

Fyziologie a patofyziologie člověka v extrémních podmínkách

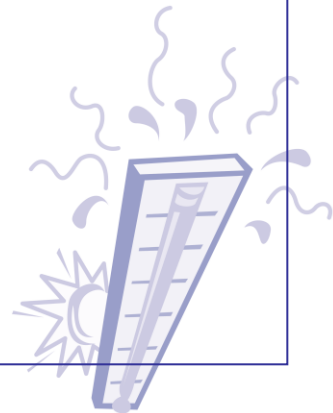


Martina Bernaciková

2010

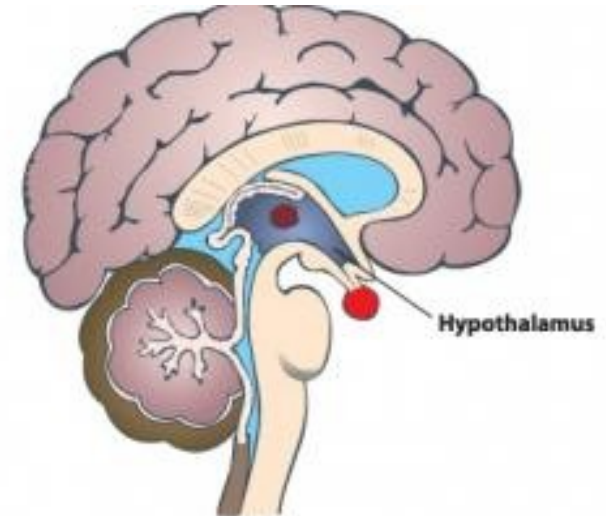
Termoregulace

- *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*

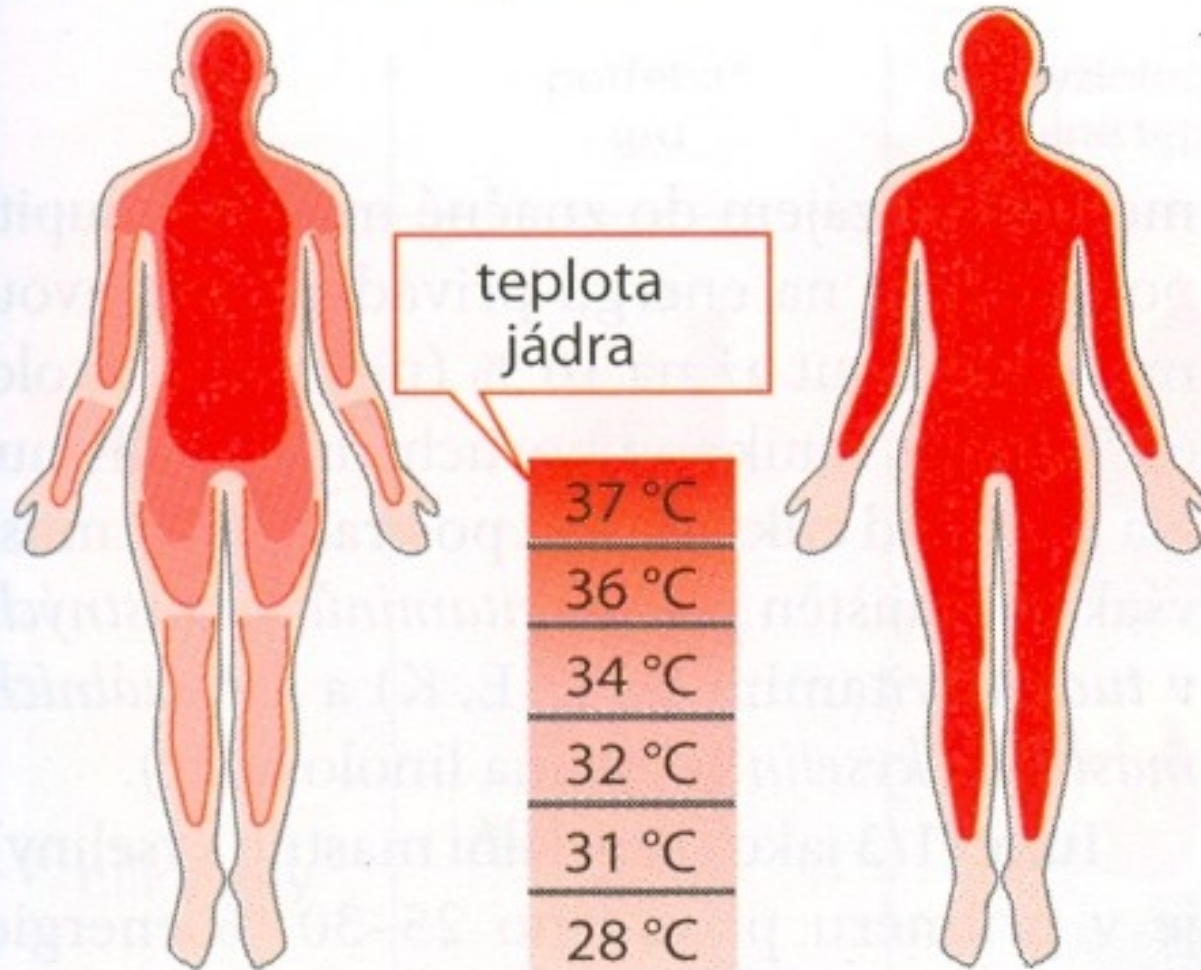


Termoregulace

A. Teplotní zóny těla

JÁDRO

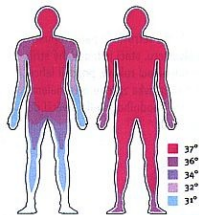
SLUPKA



20 °C

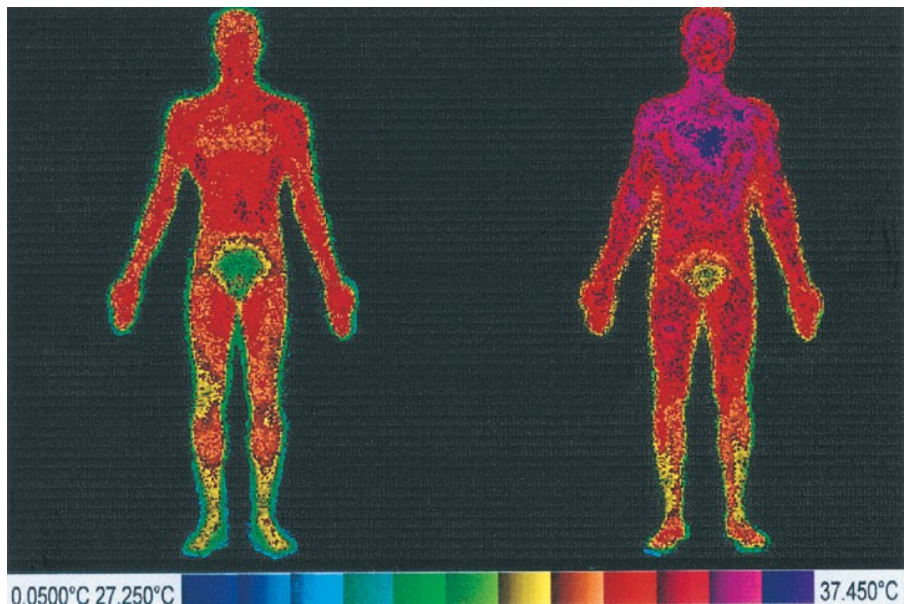
pokojová teplota

35 °C
(podle Aschoffa)

