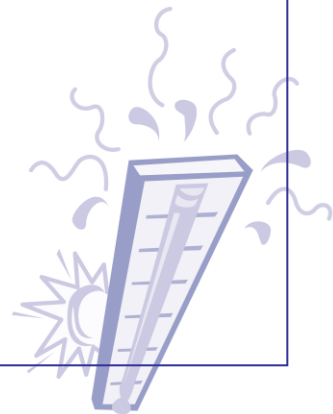


TERMOREGULACE



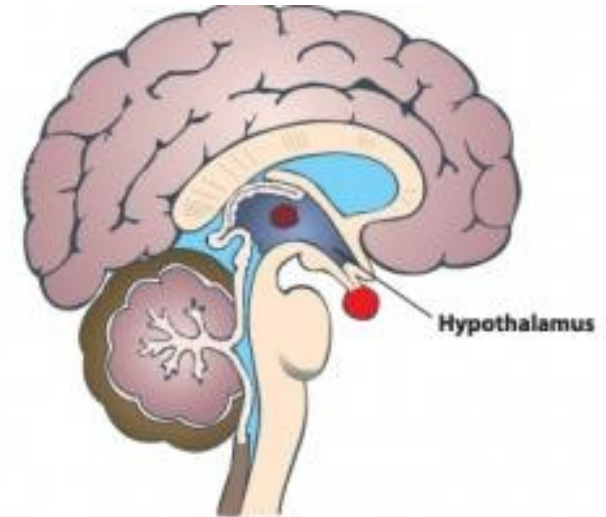
Termoregulace

- *lidské tělo si za normálních podmínek udržuje konstantní teplotu 36-37°C*
- *ideální teplota pro svlečeného člověka v klidových podmínkách je 28°C*
- *během fyzické zátěže větší intenzity a extrémních zevních podmínkách tělesná teplota stoupá*
- *tvorba tepla je funkcí energetického metabolismu*
- *při zátěži se teplo vytváří ve svalech (až 70%), ostatní orgány (30%)*



Termoregulace: Termostat

- *termoregulace nastupuje až po přestoupení hranic teplotní pohody, termoreceptory*
- *centrálním orgánem, který reguluje tělesnou teplotu a funguje jako termostat, je hypothalamus*
- *osmoreceptory uložené v hypothalamu také stimulují pocit žízně*
- *je důležité, aby člověk při zátěži soustavně pil malé dávky nápoje dříve než dostane žízeň*

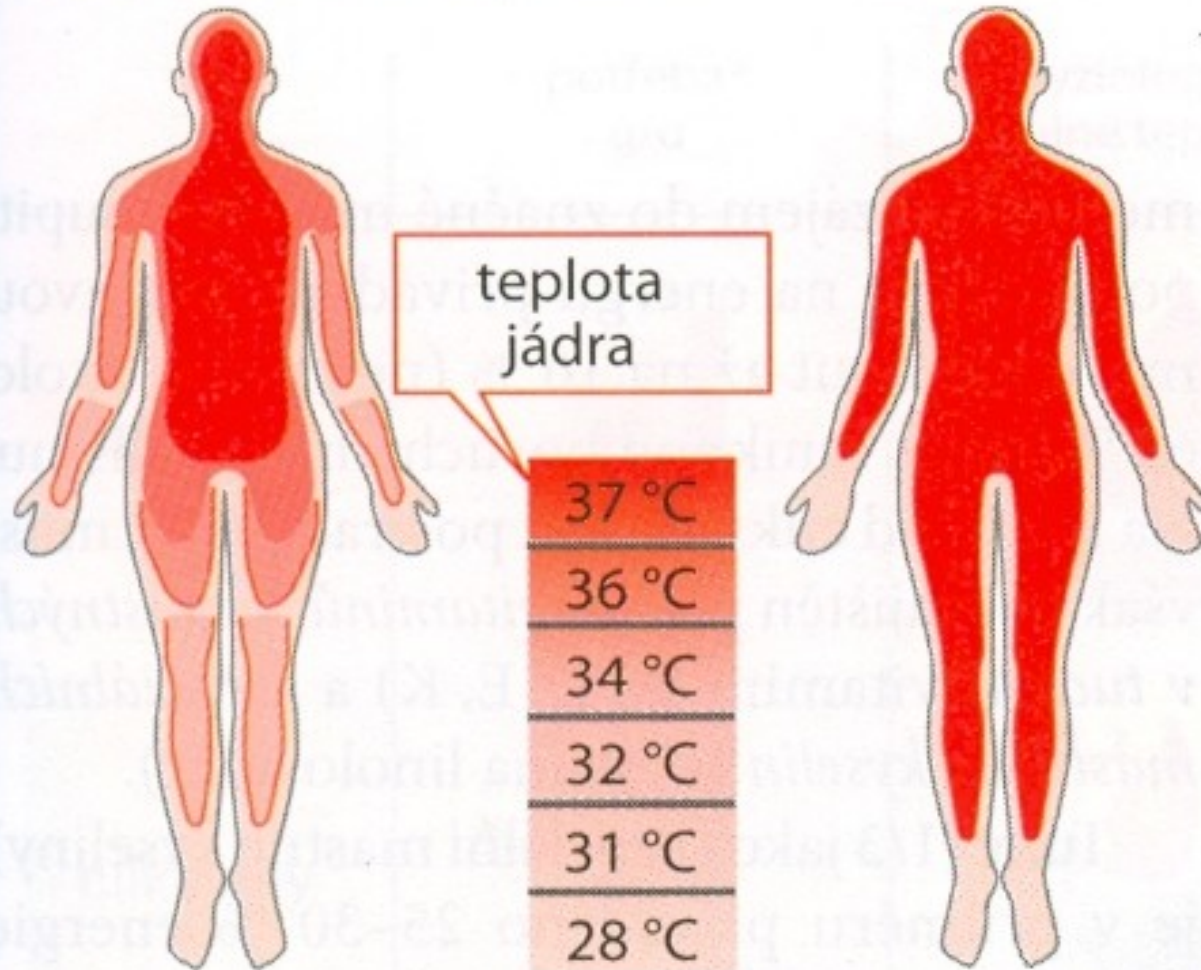


Termoregulace

A. Teplotní zóny těla

JÁDRO

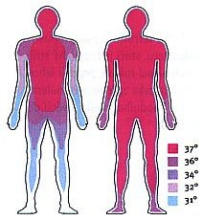
SLUPKA



20 °C

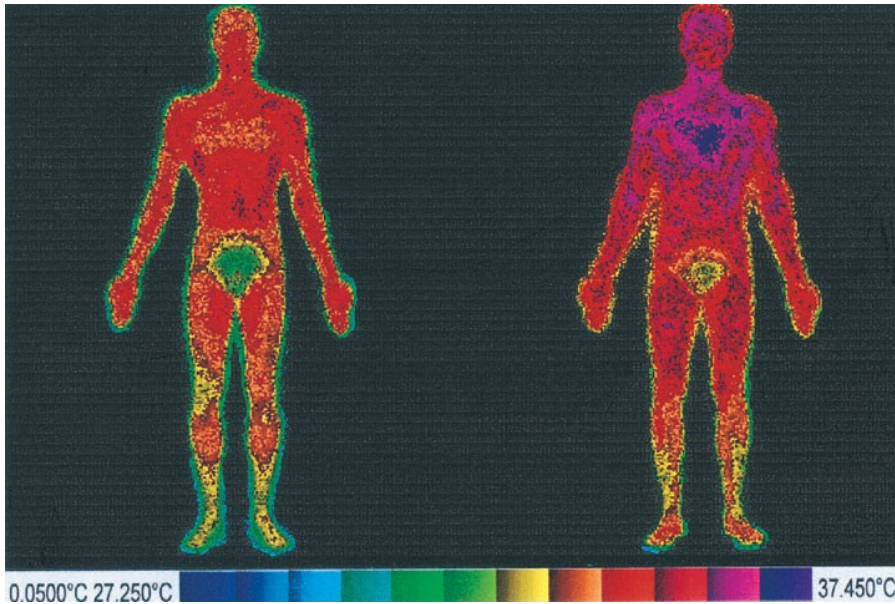
pokožková teplota

35 °C
(podle Aschoffa)

