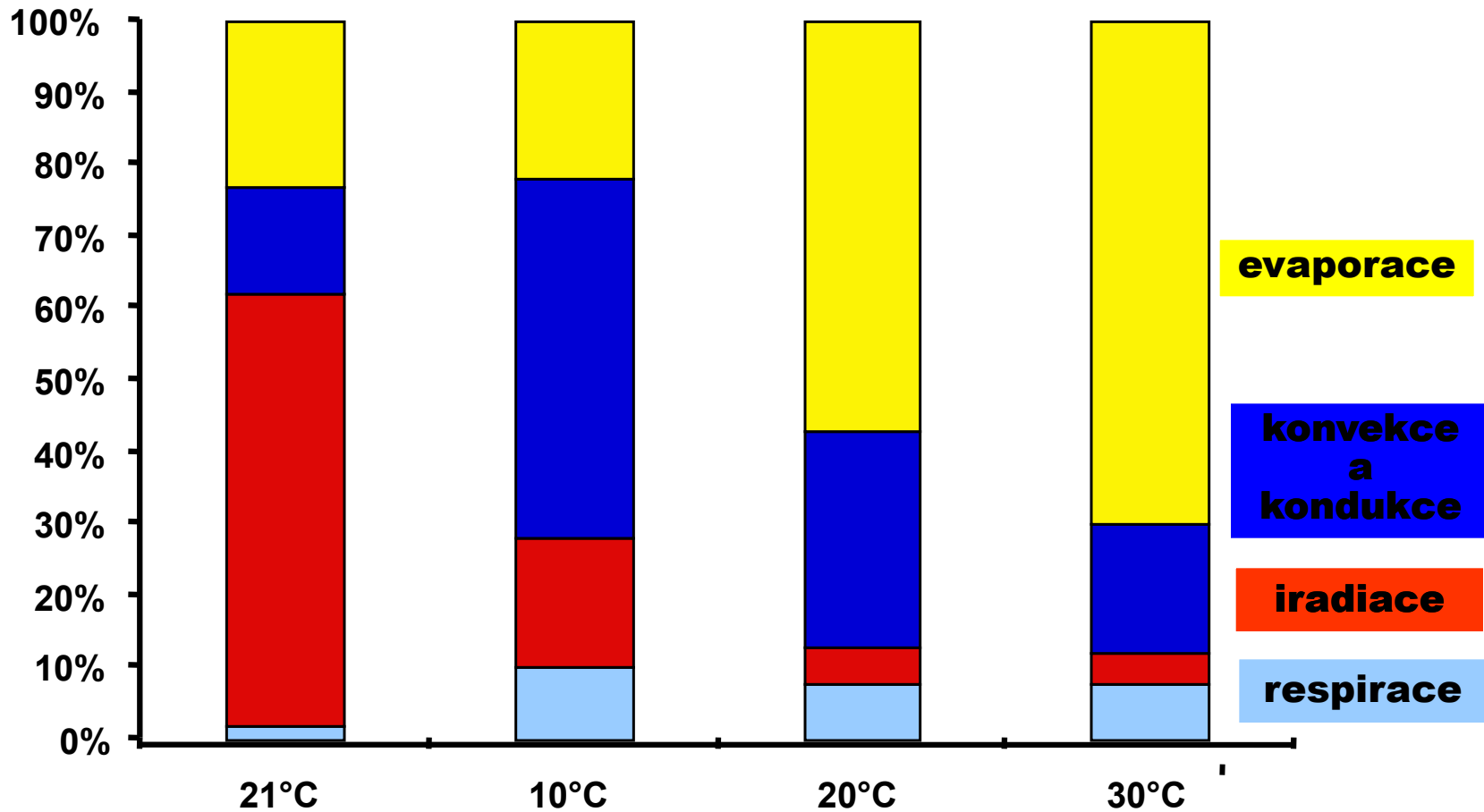
5. Respirace - evaporace (E_R)