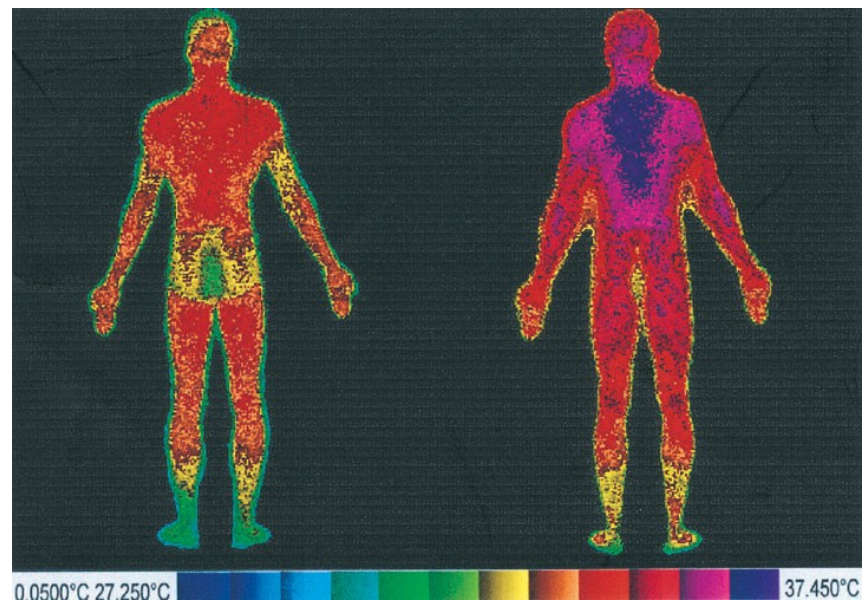


TERMOGRAM

Pohled ze předu
Před Po



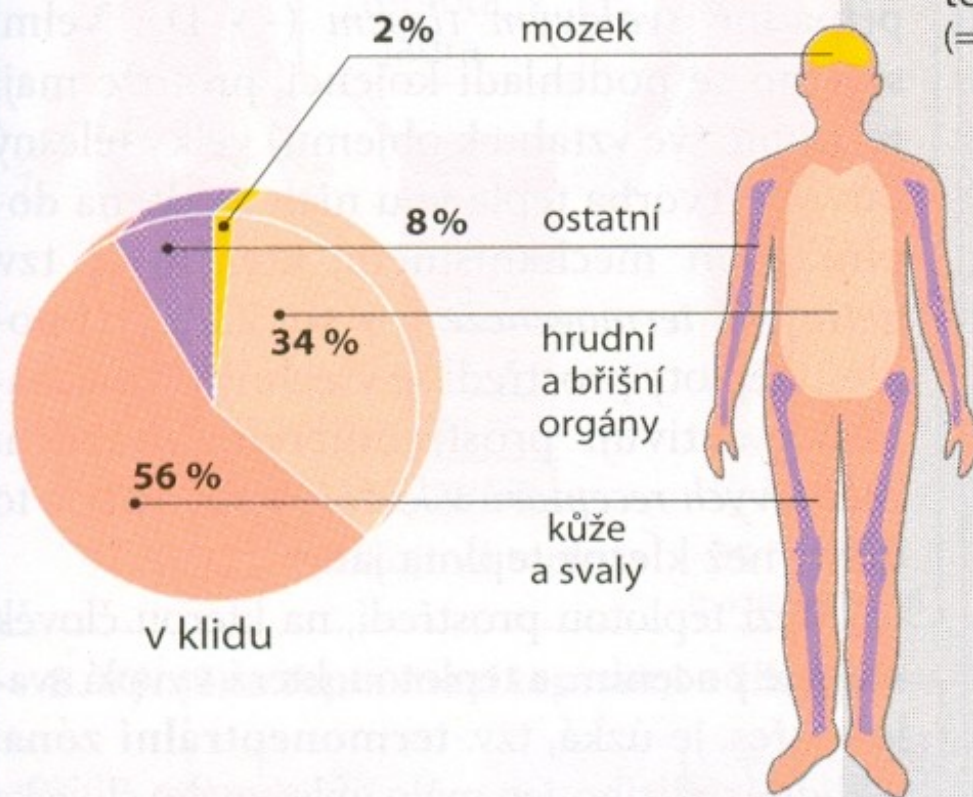
Pohled zezadu
Před Po



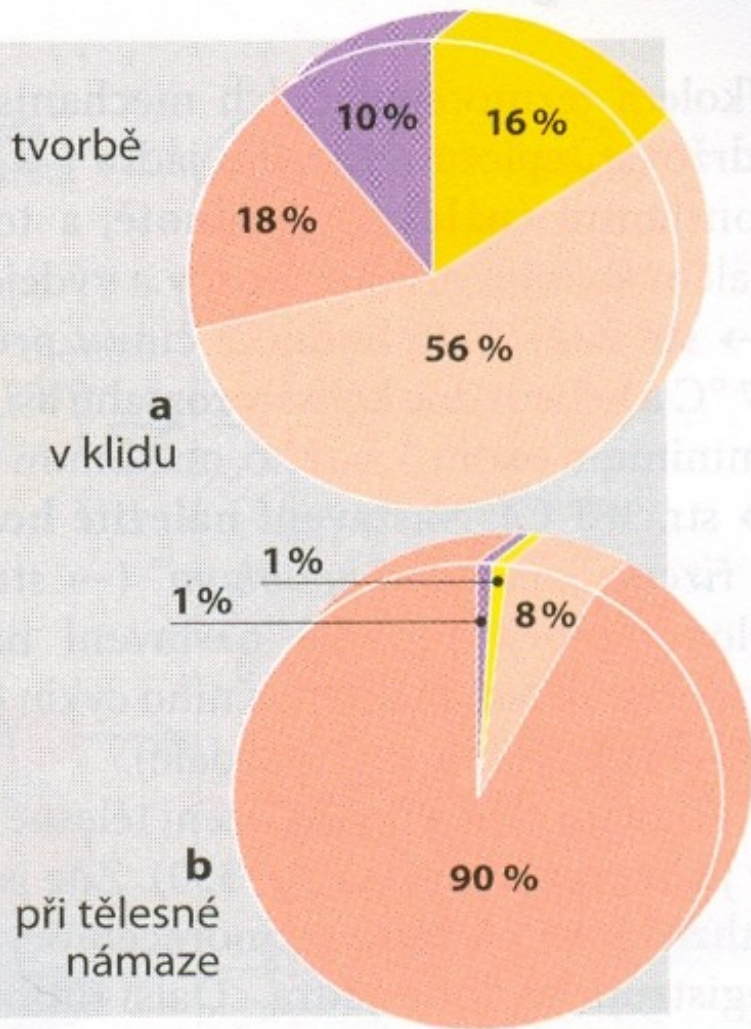
**Před a po běhu při 30° C
(75% vlhkost)**