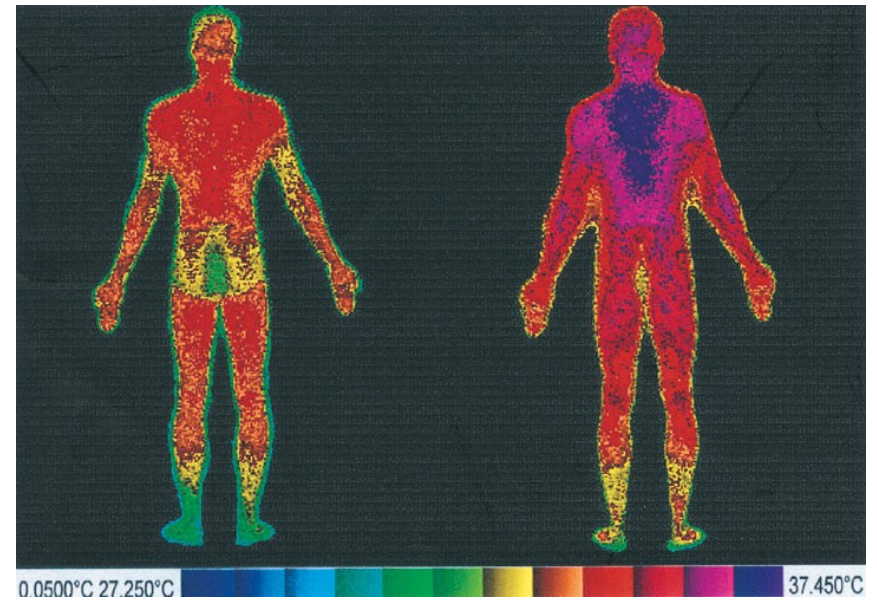


TERMOGRAM

Pohled ze předu
Před Po



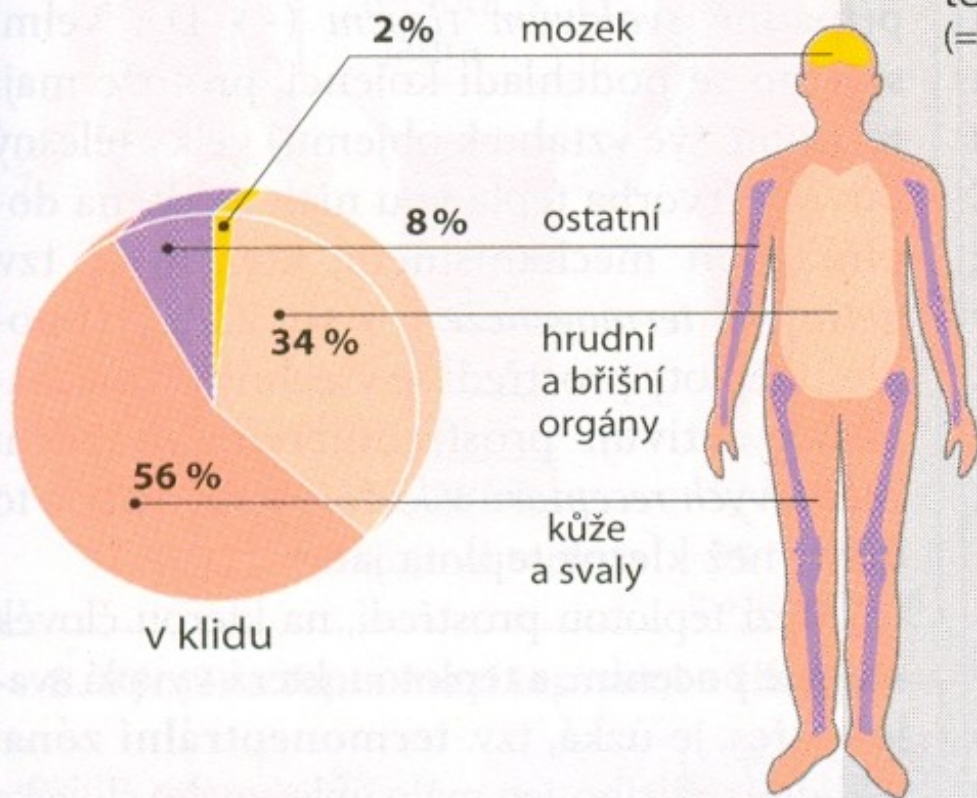
Pohled zezadu
Před Po



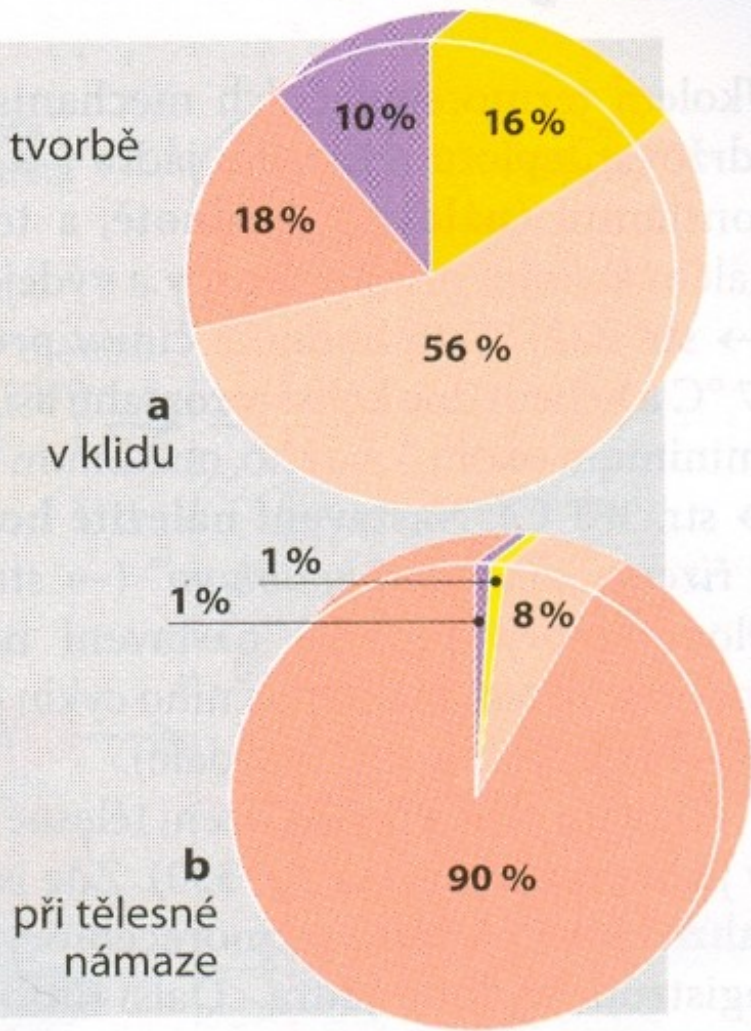
**Před a po běhu při 30° C
(75% vlhkost)**

A. Relativní podíl jednotlivých orgánů na tělesné hmotnosti a na produkci tepla

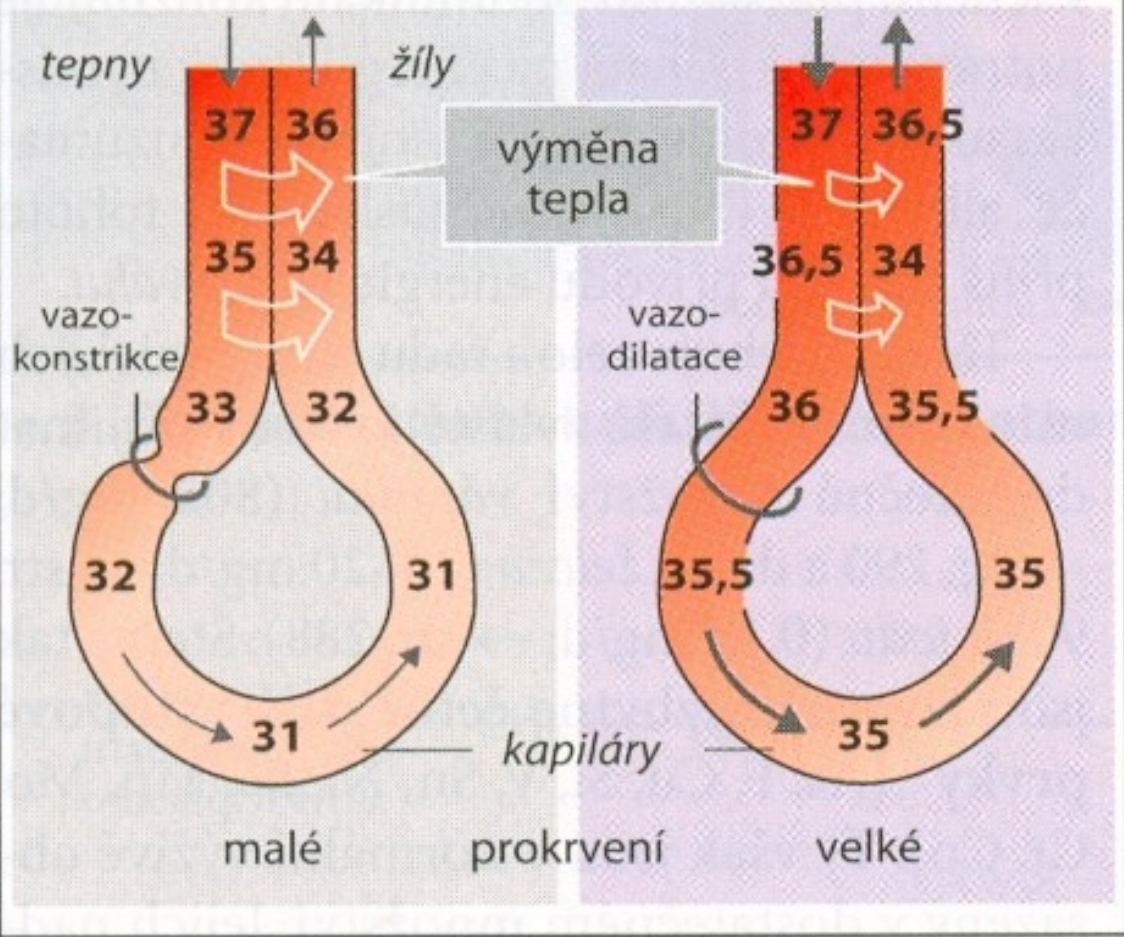
1
podíl na tělesné hmotnosti
(= 100 %)



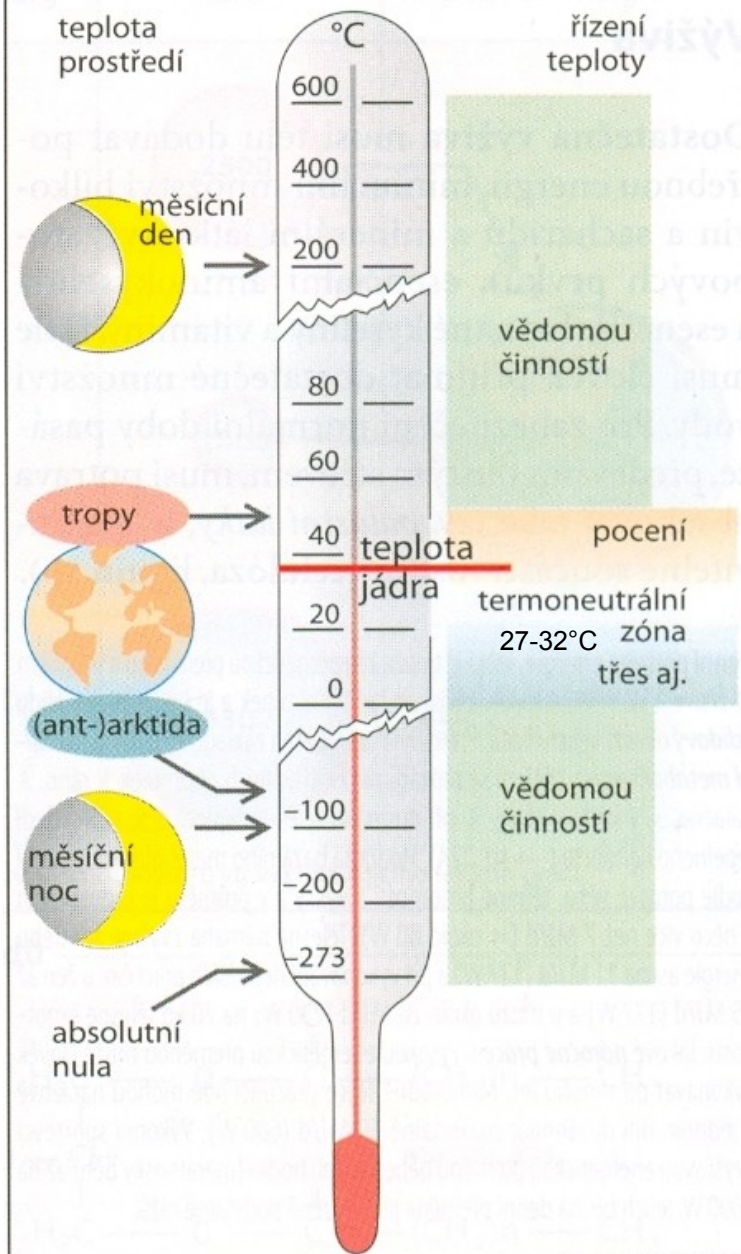
2
podíl na tvorbě tepla
(= 100 %)