$$E_R = 0.0023 \cdot M [(P_R - P_a) + 0.65 (T_R - T_a)]$$

P_a = obsah vodních par v prostředí

T_a = teplota prostředí

jogging – 140 W solární radiace, 60% relativní vlhkost



Heat Loss During Exercise

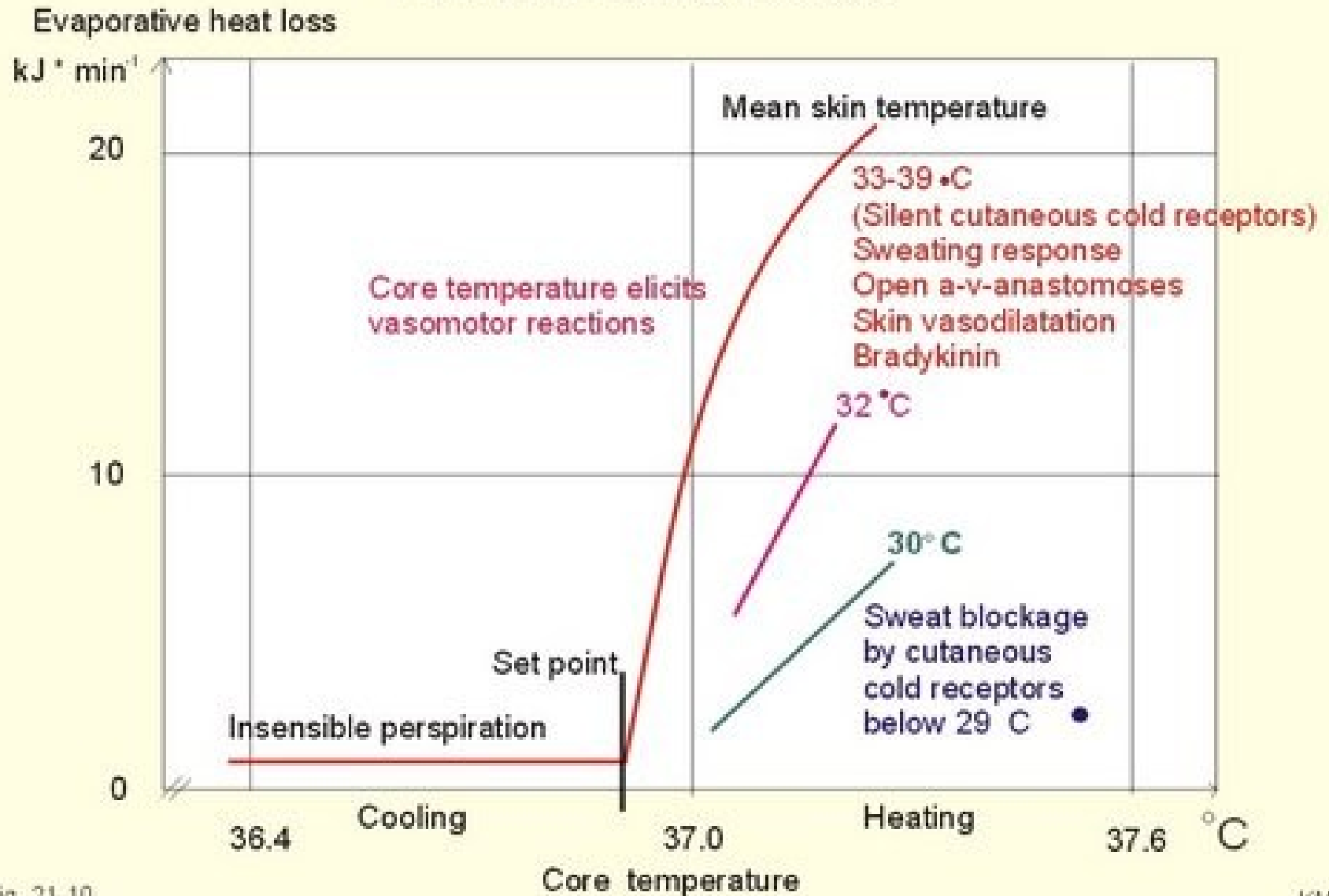


Fig. 21-10

Fyziologické mechanismy termoregulace

Udržení tepelné rovnováhy

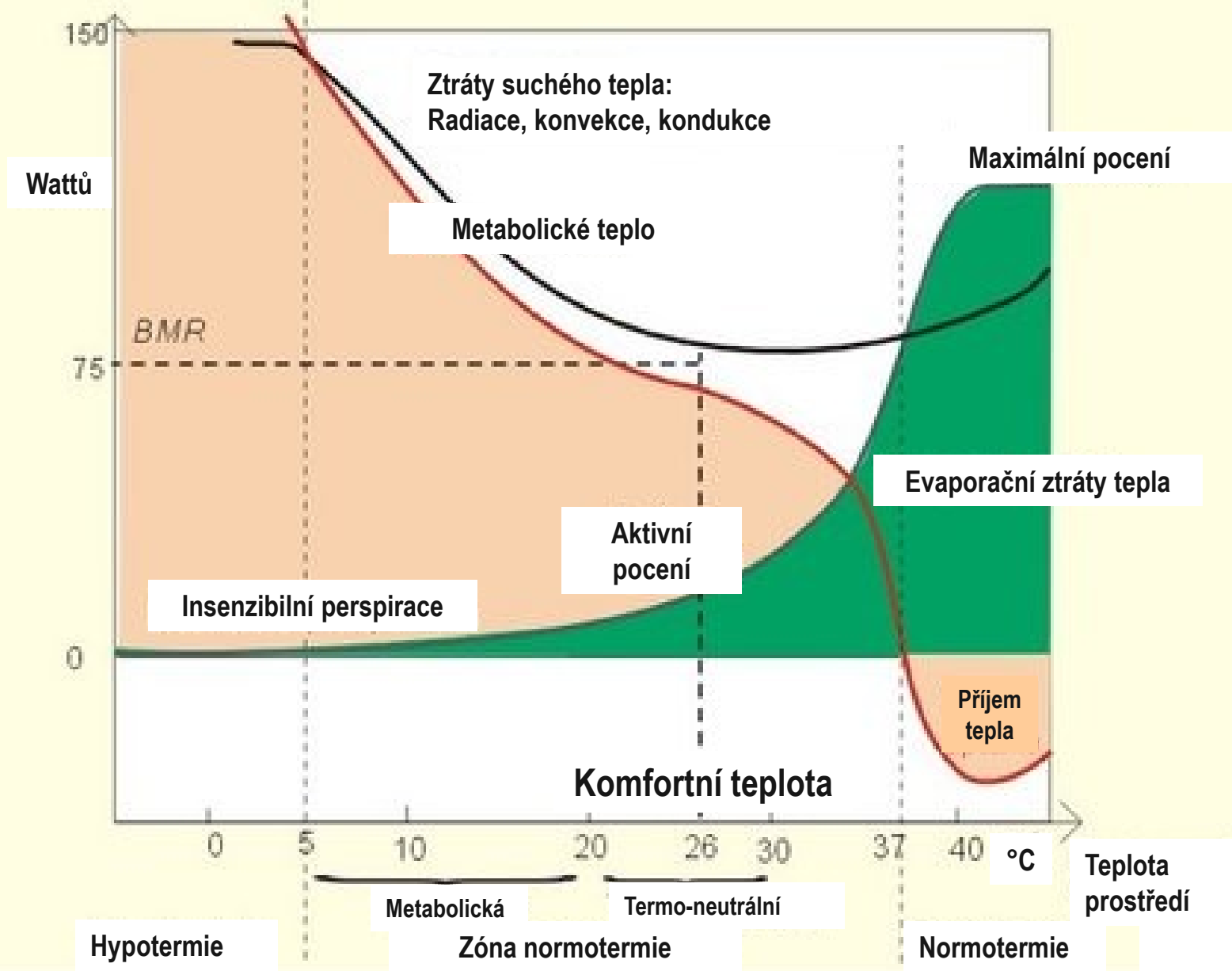
metabolická tepelná odpověď
(pod 23 °C teploty okolí)