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

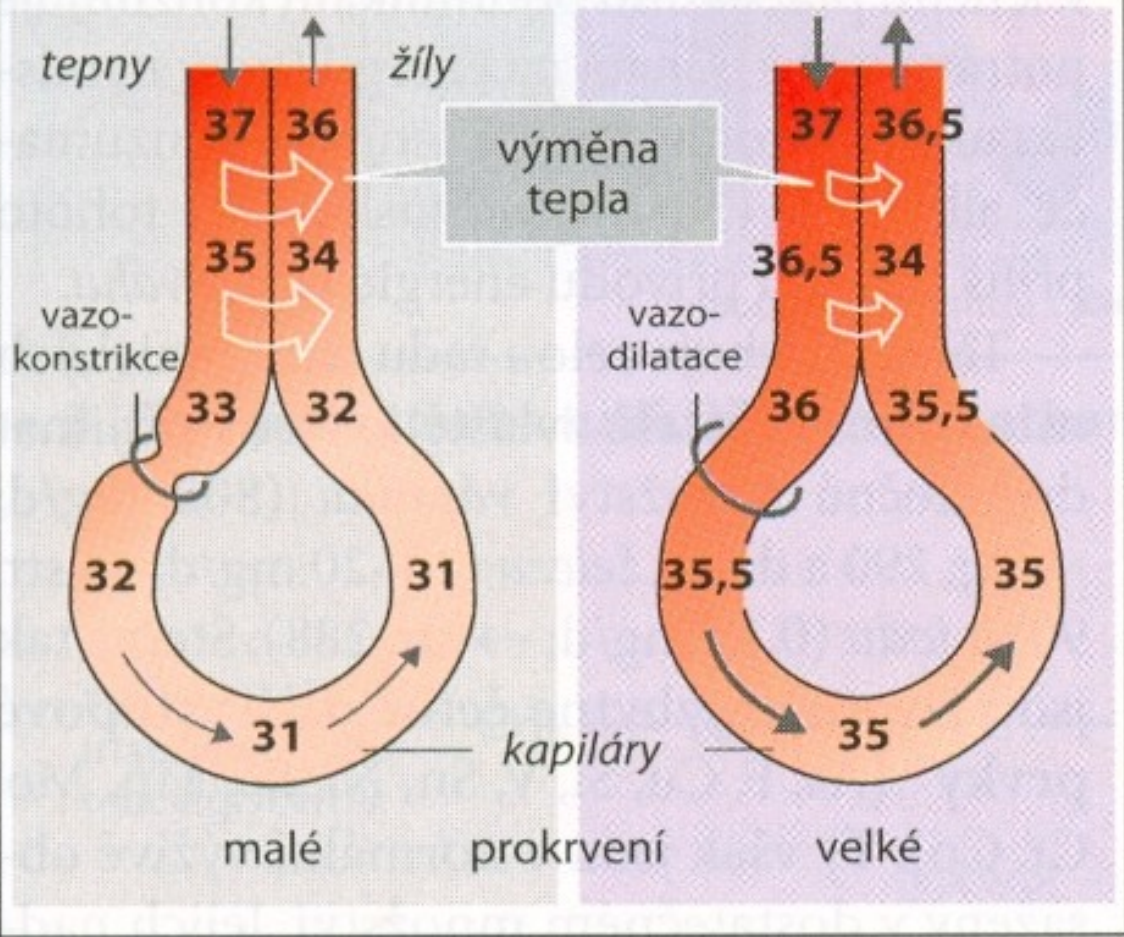
1
podíl na tělesné hmotnosti
(= 100 %)



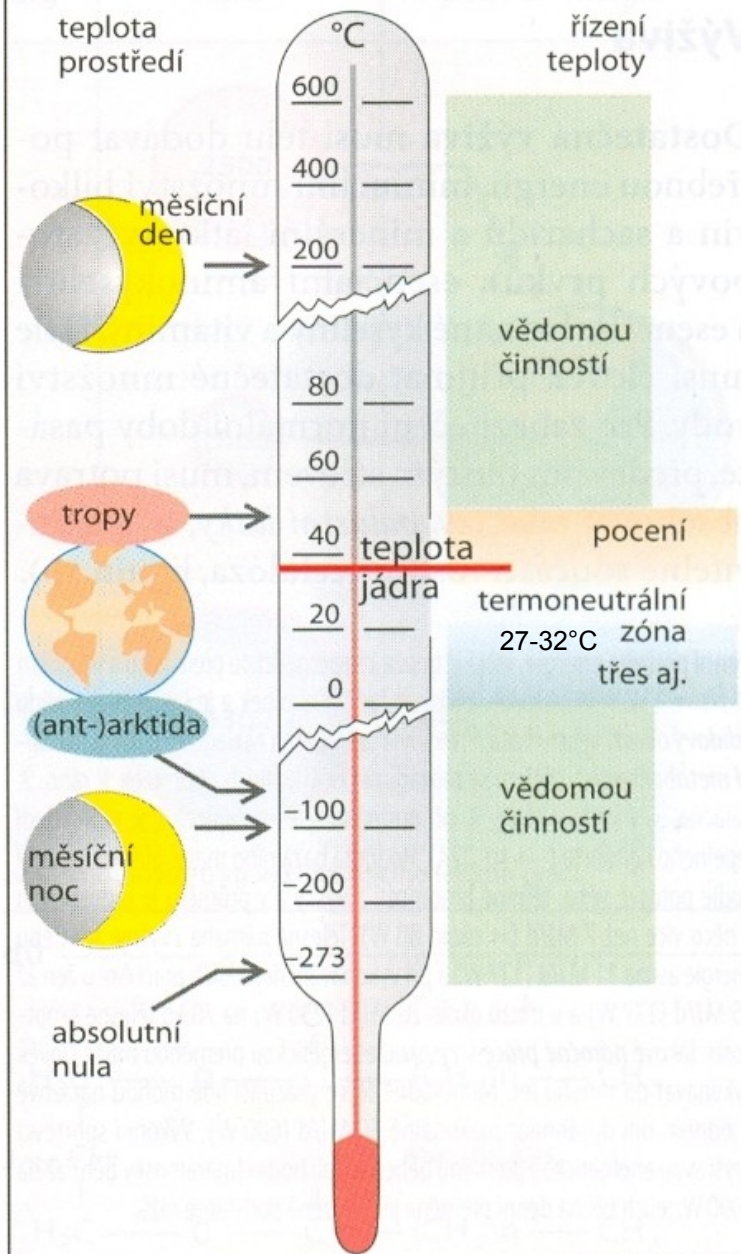
2
podíl na tvorbě tepla
(= 100 %)