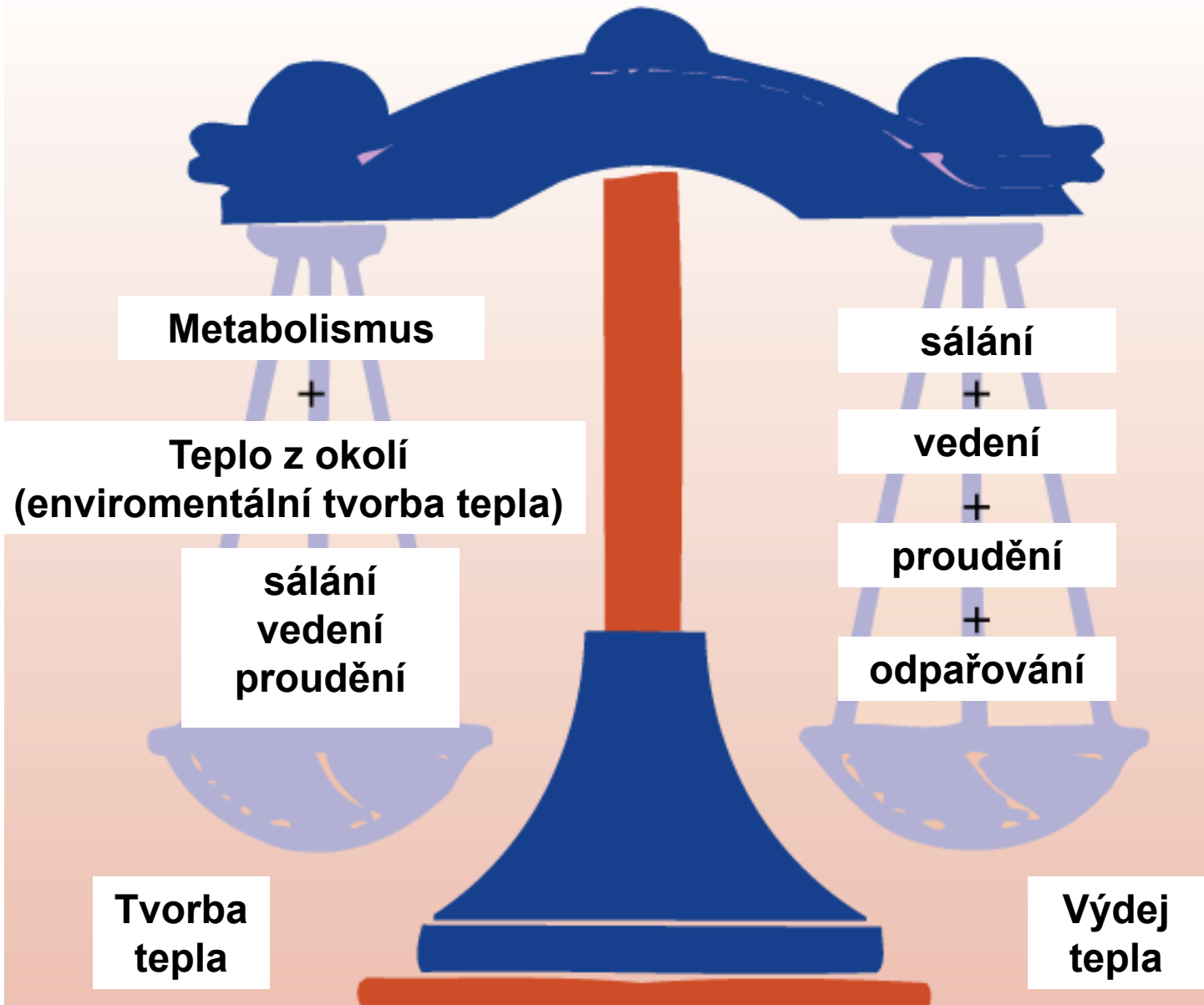
B. Výměna tepla mezi tepnami a žilami



C. Teplota prostředí a termoregulace



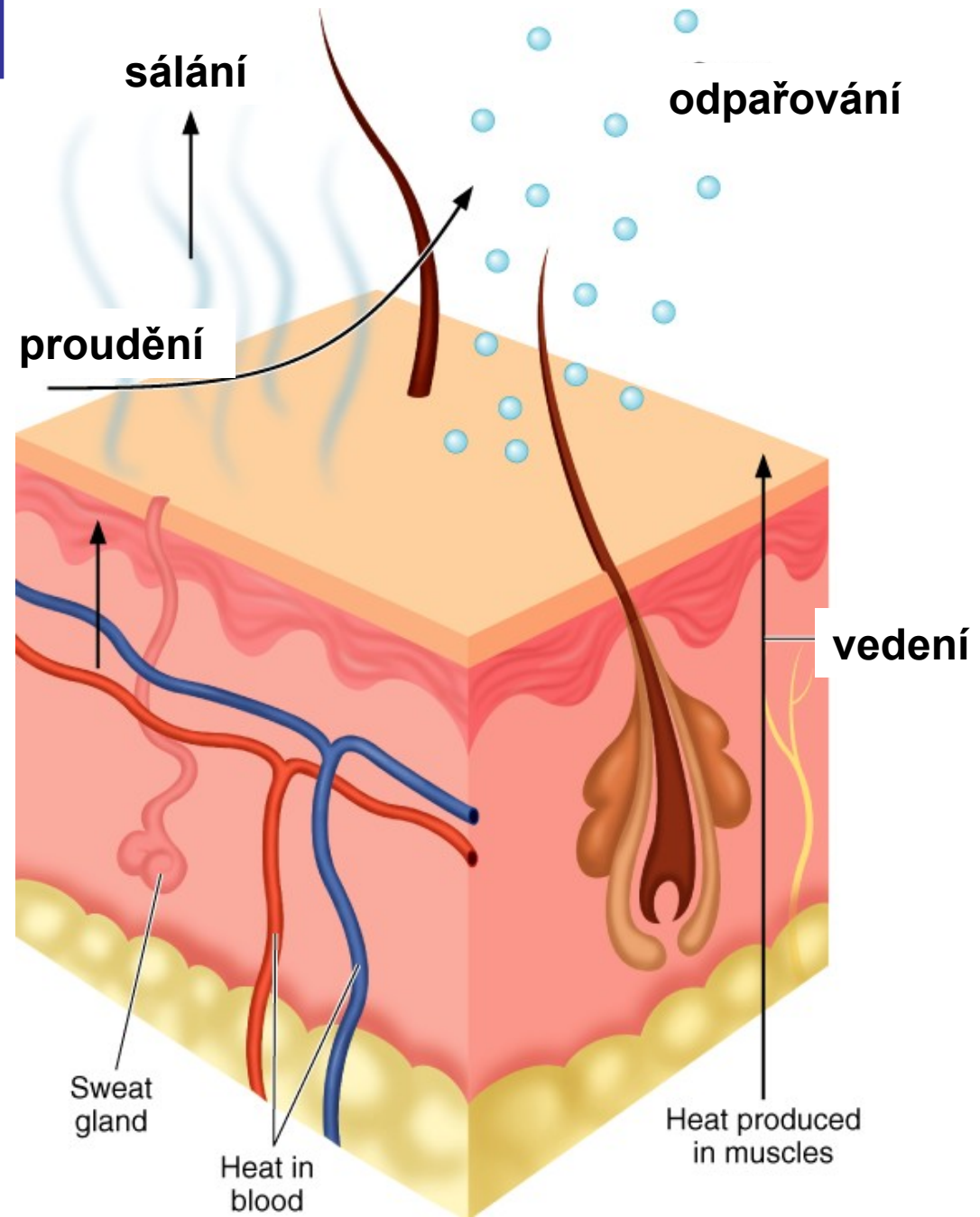
(podle Hardyho)



Homeostáza

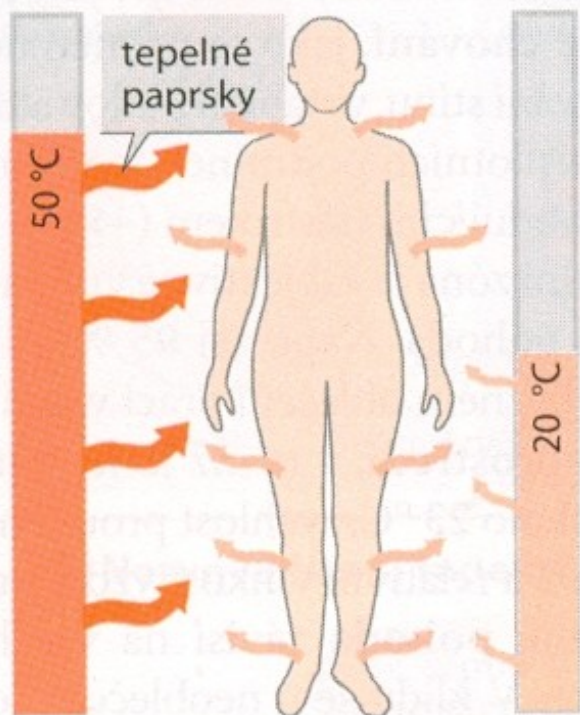
Výdeje tepla

- *sálání (radiace)*
- *vedení (kondukce)*
- *proudění (konvekce)*
- *odpařování - pocení (evaporace)*

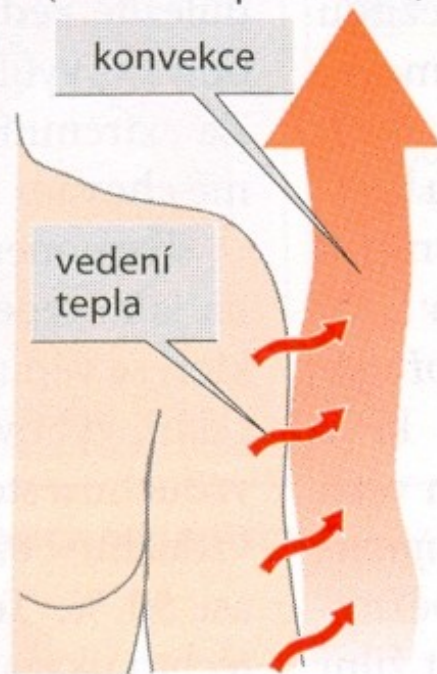


B. Mechanismy výdeje tepla

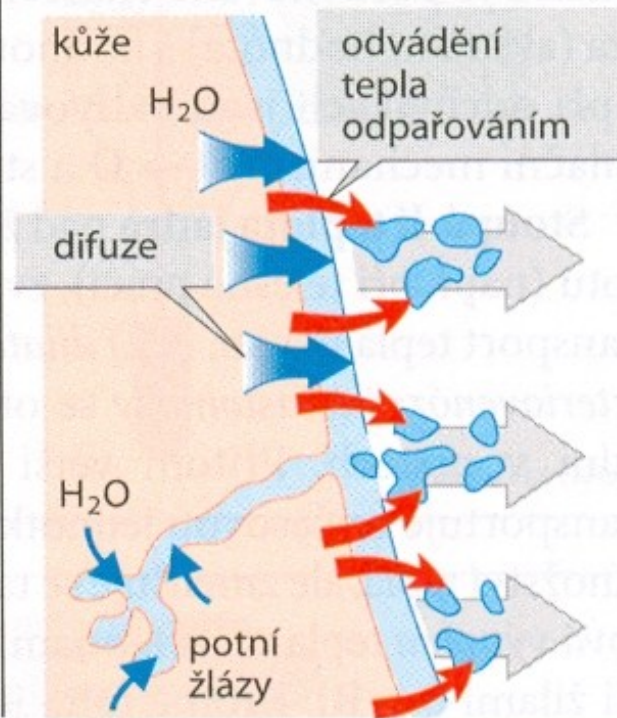
1 radiace (sálání)



2 konduktce a konvekce (vedení a proudění)

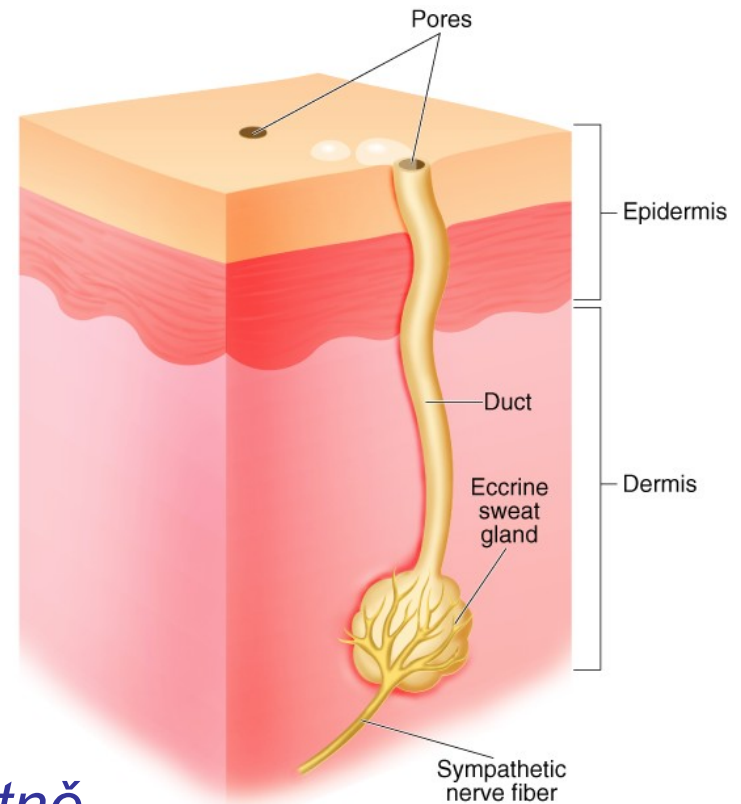


3 evaporace (odpařování)