vasomotorická reakce
(při 23 - 30 °C teploty okolí)



evaporační reakce
(nad 30 °C teploty okolí)



Hypotermie

Metabolická

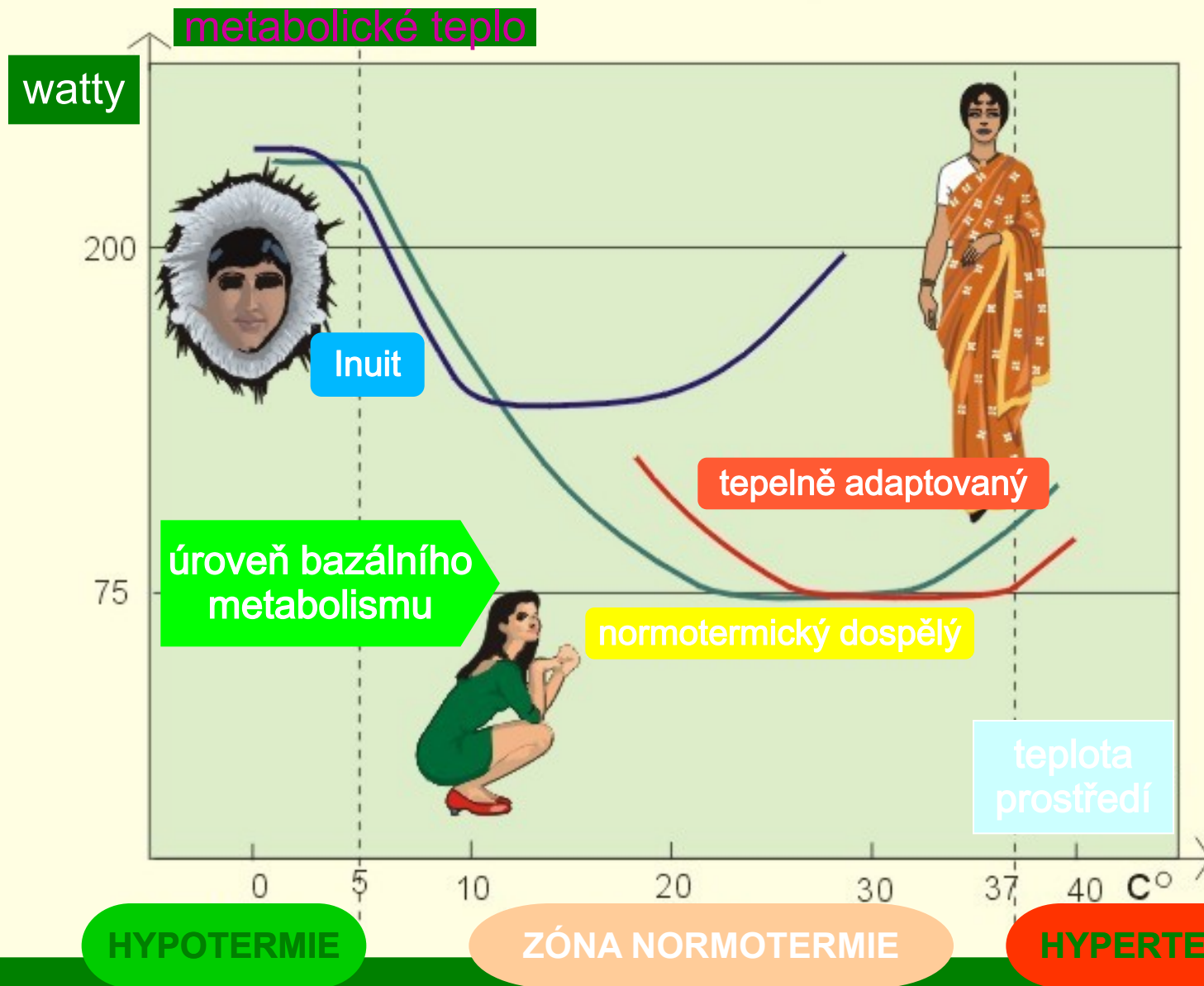
Zóna normotermie

Termo-neutrální

Normotermie

Teplota prostředí

TEPELNÉ ADAPTACE



- alkohol – inhibice termoregulačního centra

HOREČKA – FEBRIS

nesvědčí pro poškození termo-
regulačních mechanismů

přenastavení řídicího centra v
hypotalamu na vyšší úroveň pod
vlivem tzv. pyrogenů