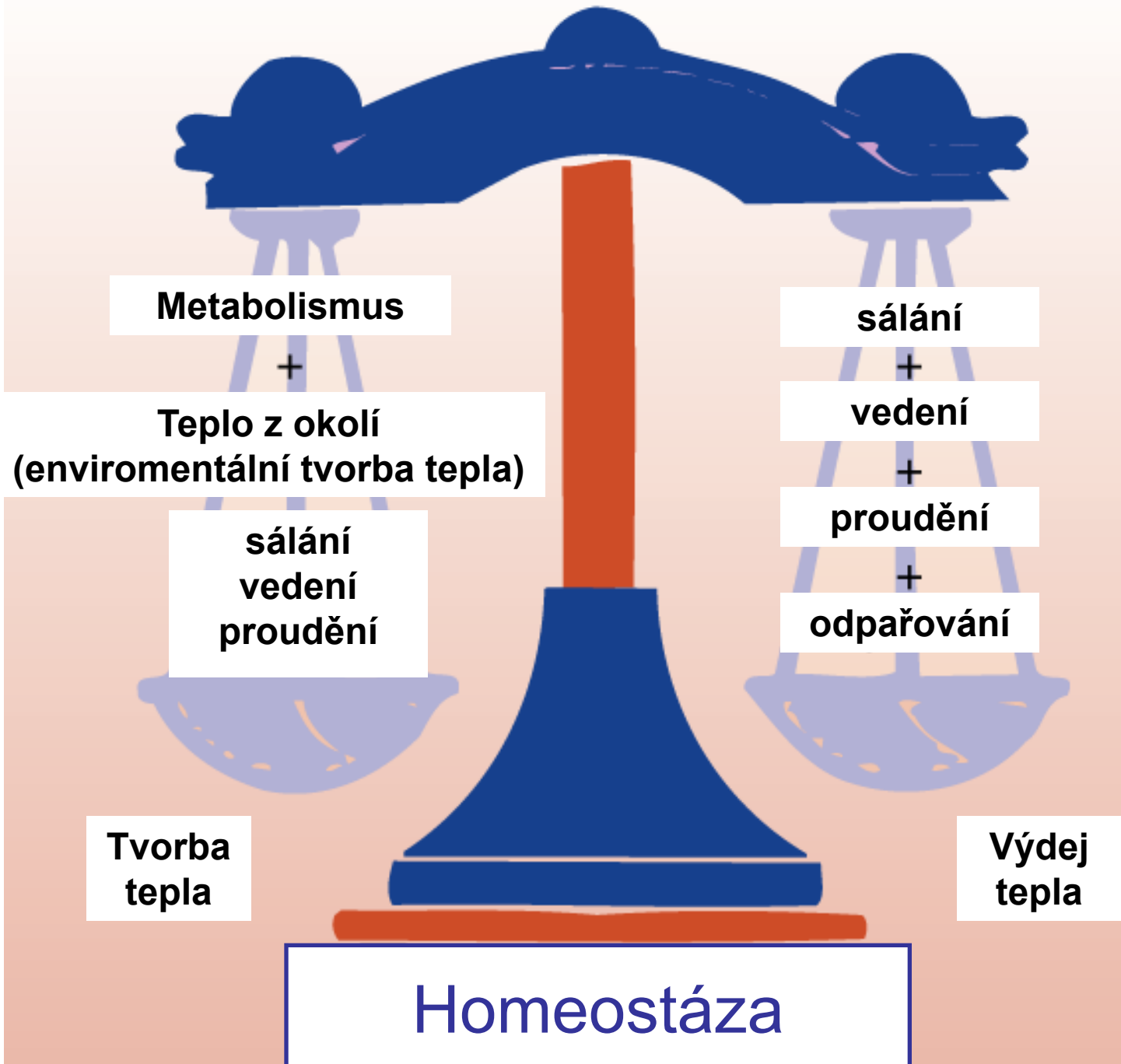
B. Výměna tepla mezi tepnami a žilami



C. Teplota prostředí a termoregulace

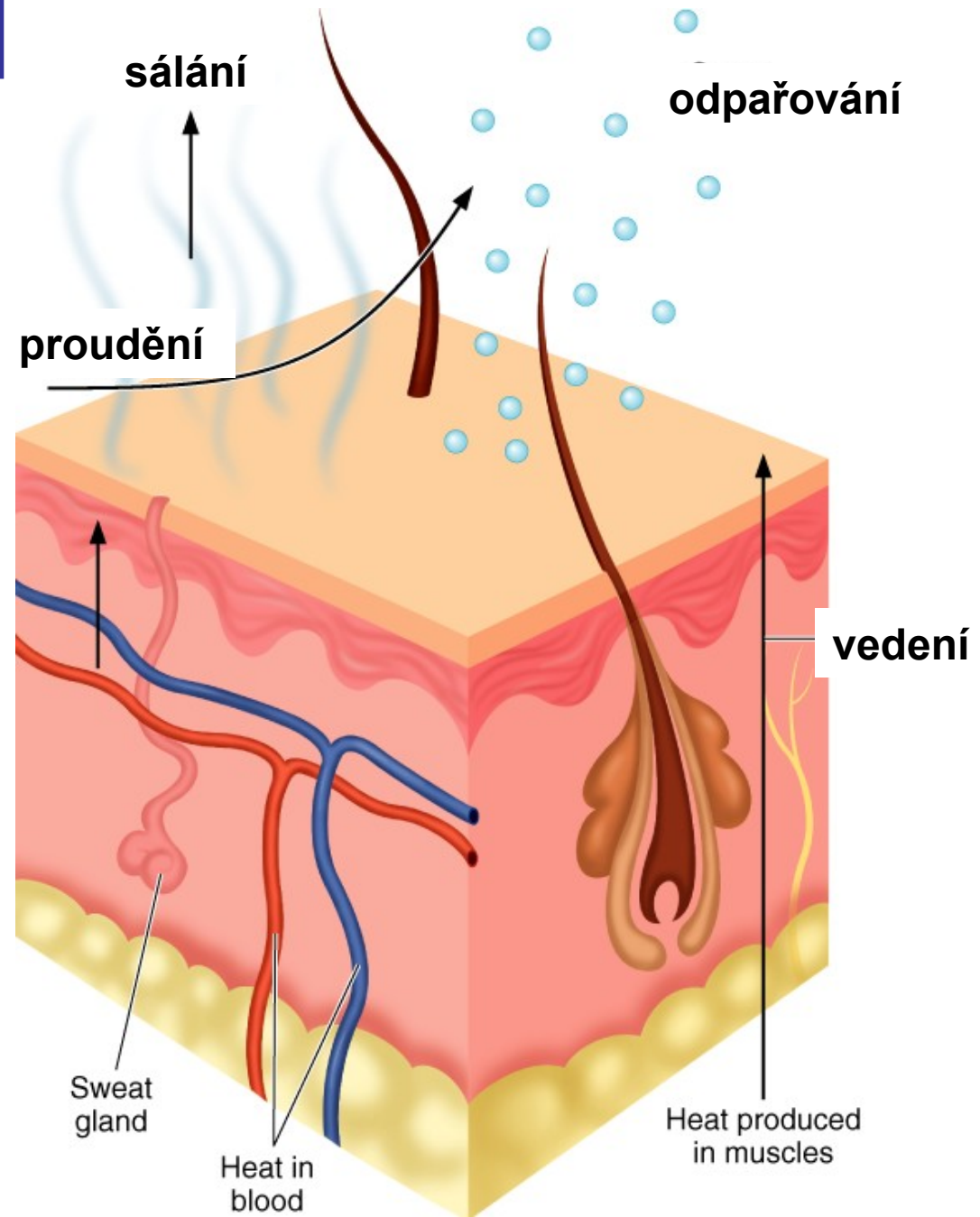


(podle Hardyho)