Pocení

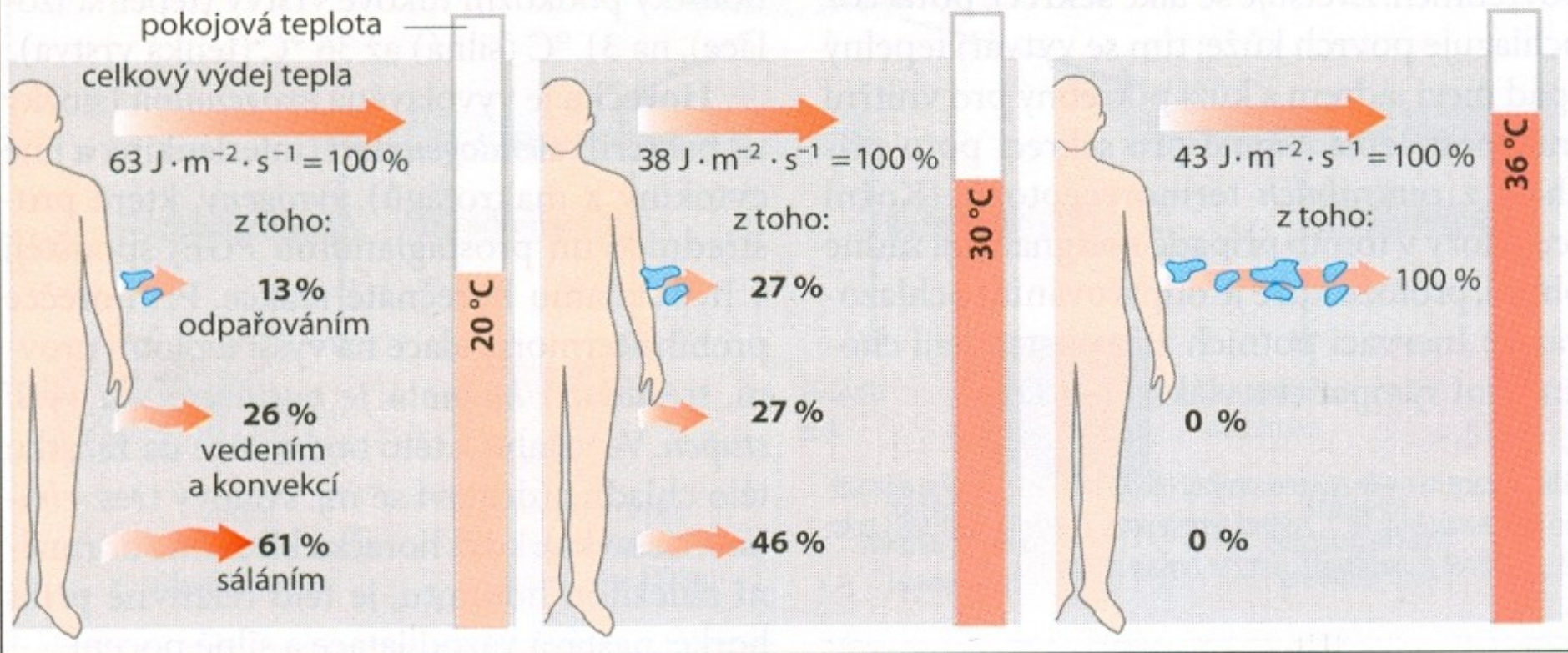
- *pot se tvoří filtrací plazmy a postupuje kanálkem potní žlázy*
- *při vydatném pocení pot obsahuje významně více sodíku a chloridů (u trénovaných jsou ztráty těchto minerálů menší)*
- *při velké zátěži v horku může tělo ztrácet až 1 litr potu za hod na 1m² tělesného povrchu*
- *pokud nejsou ztráty tekutin adekvátně nahrazeny, může dojít k dehydrataci organismu až k ohrožení základních životních funkcí*



Výdeje tepla

- *při okolní teplotě nad 36°C jsou mechanismy výdeje tepla (sálání, vedení a prodění) zcela neúčinné*
- *při tělesné zátěži, zvláště při vyšší teplotě je nejvýznamnějším regulačním mechanismem pocení*
- *při termoregulací pocením hraje důležitou roli vlhkost vzduchu, pot se rychleji odpařuje v suchém vzduchu než ve vlhkém vzduchu téže teploty (v tropech – 90ti % vlhkost: se pot již neodpařuje)*
- *ve vlhkém prostředí pot stéká po kůži a ochlazování není příliš účinné (organismus je ochuzován o vodu a ionty) – důležitý význam má výběr vhodného oděvu, který by neměl bránit odpařování potu!!!*

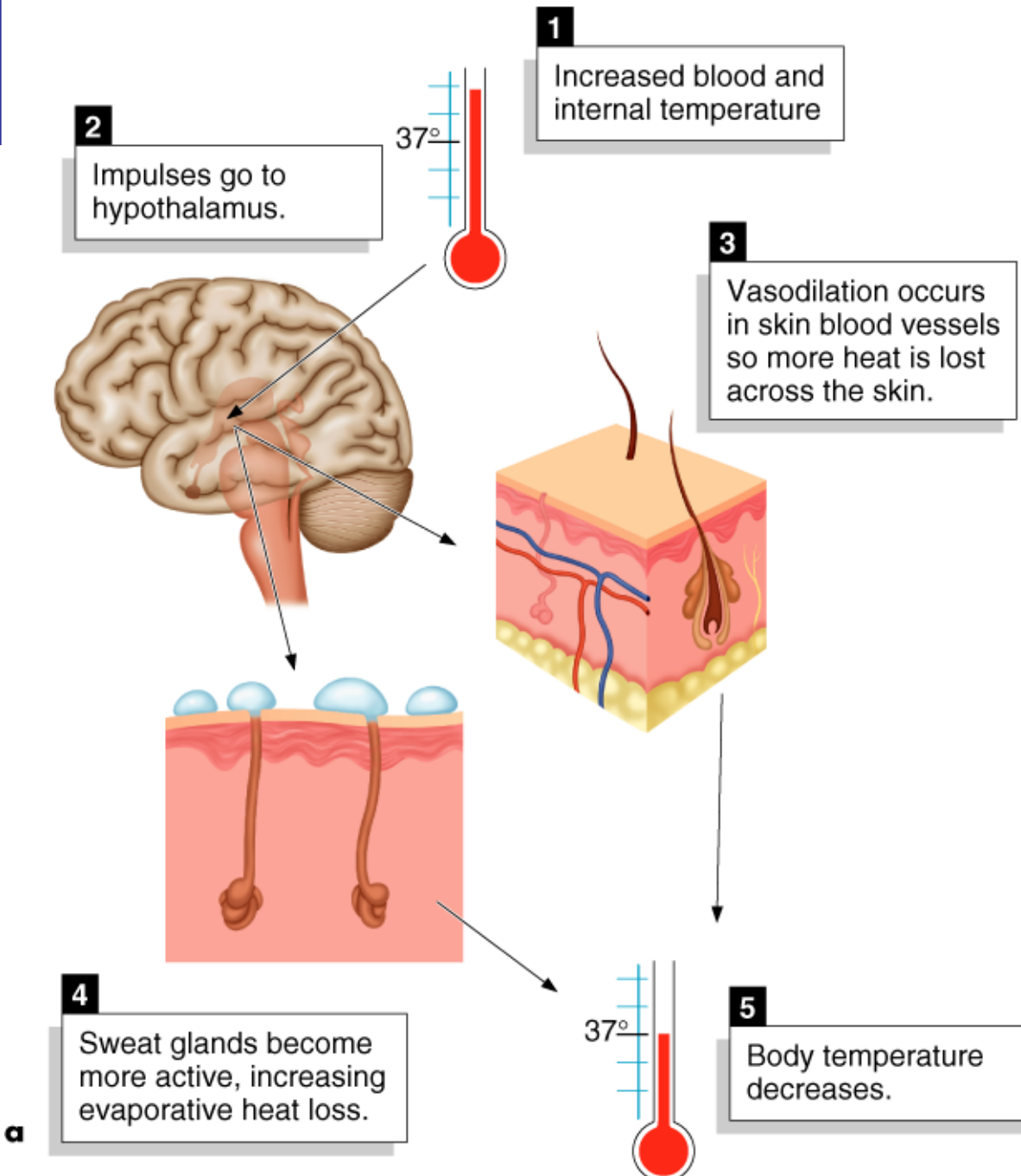
C. Výdej (ztráty) tepla (bez oděvu, v klidu) při různých teplotách prostředí



HYPERTERMIE

přehřátí organismu

Hyperthermia

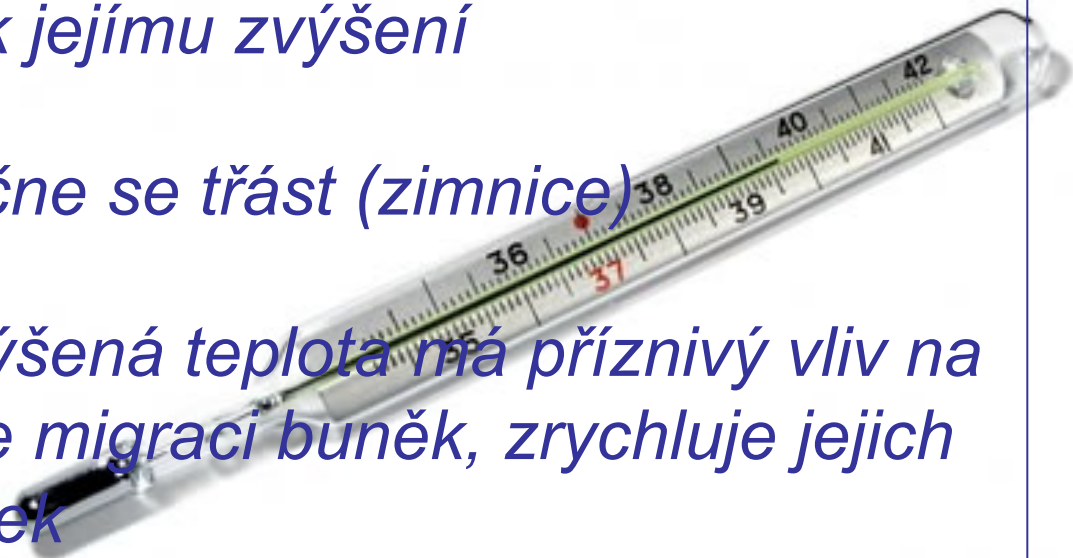


MECHANISMY SNIŽOVÁNÍ TĚLESNÉ TEPLoty

- *vasodilatace cév v kůži zvýší až 8x přestup tepla z jádra do slupky, a tak zvětšení výdeje tepla*
- *pocení*
- *snižování tepelné produkce snížením metabolismu, např. omezením tělesné aktivity nebo snížením chuti k jídlu (anorektický účinek vysokých teplot)*

HOREČKA

- *reakce organismu na změněné nastavení centra pro regulaci teploty v hypotalamu*
- *vlivem poškození mozku nebo vlivem vnitřních či bakteriálních projevů začne termoregulační centrum rozeznávat normální teplotu jako příliš nízkou a zapojí mechanismy vedoucí k jejímu zvýšení*
- *pacient cítí chlad a začne se třást (zimnice)*
- *po vyrovnání teplot zvýšená teplota má příznivý vliv na imunitní děje: urychluje migraci buněk, zrychluje jejich dělení a tvorbu protilátek*