Použité zdroje informací:

- http://www.pharmpedia.com/Physiology_And_Pathophysiology_text_book/Thermoregulation,_temperature_and_disorders
- Capko, J. *Základy fyziatrické léčby*. 1. vyd. Praha: Grada, 1998. 394 s. ISBN 80-7169-341-3
- Poděbradský, J. - Poděbradská, R. *Fyzikální terapie: manuál a algoritmy*. Praha: Grada, 2009. 200 s. ISBN 978-80-247-2899
- Fyzikální terapie 2. Ed. Jiří Poděbradský - Ivan Vařeka. 1. vyd. Praha: Grada, 1998. 171 s. ISBN 80-7169-661-7

Hypertermie

Badwater ultramarathon

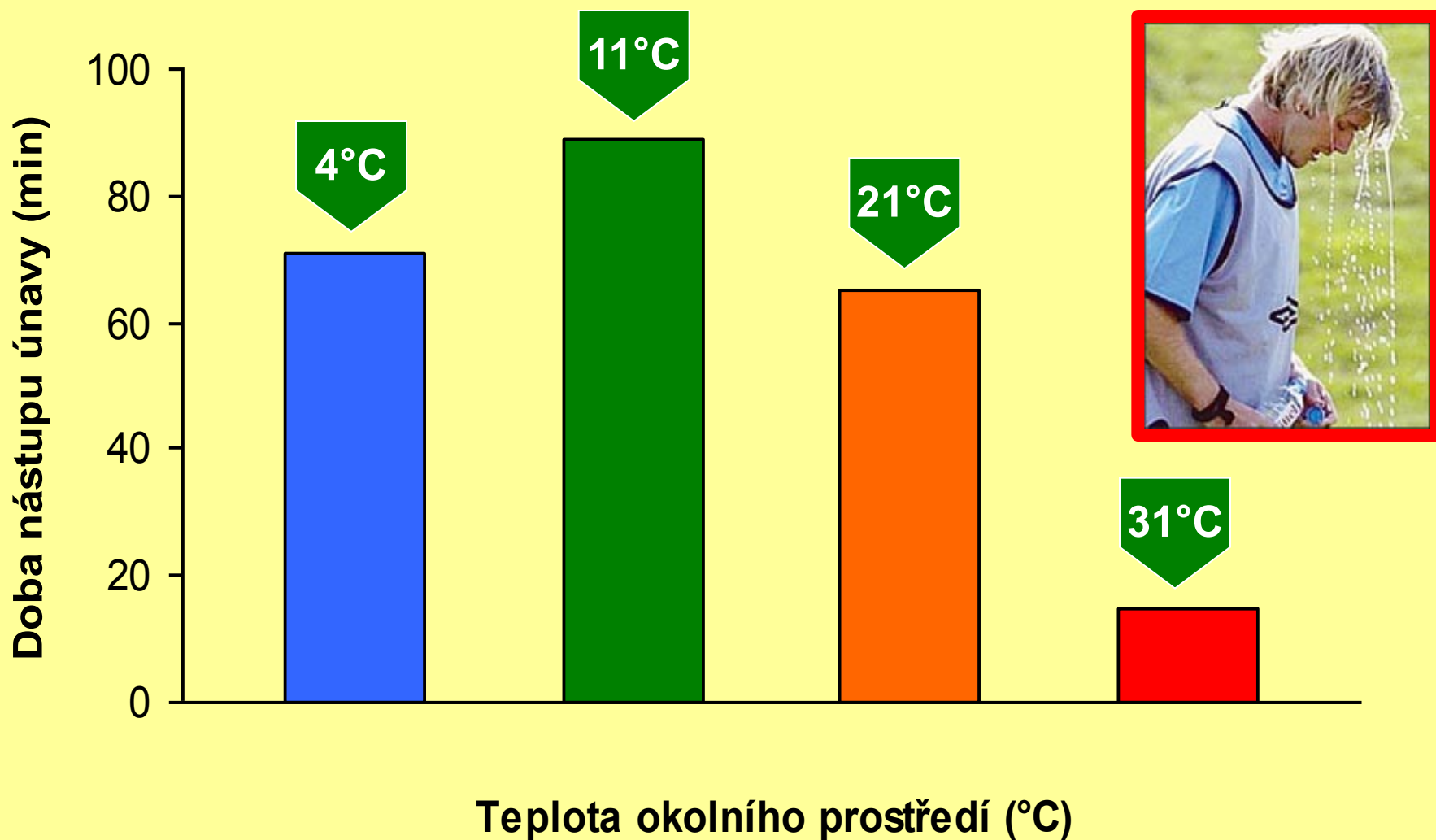


Dan Orálek, r. 2010, 100 km, 31 hod, 40-47°C

Horké klima a / vs. výkonnost

- Přesun krve ze svalů do kůže
 - Ztráty vody a iontů intenzivním pocením
 - Psychická únava, ...
- Zhoršení zásobení svalů okysl. krví
 - Porucha řízení sv. kontrakce (křeče; hypohydratace, hyponatrémie)
 - Ztráta motivace
- Omezení sportovní výkonnosti