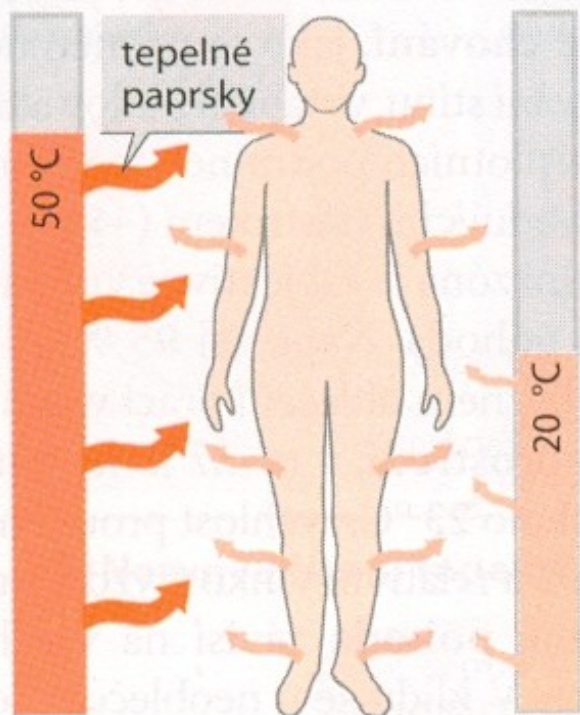
Výdeje tepla

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

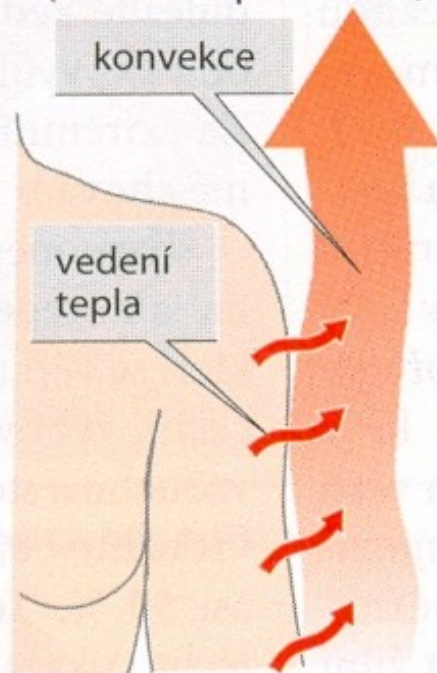


B. Mechanismy výdeje tepla

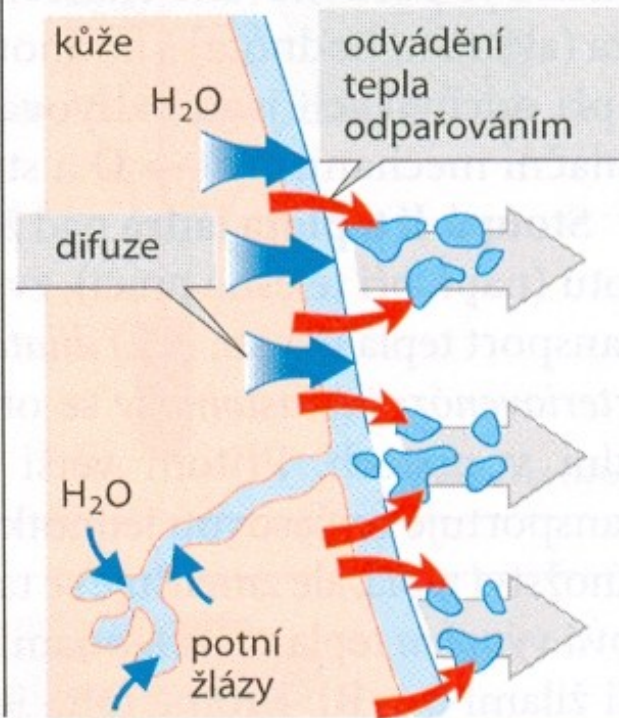
1 radiace (sálání)



2 kondukce a konvekce (vedení a proudění)

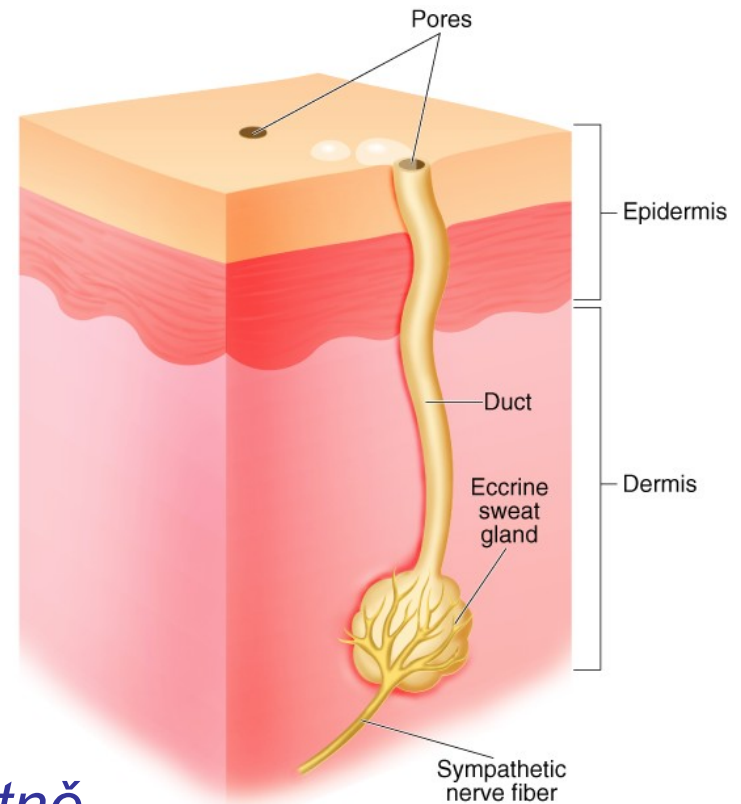


3 evaporace (odpařování)



Pocení

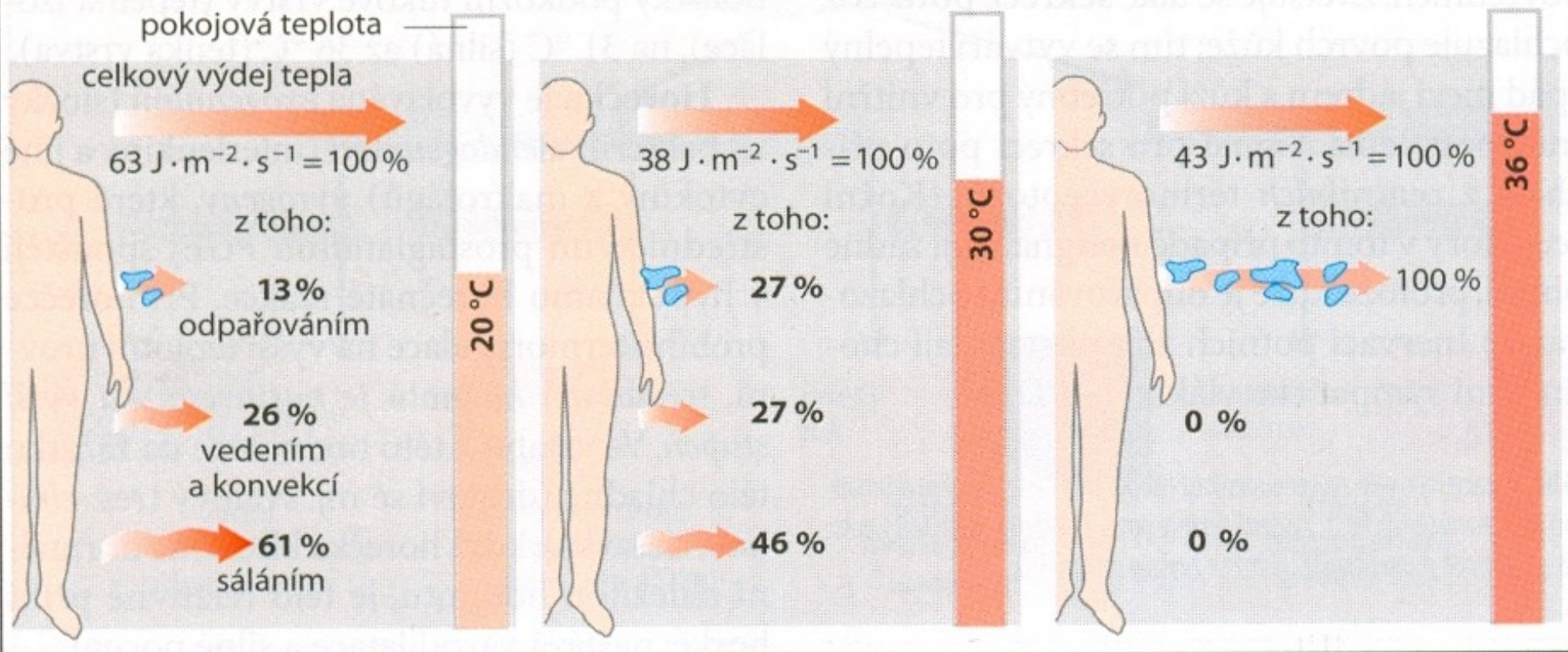
- *pot se tvoří filtrací plazmy a postupuje kanálkem potní žlázy*
- *při vydatném pocení pot obsahuje významně více sodíku a chloridů (u trénovaných jsou ztráty těchto minerálů menší)*
- *při velké zátěži v horku může tělo ztrácet až 1 litr potu za hod na 1m² tělesného povrchu*
- *pokud nejsou ztráty 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!!!*