Kardiovaskulární systém při zátěži v horku

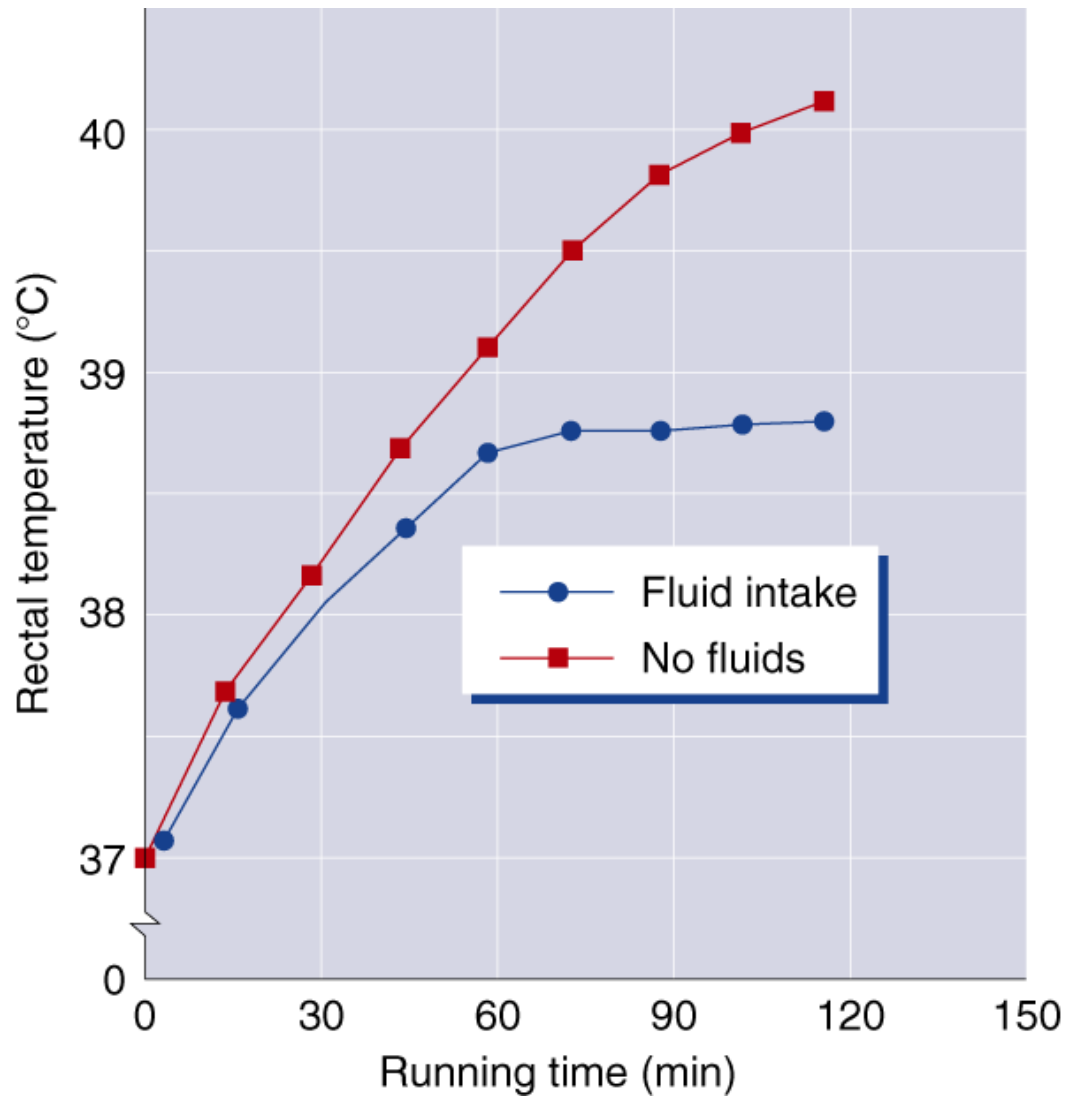
- *v horku je více namáhán (transport tepla ze svalů do povrchových oblastí těla)*
- *zvýšení minutového objemu srdce*
- *větší prokrvení kůže a podkoží kompenzováno snížením prokrvení v jiných oblastech (trávicí a vylučovací systém)*
- *zvýšení SF ve srovnání se zátěží v chladném prostředí*

Poškození organismu při zátěži v horku

- *křeče z horka – způsobeno ztrátou tekutin a minerálů*
- *vyčerpání z horka – pokles výkonnosti, zpomalení tempa, žízeň, zhoršení koordinace pohybů, pocit únavy*
- *dušnost, závratě, nauzea, zvracení, mdloby, hypotenze, tachykardie*
- *u neaklimatizovaných osob nebo u lidí, kteří jsou ve špatné fyzické kondici, může nastat tento stav již při tělesné teplotě 39°C*

PP: klid v chladném prostředí, pokud je při vědomí podáváme chladné nápoje s minerály, při ztrátě vědomí (RZS)

DOPLNĚNÍ TEKUTIN PŘI ZÁTĚŽI V HORKU



Selhání termoregulace (heat stroke)

- *život ohrožující porucha, vyžaduje okamžitý lékařský zásah*
- *způsobena selháním termoregulačních mechanismů*
- *vzestup tělesné teploty nad 40°C (obvykle 41-43°C)*
- *zástava pocení*
- *horká a suchá kůže*
- *tachykardie se slabým pulzem a tachypnoe*
- *zmatenost*
- *bezvědomí*

VAROVNÉ SIGNÁLY PŘEHŘÁTÍ



PREVENCE PŘEHŘÁTÍ

- *menší intenzita zatížení*
- *přestávky ve stínu*
- *aktivita večer či ráno*
- *vzdušný oděv*

Základní symptomy hypertermie

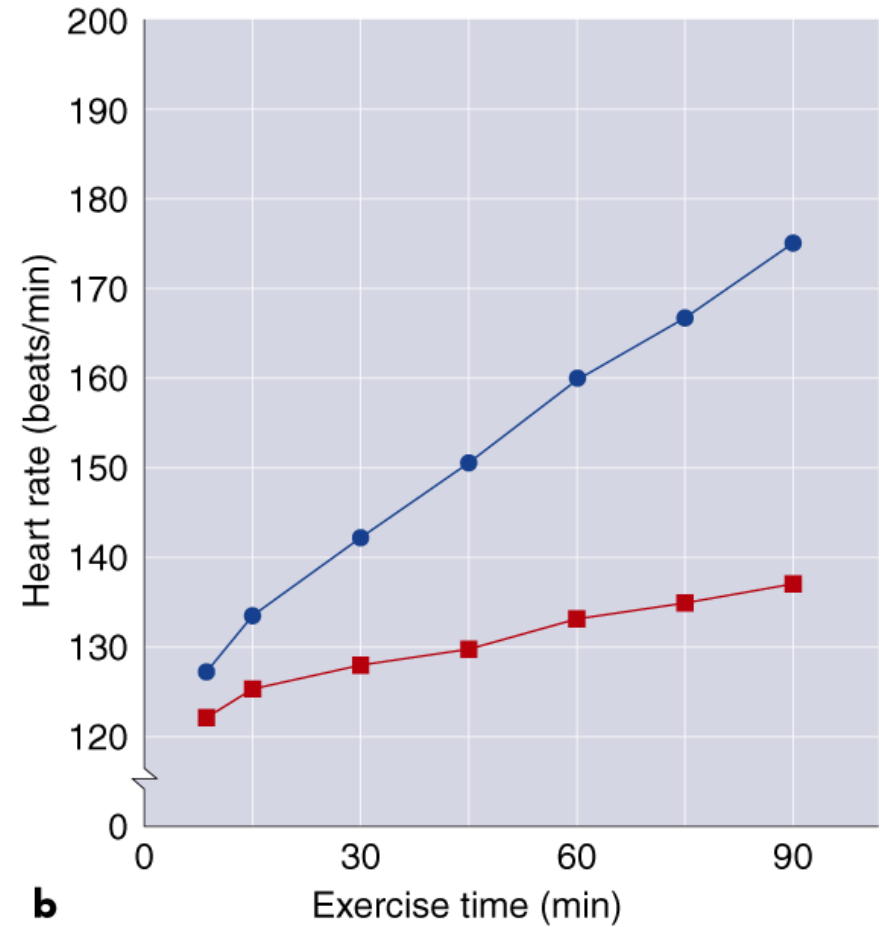
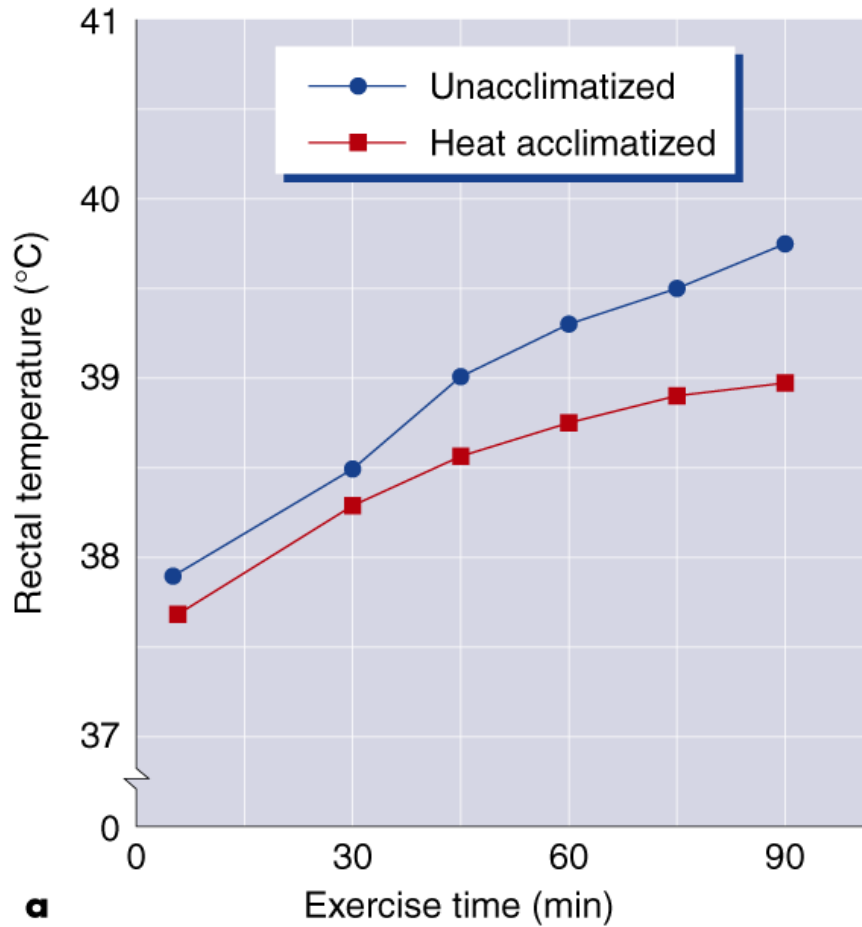
- *bolestivé pulsace a tlak v hlavě*
- *třes*

Pozor na obézní jedince (mají ztížený odvod tepla kvůli větší izolaci způsobené tukovou tkání), starší a děti

ADAPTACE NA TEPLLO

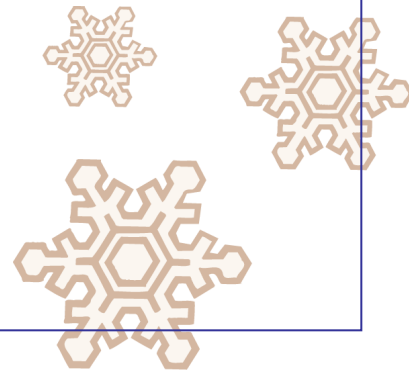
- *opakovaná zátěž v horku působí zlepšení schopnosti organismu odvádět teplo z těla a snižuje nebezpečí vyčerpání z horka a selhání termoregulace*
- *adaptace spočívá v přizpůsobení pocení a krevního oběhu*
- *aklimatizované osoby se při zátěži začínají potit dříve, tak se snižuje kožní teplota*
- *větší tepelné ztráty v horku umožňují adaptovaným osobám přesunout více krve k pracujícím svalům*
- *adaptovaní k horku mají při stejné fyzické zátěži nižší tělesnou teplotu a nižší SF než neaklimatizovaní*