Vliv teploty okolí na nástup únavy při pohybové činnosti



Hypohydratace

Pokles objemu extracelulárních tekutin popř.
relativní pokles objemu při vazodilataci
způsobené vysokou teplotou

Pokles TK / pokles produkce potu

Stimulace baroreceptorů a kompenzační
zvýšení SF

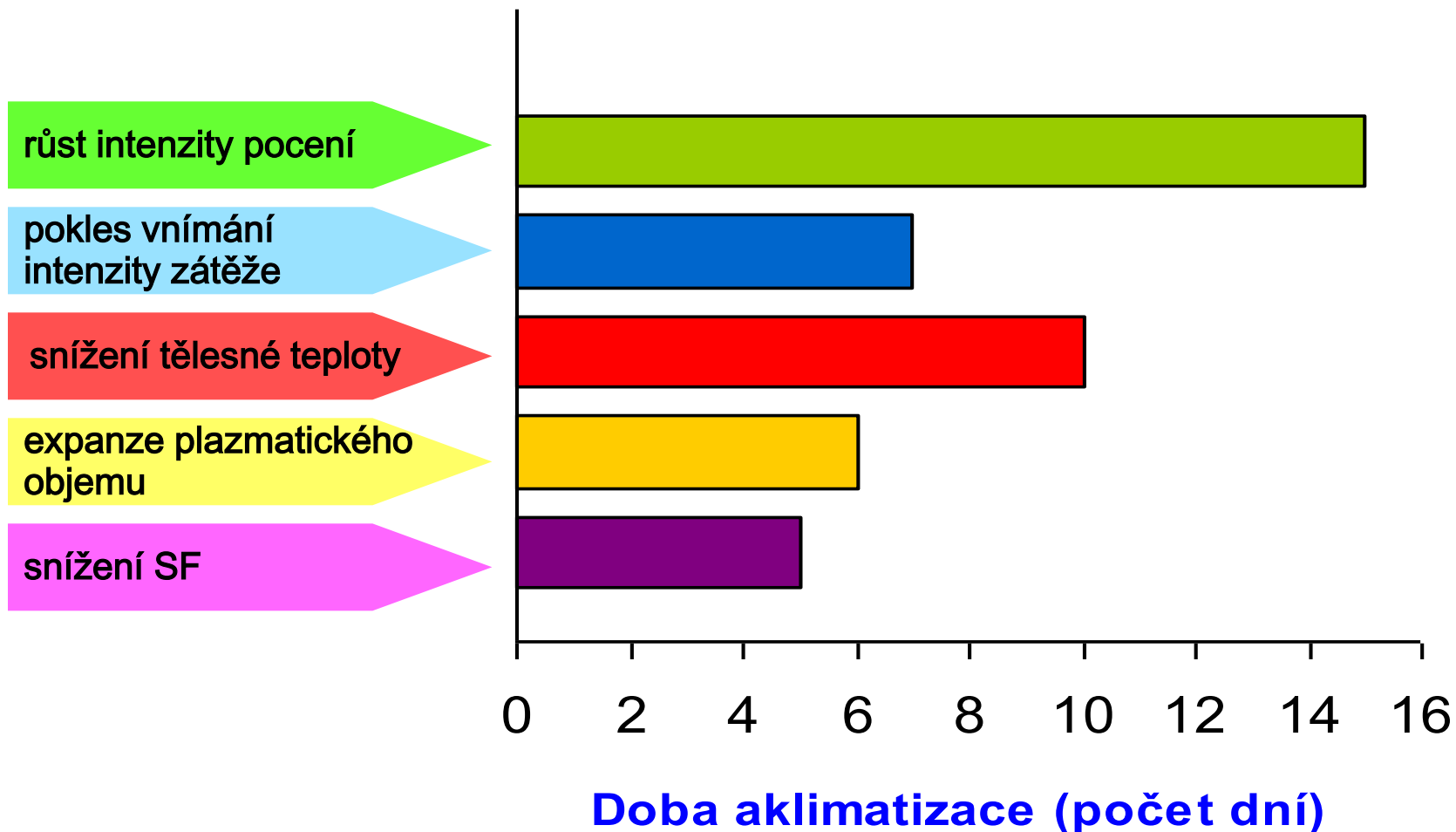
Přetížení cirkulace a hrozící
šokový stav

Selhání ledvin, jater, edém
mozku

Hyperhydratace intoxikace H₂O

- Pokles natrémie pod 135 mmol/l
- Excesivní příjem hypotonických elektrolytů (iontové nápoje) v horkém prostředí při intenzivních ztrátách elektrolytů perspirací
- Šokový stav - edém mozku, ...
- Ter.: infúzní (100 ml bolus 3 % hypertonické soli)

AKLIMATIZACE



Tepelná aklimatizace

- Aldosteron dependentní mechanismus
 - zvýšení reabsorbce NaCl a zvýšení sekrece K⁺ potem)
 - Zvýšení obsahu NaCl v plazmě
 - Zvýšení osmolarity extracelulární tekutiny a plazmy → intenzivnější pocit žízně
- Potní kapacita: 0,1 – 8 litrů / den