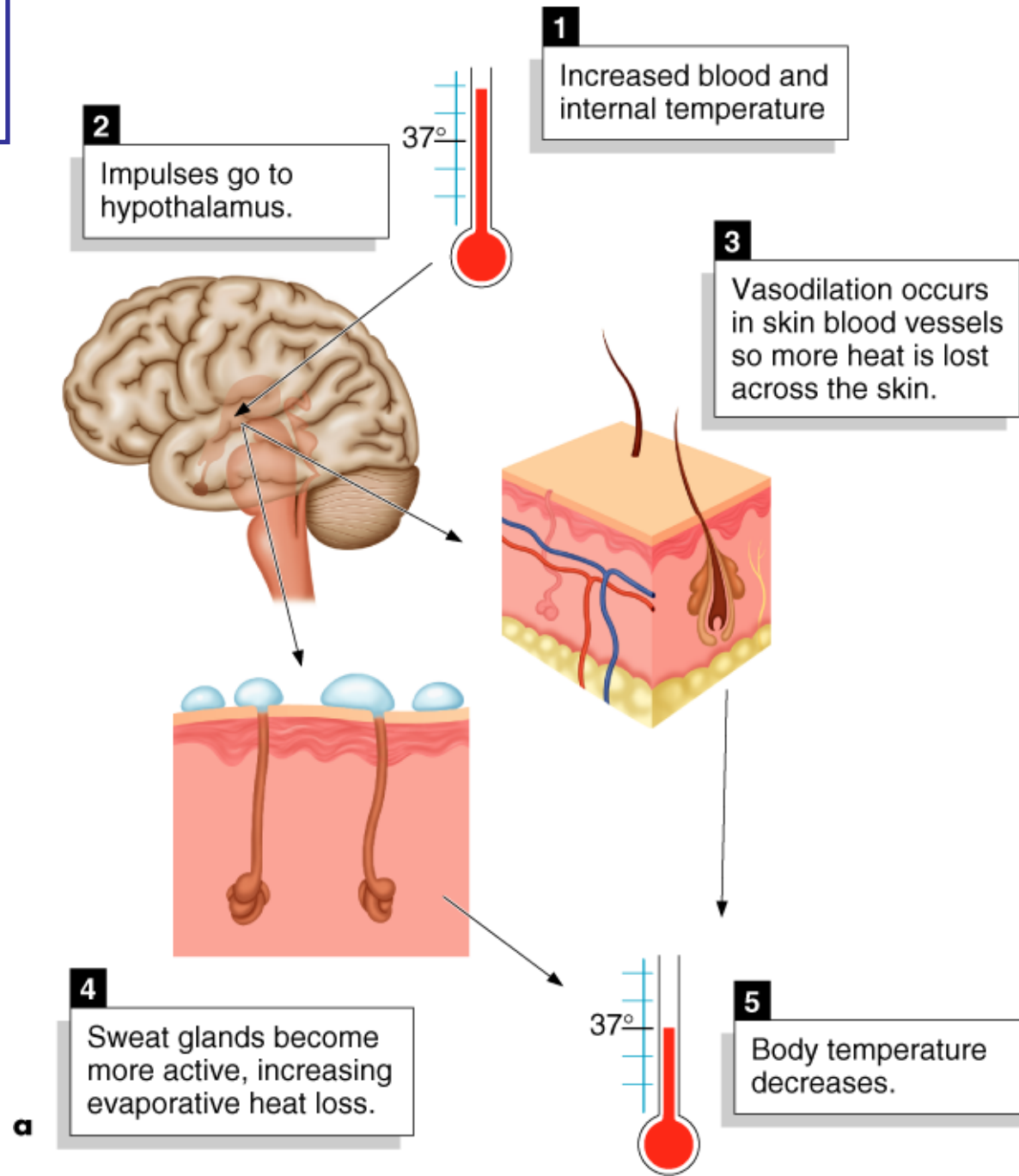
C. Výdej (ztráty) tepla (bez oděvu, v klidu) při různých teplotách prostředí