AKLIMATIZACE NA TEPLU



CHLAD

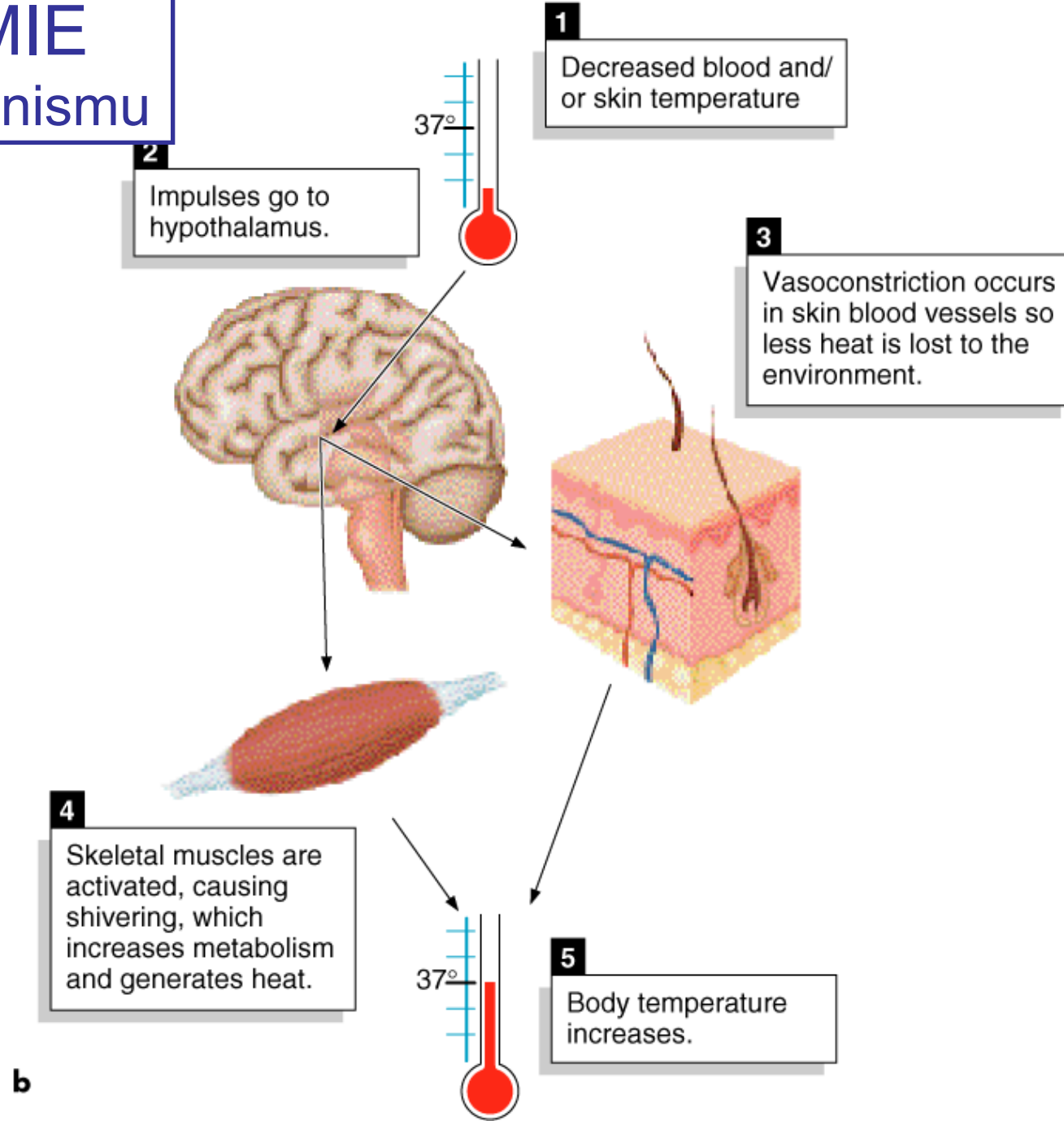
- *kritická teplota vzduchu pro člověka je udávána v rozmezí 22-27°C (kritická teplota vody 32-35°C)*
- *kritická teplota je nejnižší teplota okolí při které nahý člověk v klidu udržuje svoji tělesnou teplotu, aniž by zvyšoval metabolismus*
- *pro účinnou termoregulaci v chladu je velmi důležitý i celkový stav organismu, především dostatek spánku (ospalý člověk je více „zimomřivý“)*
- *podkožní tuk je významným činitelem v ochraně proti chladu*



HYPOTERMIE

podchlazení organismu

Hypothermia



b

HYPOTERMIE - podchlazení organismu



teplota těla pod 35°C

- třes
- vasokonstrikce
- zrychlení SF

teplota těla pod 32°C

- zpomalení dýchání
- poruchy srdečního rytmu

teplota těla pod 30°C

- bezvědomí

teplota těla pod 28°C

- smrt

MECHANISMY ZVYŠOVÁNÍ TĚLESNÉ TEPLoty

- *vasokonstrikce cév sníží výdeje tepla z jádra do kůže, a tím také ztráty tepla kůží*
- *piloerекce (husí kůže: u člověka téměř bez významu), mezi chlupy se udržuje vrstva vzduchu, která působí jako izolace*
- *zvýšení produkce tepla:*
 - *sáláním*
 - *chemickou termogenezí*
 - *zvýšený výdej tyroxinu stimuluje buněčný metabolismus a tak vzniká větší množství odpadního tepla (adaptační mechanismus)*

Ochranný faktor člověka vystaveného chladu

- *vasokonstrikce (v extrémním chladu vasodilatace)*
- *zvětšení izolačních schopností povrchu těla – zvětšení vrstvy podkožního tuku*
- *termogeneze*

Typy chladové aklimatizace

- *metabolická (zvýšená tvorba tepla)*
- *izolační – tvorba tepla zůstává stejná a zvyšuje se izolace*
- *hypotermická – tvorba tepla ani vasokonstrikce se nezvyšuje, dochází k poklesu*

TERMOREGULAČNÍ CHOVÁNÍ

- *je u člověka nejúčinnějším mechanismem, který zabraňuje ztrátám tepla (oblékáním, ukryváním v závětrří nebo v místnostech, topení)*
- *požití alkoholu zvýší momentální pocit tepla, protože způsobí vasodilataci cév*
- *je však nebezpečné napít se alkoholu před odchodem do chladného prostředí: vasodilatace urychluje ztráty tepla a může dojít k podchlazení organismu*

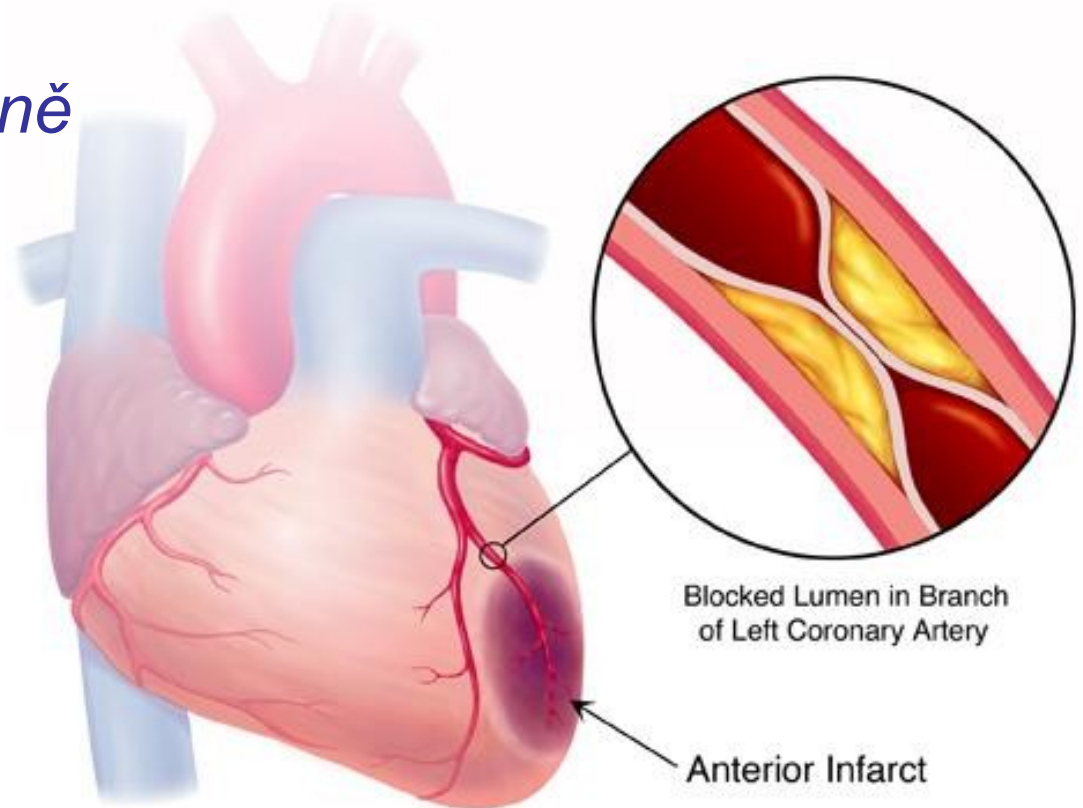
TERMOGENEZE (zvýšená tvorba tepla)

- *možná prostřednictvím svalové činnosti, třesem nebo metabolickým zvýšením produkce tepla*
- *svalová práce a do určité míry i třes vyvolávají zvýšené prokrvení povrchových oblastí těla*
- *netřesová termogeneze probíhá především v hnědé tukové tkáni, která byla u lidí prokázána pouze u novorozenců*



Vliv celkového působení chladu na myokard

- *chlad zhoršuje potíže u některých nemocných s ischemickou chorobou srdeční a může být provokujícím momentem při vzniku anginy pectoris*
- *v chladu se významně zvyšuje incidence srdečního infarktu*



Ekvivalentní teploty při různé síle větru

		Air Temperature (Celsius)																
		0	-1	-2	-3	-4	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60
Wind Speed (km/hr)	6	-2	-3	-4	-5	-7	-8	-14	-19	-25	-31	-37	-42	-48	-54	-60	-65	-71
	8	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-14	-20	-26	-32	-38	-44	-50	-56	-61	-67	-73
	10	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63	-69	-75
	15	-4	-6	-7	-8	-9	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66	-72	-78
	20	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68	-75	-81
	25	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70	-77	-83
	30	-6	-8	-9	-10	-12	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72	-78	-85
	35	-7	-8	-10	-11	-12	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73	-80	-86
	40	-7	-9	-10	-11	-13	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74	-81	-88
	45	-8	-9	-10	-12	-13	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75	-82	-89
	50	-8	-10	-11	-12	-14	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76	-83	-90
	55	-8	-10	-11	-13	-14	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77	-84	-91
	60	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78	-85	-92
	65	-9	-10	-12	-13	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79	-86	-93
	70	-9	-11	-12	-14	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80	-87	-94
	75	-10	-11	-12	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80	-87	-94
	80	-10	-11	-13	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	-88	-95
	85	-10	-11	-13	-14	-16	-17	-24	-31	-39	-46	-53	-60	-67	-74	-81	-89	-96
90	-10	-12	-13	-15	-16	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-61	-68	-75	-82	-89	-96	
95	-10	-12	-13	-15	-16	-18	-25	-32	-39	-47	-54	-61	-68	-75	-83	-90	-97	
100	-11	-12	-14	-15	-16	-18	-25	-32	-40	-47	-54	-61	-69	-76	-83	-90	-98	
105	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-25	-33	-40	-47	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98	
110	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-70	-77	-84	-91	-99	
		0 to -10 Low			-10 to -25 Moderate			-25 to -45 Cold			-45 to -59 Extreme			-60 Plus very Extreme				