Hypothermie

G. I. Mallory, 1924



- **Hypotermie**
 - Pokles teploty těl. jádra $< 35^{\circ}\text{C}$
- **Těžká hypotermie**
 - Pokles teploty těl. jádra $< 32^{\circ}\text{C}$
- **Nemožná spontánní remise**
 - Pokles teploty těl. jádra $< 30^{\circ}\text{C}$
- **Zástava srdeční činnosti - fibrilace komor**
 - Pokles teploty těl. jádra $\pm 28^{\circ}\text{C}$

Adaptace na chlad

- 
- Hypothalamus → produkce „Thyrotropin Releasing Hormone“
 - Adenohypofýza → produkce „Thyroid Stimulating Hormone“
 - Štítná žláza → produkce thyroxinu a trijodtyroninu
 - Tělo → zvýšení intenzity metabolismu
 - **Zvýšení tělesné teploty**

Hnědá tuková tkáň

- Netřesová termogeneze (novorozenci, hibernace)
- Větší množství menších tukových kapének
- Větší kapilarita
- Větší množství mitochondrií (netvoří ATP, ale uvolňují teplo)
- Lokalizace u dospělých na horní části hrudníku a na krku
- Zpracovávají energii i z bílé tukové tkáně

Vliv hypotermie na vlastnosti krve

- falešné zvýšení pO_2 a pH a snížení pCO_2
- vazba CO_2 - karbaminohemoglobin vede ke snížení vazby s O_2
- nižší silová, rychlostně - koordinační i vytrvalostní sportovní výkonnost

Terapie celkového podchlazení

- Ohřívání – velké žíly (axila, inguina)
- Ne vasodilatace, alkohol, ...
- ...