HYPERTERMIE

přehřátí organismu

Hyperthermia

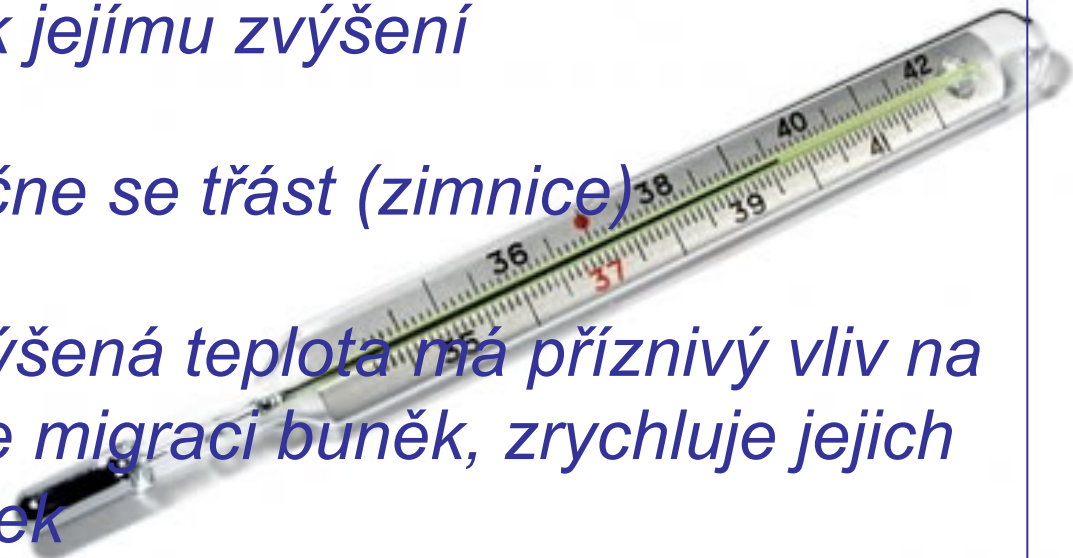


MECHANISMY SNIŽOVÁNÍ TĚLESNÉ TEPLoty

- *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

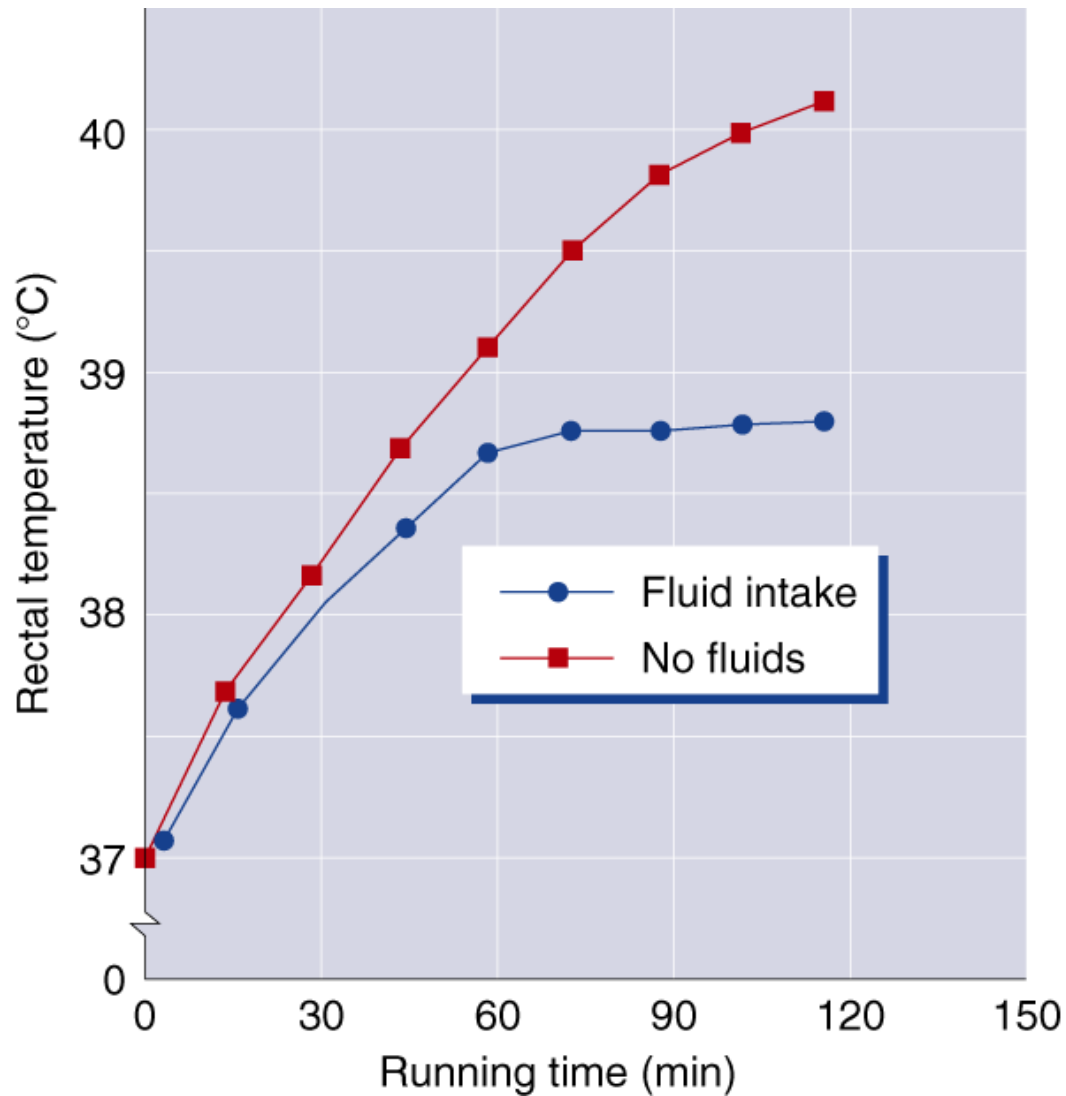
- *v horku je více namáhán (transport tepla ze svalů do povrchových oblastí těla)*
- *zvýšení minutového objemu srdce*
- *větší prokrvení kůže a podkoží kompenzováno snížením prokrvení v jiných oblastech (trávicí a vylučovací systém)*
- *zvýšení SF ve srovnání se zátěží v chladném prostředí*

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

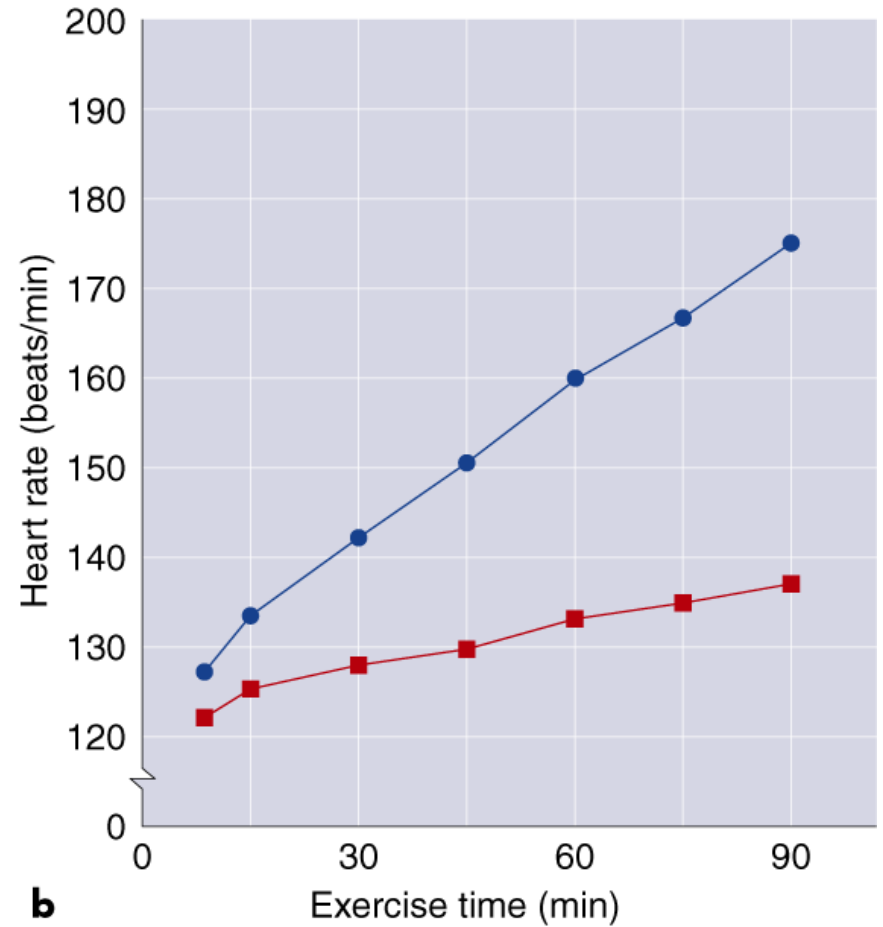
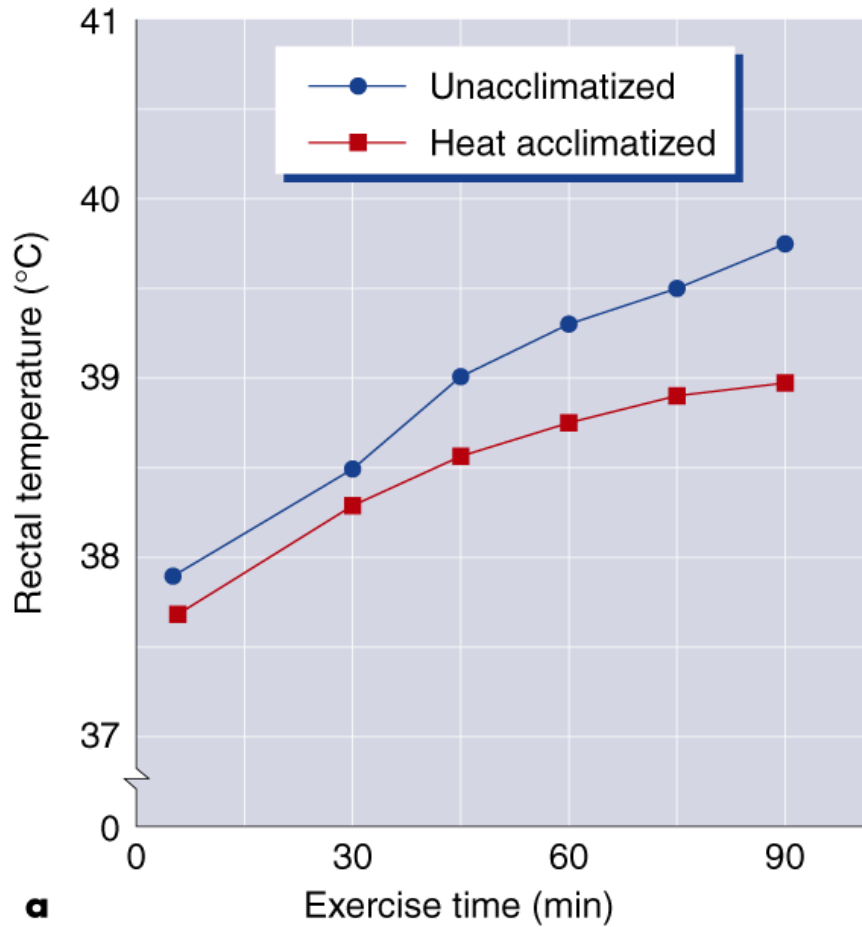
- *bolestivé pulsace a tlak v hlavě*
- *třes*