Reakce a adaptace na chlad ve vyšším věku

- *nižší produkce tepla a větší tepelné ztráty u starších osob, mladší jedinci v důsledku schopnosti větší vasokonstrikce cév mají menší tepelné ztráty*
- *starší osoby (přes 50 let) nezvyšují svůj metabolismus tolik jako mladí a nejsou schopni udržet své tělesné teplo vasokonstrikcí*
- *u starších osob klesá vnímání chladu i horka, mladší dokáží poznat i rozdíly menší než 1°C , ve stáří rozlišovací schopnost klesá na více než 5°C*
- *významně se zhoršuje účinnost vegetativní regulace, především chladové vasokonstrikce a zmenšuje se (až mizí) třes jako ochrana před chladem*

Reakce a adaptace na teplo ve vyšším věku

- *přibližně do okolní teploty 28°C se při srovnatelném zatížení reakce tělesné teploty u mladých a starých osob podstatně neliší*
- *při vyšších teplotách však významně více stoupá tělesná teplota u starších*
- *starší osoby se v horku méně potí než mladší*
- *u starších osob je větší nebezpečí přehřátí*
- *při dehydrataci mají nižší subjektivní pocit žízně a suchosti dutiny ústní (pijí méně)*

Termoregulace u dětí

- *hlavní rozdíl od dospělých je v relativně větším povrchu těla v poměru k tělesné hmotnosti – to jim v teple umožňuje větší ztráty tepla vedením, prouděním i vyzařováním než pocením*
- *v extrémním horku to znamená větší absorpci tepla z okolí a v extrémním chladu větší tepelné ztráty*
- *nižší tělesná hmotnost a většinou menší vrstva podkožního tuku u dětí je nevýhodou v chladném prostředí*
- *potní žlázy dětí produkují méně potu*

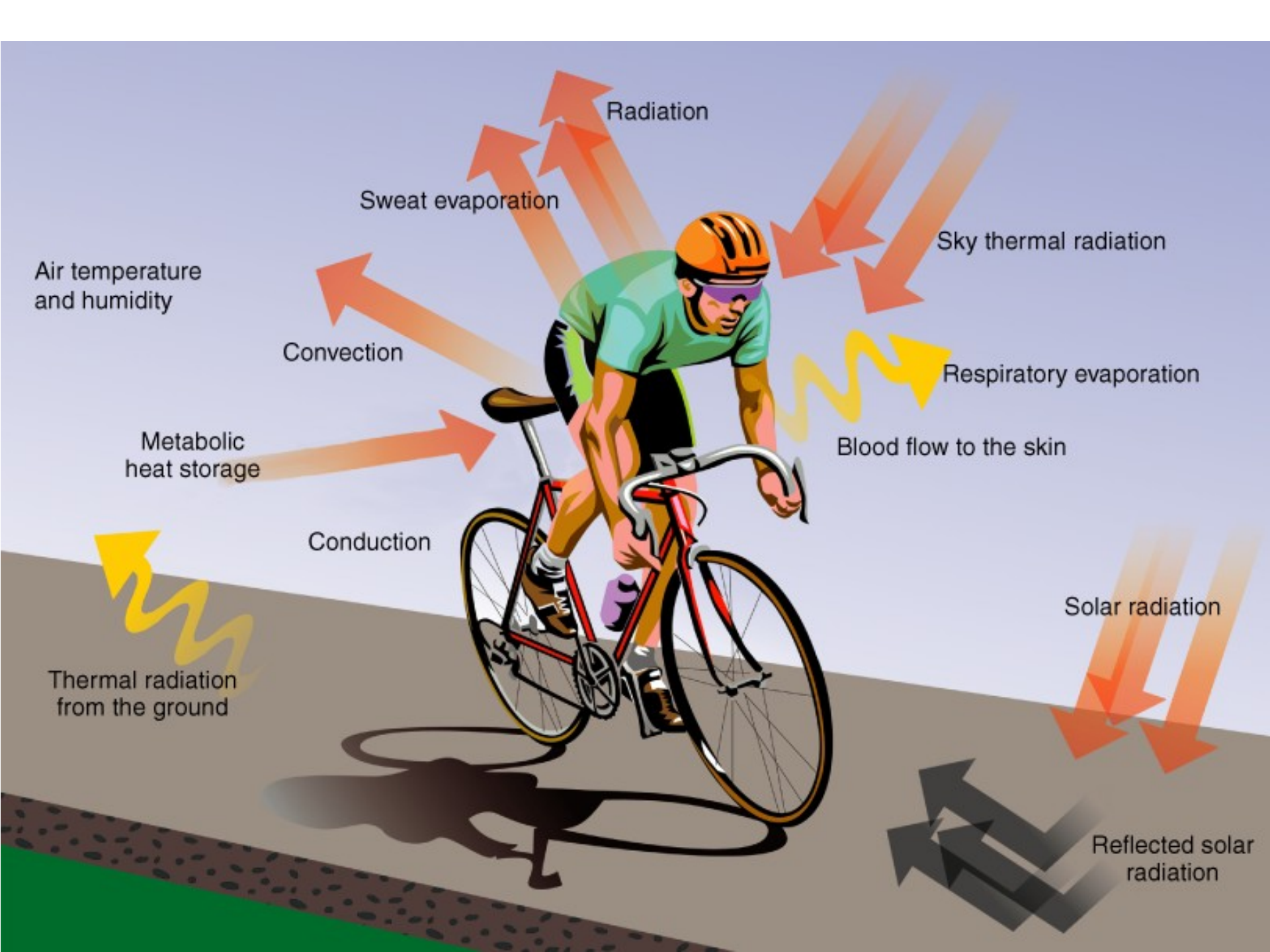


Termoregulace u dětí

- *hlavní fyziologický rozdíl mezi dětmi a dospělými je v pocení*
- *děti mají sice relativně větší hustotu potních žláz než dospělí, ale jejich žlázy produkují méně potu, snad v důsledku nižší citlivosti na termální podněty*
- *tepelný stres je u dětí nebezpečnější než v dospělých především vzhledem k nižší produkci potu*
- *děti mají v chladu větší tepelné ztráty vzhledem k malé vrstvě podkožního tuku a relativně většímu tělesnému povrchu*
- *trénink v chladném prostředí u dětí (otužování) však může zlepšit jejich adaptaci k chladu*

MRÁZ A HORKO

- *K2 -96°C – člověk přežije díky oblečení*
- *při teplotě těla 25°C selže kardiovaskulární systém*
- *v horku je smrtelná hranice teplota těla 43°C*