Lokální účinky chladu

vznik extracellulárních krystalků
ledu v tkáni



vzniká hyperosmolární prostředí



dehydratace buněk



buněčná smrt



**omrzliny
(„frostbite“)**



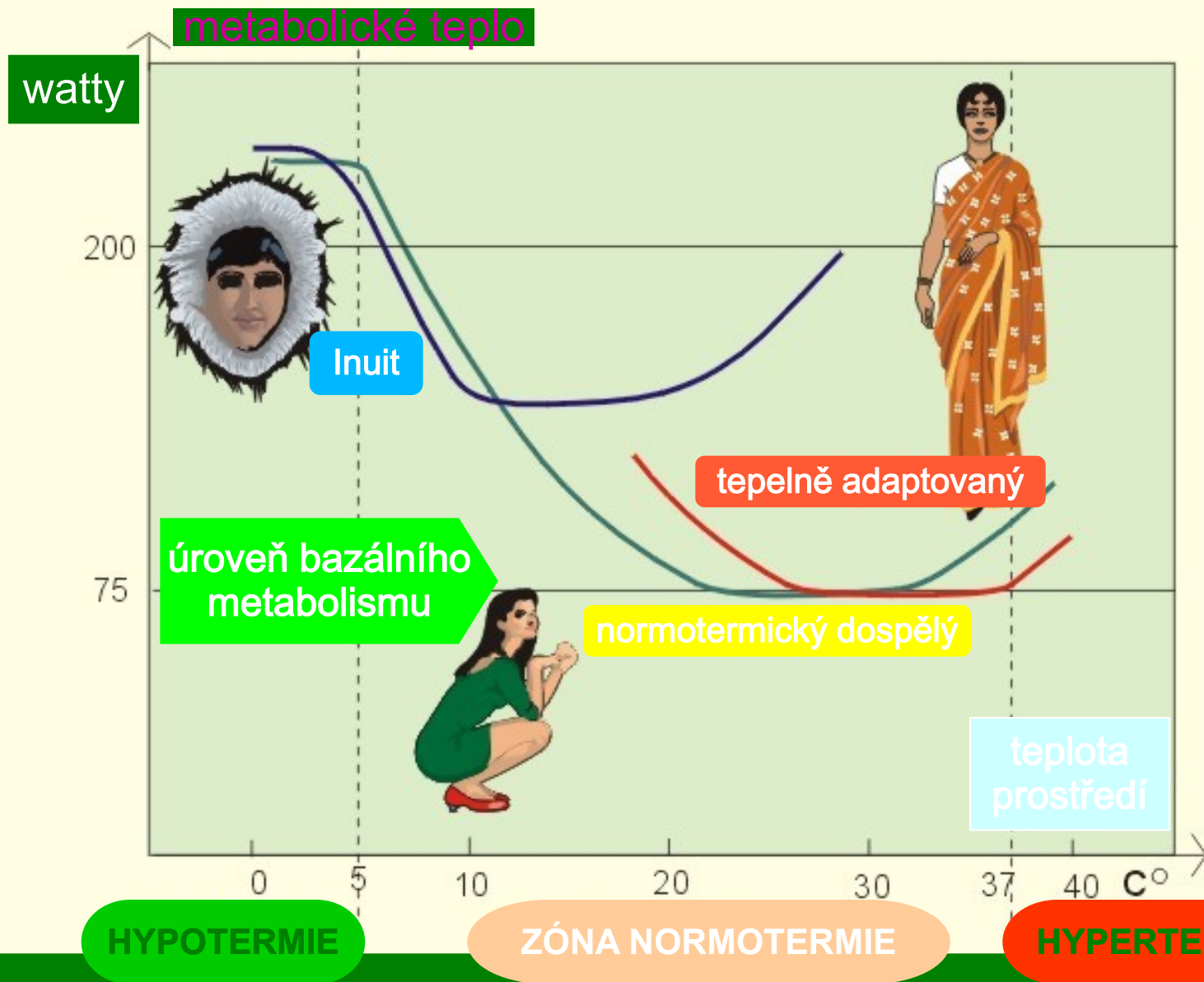
Aspirin – snížení viskozity krve

Ibuprofen – protizánětlivé účinky

Wobenzym 3x7-10

Hrozí-li opětovné
zmrznutí – nerozehřívát!

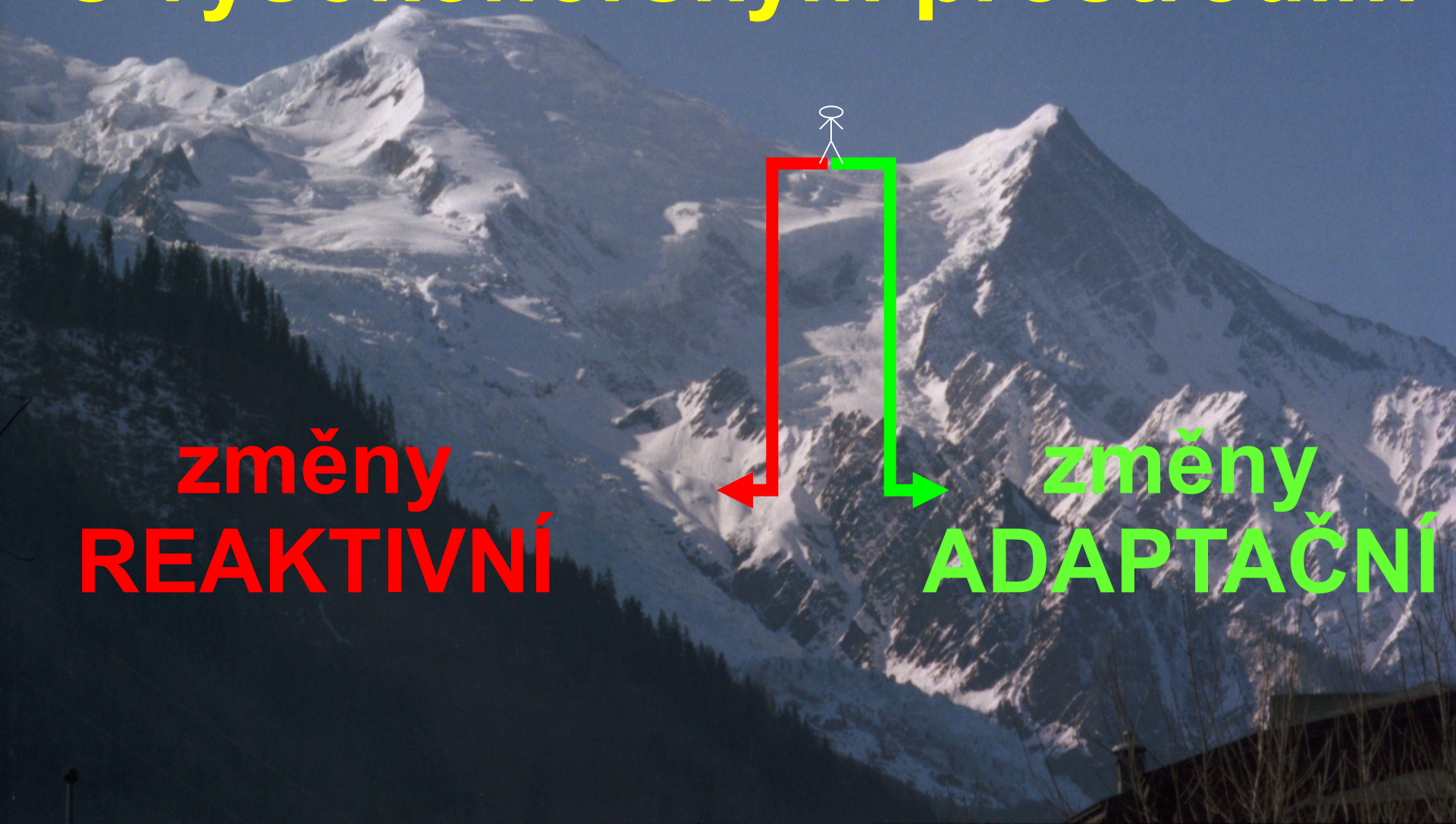
TEPELNÉ ADAPTACE

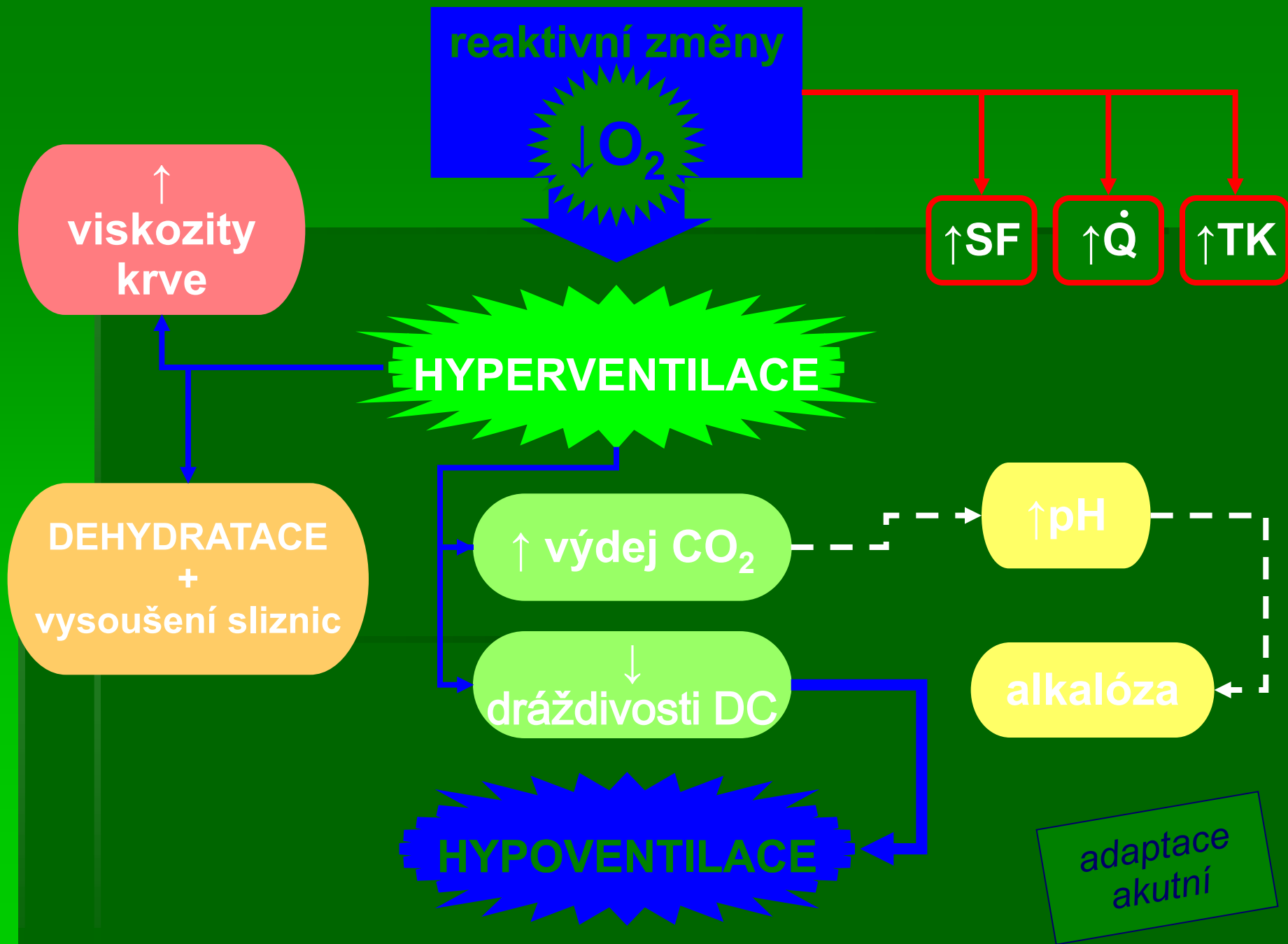


Kombinace vlivu teploty s vysokohorským prostředím

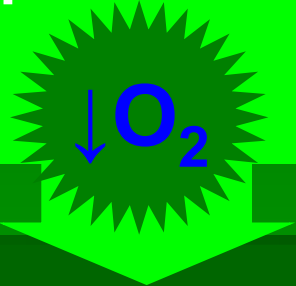
změny
REAKTIVNÍ

změny
ADAPTAČNÍ





adaptační změny



úprava
pH



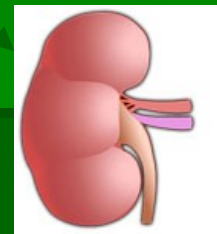
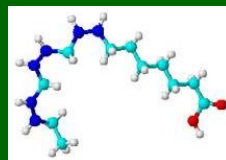
růst
svalového
myoglobinu

růst aktivity
oxidačních
enzymů

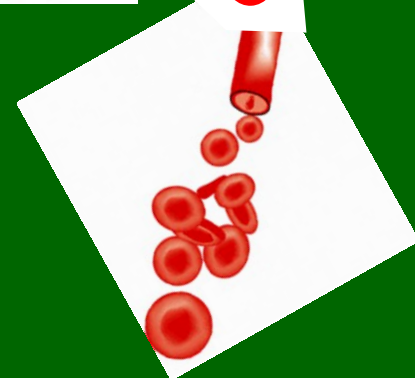


růst počtu
mitochondrií

růst utilizace
VMK



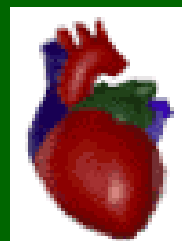
EPO



zvýšení počtu
erytrocytů a Hb



↑VC



↓SF

↓TK

adaptace
chronická

Kombinace vlivu teploty s pobytem v hloubce



změny
REAKTIVNÍ

změny
ADAPTAČNÍ