Radiation

Sweat evaporation

Sky thermal radiation

Air temperature and humidity

Convection

Respiratory evaporation

Metabolic heat storage

Blood flow to the skin

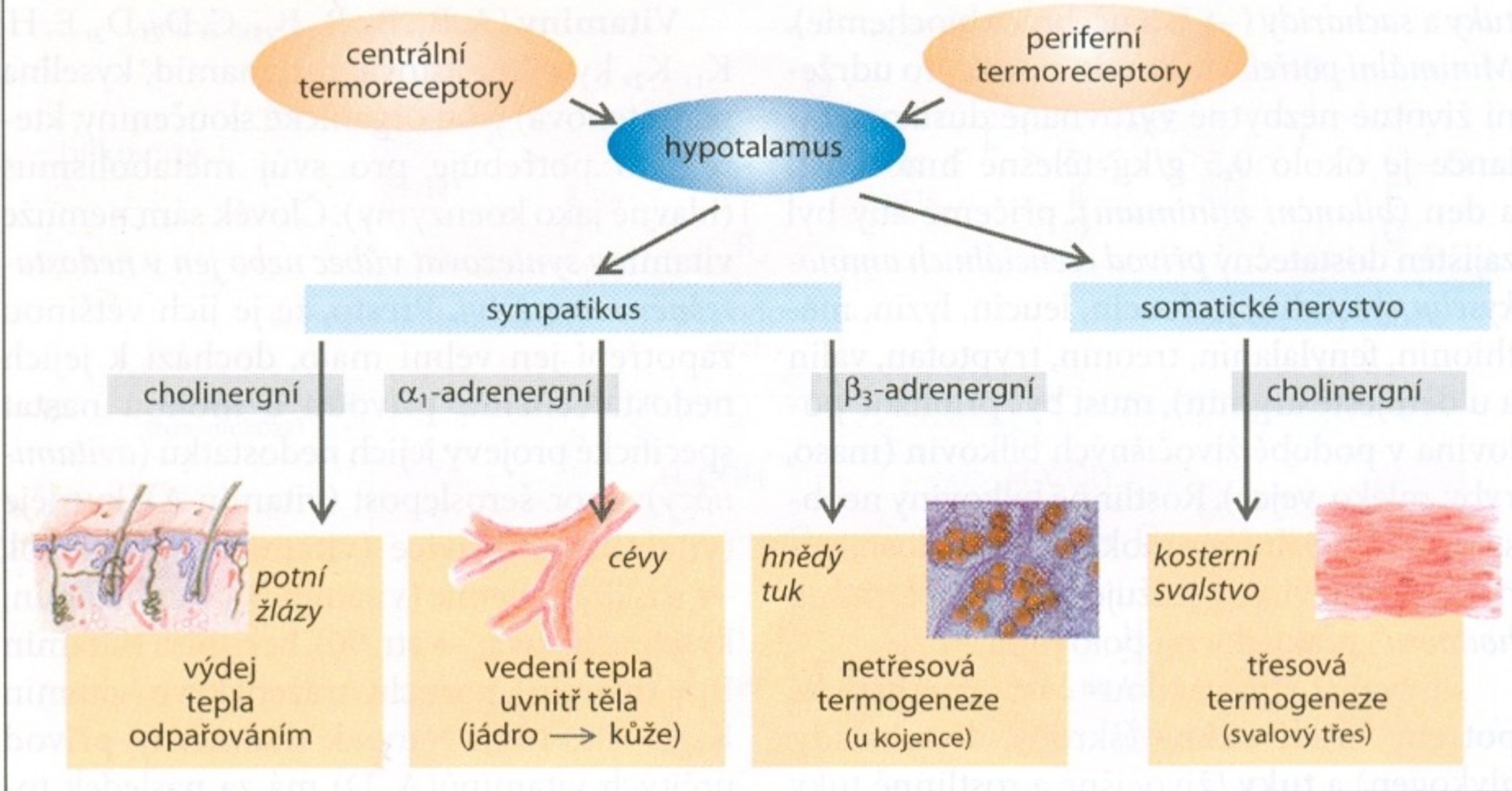
Conduction

Solar radiation

Thermal radiation from the ground

Reflected solar radiation

D. Nervové řízení tepelné bilance organismu



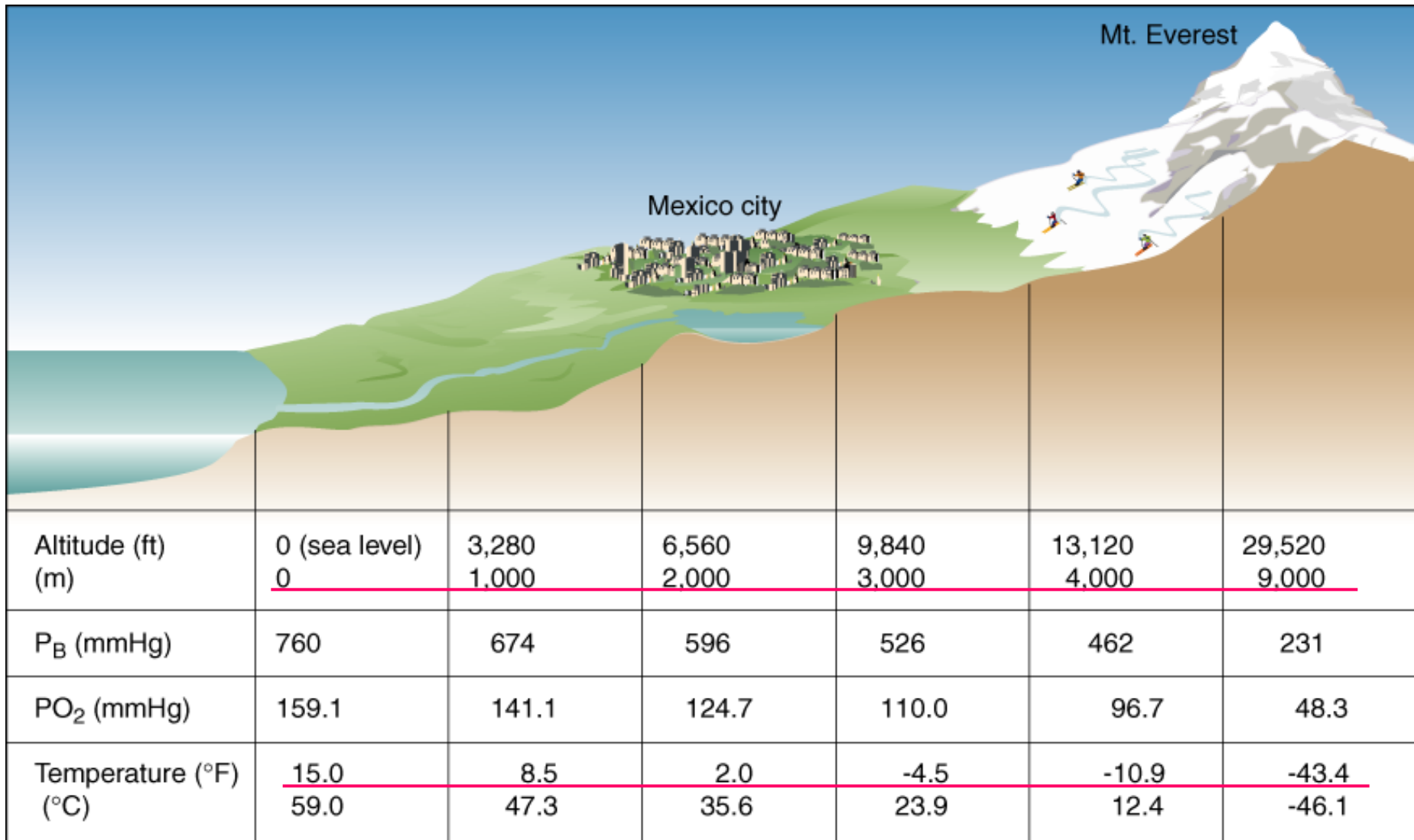
VYSOKOHORSKÉ PROSTŘEDÍ

- *vysoká nadmořská výška (nad 3000 m.n.m.)*
- *atmosférický tlak se stoupající nadmořskou výškou klesá*
- *klesá i parciální tlak kyslíku (hypoxie)*
- *teplota vzduchu se stoupající výškou klesá přibližně o 1°C na každých 150 m, nezávisle na zeměpisné šířce, ta však výrazně ovlivňuje sezónní a denní kolísání teploty (rozdíl na slunci a ve stínu, vítr)*

VYSOKOHORSKÉ PROSTŘEDÍ

- *horský studený vzduch má snížený tlak vodních par, absolutní vlhkost je ve vysokých nadmořských výškách extrémně nízká*
- *kombinace nízké relativní vlhkosti může být subjektivně velmi nepříjemná*
- *vysoká intenzita ultrafialového záření*
- *stoupá intenzita kosmického záření (tvorba kyslíkových radikálů, jejich množství se zvyšuje se stoupajícím tlakem kyslíku)*

Vnější podmínky při různé nadmořské výšce



REAKTIVNÍ ZMĚNY ORGANISMU

- *hlubší a rychlejší dýchání (hyperventilace)*
- *zvýšení minutového objemu krve zpracované srdce a znásobené otevření kapilárních cév pro zabránění akutní hypoxii*
- *zvýšení minutového srdečního objemu*
- *menší afinita hemoglobinu (Hb) ke kyslíku*
- *horská nemoc*

ADAPTAČNÍ ZMĚNY ORGANISMU

- *zvýšená transportní kapacita krve*
- *zvýšení minutového objemu krve zpracované srdce a znásobené otevření kapilárních cév pro zabránění akutní hypoxii*
- *později se zvyšuje počet erytrocytů*
- *změny ve složení a metabolismu periferních tkání (zvýšení obsahu myoglobinu a enzymové aktivity)*

Adaptace na výškovou hypoxii

- *adaptace na hypoxii zahrnuje změny transportu kyslíku do tkání a změny jeho utilizace v buňkách*
- *akomodace, tj. počáteční odpověď, u netrénovaného nastupuje za několik sekund až hodin*
- *aklimatizace a aklimace, změny které se projevují za několik dní až měsíců pobytu v hypoxickém prostředí (fenotypické adaptace, které jsou po návratu do normoxických podmínek reverzibilní)*
- *adaptace genotypické u organismů, které žijí ve změněném prostředí po celé generace*
- *prahovou výškou, od které se již každý člověk musí hypoxii přizpůsobovat, a ve které vznikají výškou způsobené poruchy, je 3000-3500 m*

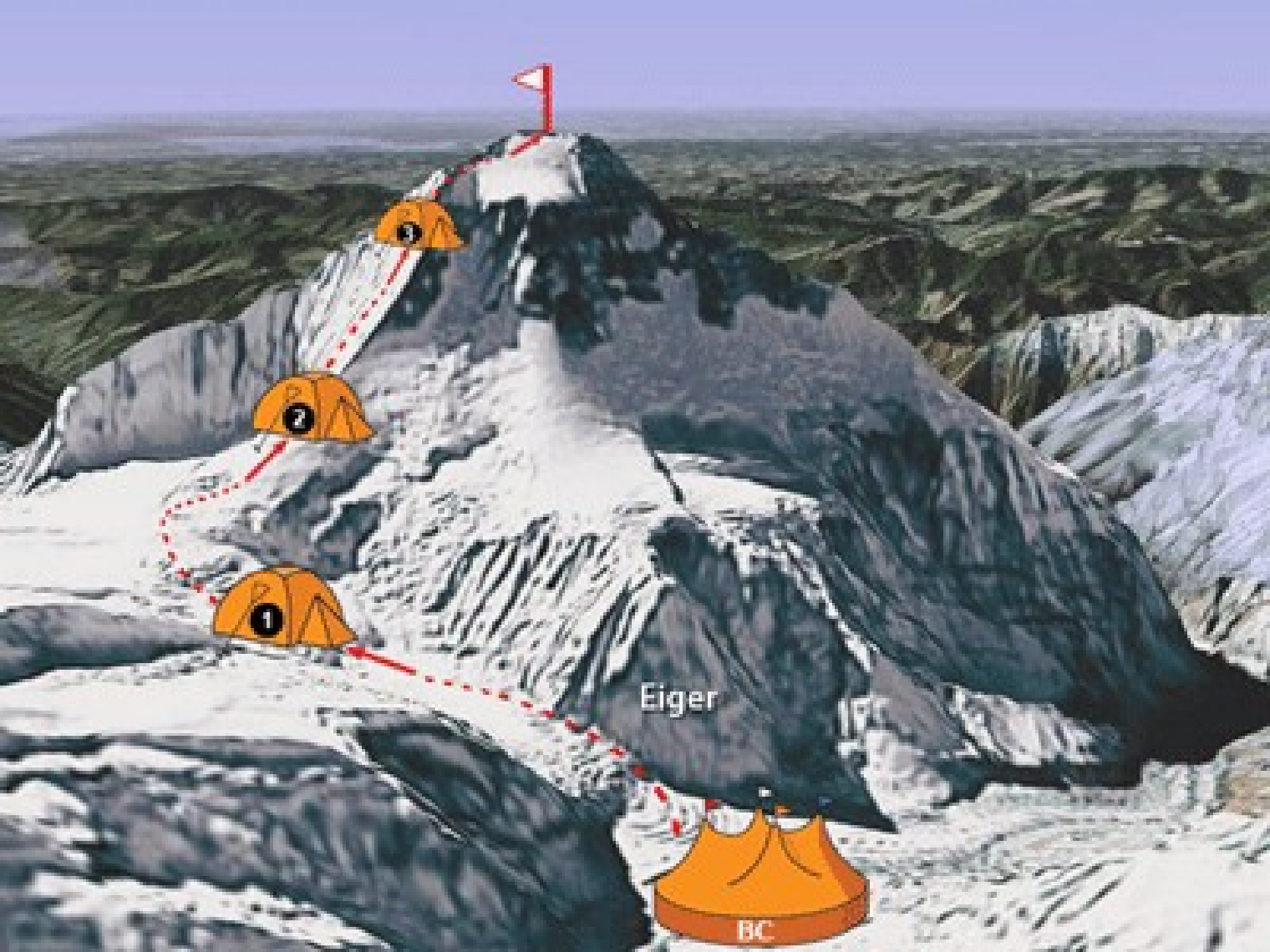
Fáze aklimatizace pobytu ve výšce

1. *Latentní fáze – trvá prvních 6 h. po příchodu do výšky, bez příznaků AHN*
2. *Aklimatizace – období získávání aklimatizace s velkým rizikem aklimatizačních poruch resp. AHN*
3. *Aklimatizace – období trvajících 2-3 týdny, během kterých je člověk optimálně přizpůsoben výšce a je schopen největších fyzických výkonů*
4. *Fáze degradace (výškové deteriorace) se zhoršením fyzických a psychických funkcí*



Obecná pravidla aklimatizace

- 1. Přespávat v co nejnižší nadmořské výšce, vystupovat po etapách a vždy přespát v nižší než dosažené výšce*
- 2. Na každých 500m překonané výšky mají připadnout dvě přenocování ve stejné výšce, v průběhu jednoho týdne nepřespávat v táboře výše než o 1000m*
- 3. Spát s mírně vyvýšenou horní polovinou těla, průběh aklimatizace neurychlí žádný lék*



Eiger

BC

1

2

3

Aklimatizace

- *doba potřebná pro aklimatizaci je individuálně odlišná a závisí na rychlosti výstupu, dosažené absolutní výšce, překonaném relativním výškovém rozdílu a zdravotnímu stavu jedince, nikoli však jeho zdatnosti*
- *na výšku 3000 m je třeba se aklimatizovat 2-3 dny*
- *4000 m 3-6 dní*
- *5000 m 2-3 týdny*
- *výškám nad 5500 m se již přizpůsobit nelze (nad touto hranicí dochází i při maximálním fyzickém šetření k zhoršování zdravotního stavu a ke snížení výkonnosti)*

DIVING REFLEX

- při ponoření dojde ke snížení srdeční frekvence (o 10 - 40%)
→ srdce tepe pomaleji a organismus spotřebuje méně O_2
- dochází k němu po prudkém ochlazení povrchu těla, zvláště obličeje, apnoe
- přirozená reakce organismu, kdy se podráždí receptory kůže obličeje, ztíží se venózní návrat při apnoe, nervus vagus tlumí tvorbu vzruchu v sinusovém uzlu



७