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

ADAPTACE NA TEPLLO

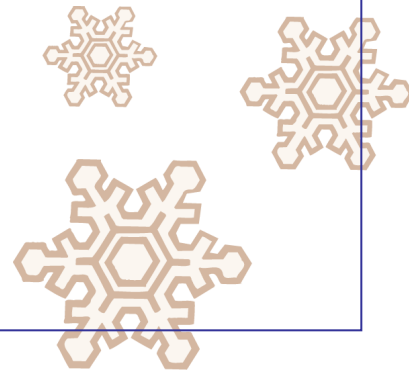
- *opakovaná zátěž v horku působí zlepšení schopnosti organismu odvádět teplo z těla a snižuje nebezpečí vyčerpání z horka a selhání termoregulace*
- *adaptace spočívá v přizpůsobení pocení a krevního oběhu*
- *aklimatizované osoby se při zátěži začínají potit dříve, tak se snižuje kožní teplota*
- *větší 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

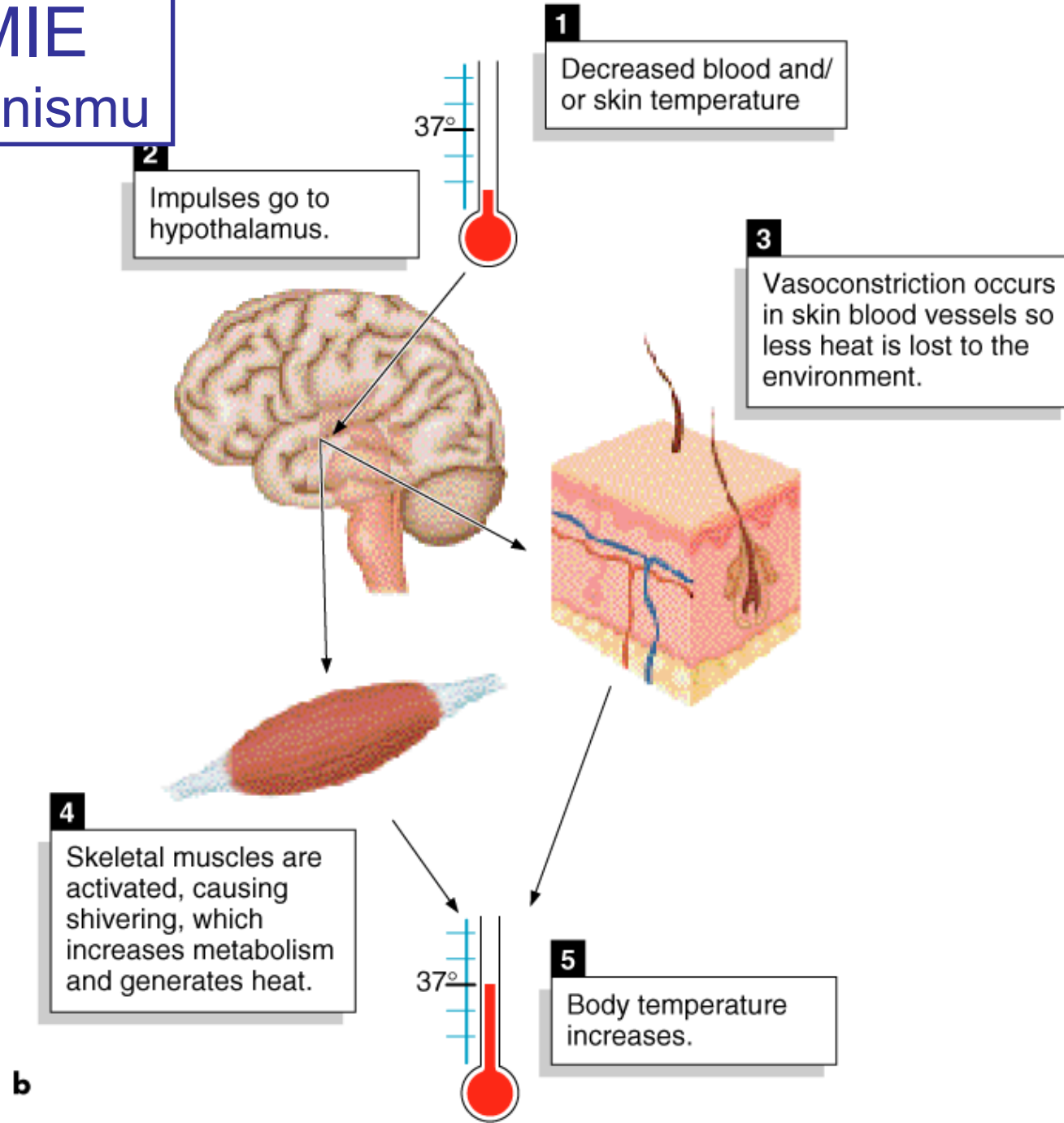
- *kritická teplota vzduchu pro člověka je udávána v rozmezí 22-27°C (kritická teplota vody 32-35°C)*
- *kritická teplota je nejnižší teplota okolí při které nahý člověk v klidu udržuje svoji tělesnou teplotu, aniž by zvyšoval metabolismus*
- *pro účinnou termoregulaci v chladu je velmi důležitý i celkový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



HYPOTERMIE

podchlazení organismu

Hypothermia



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*
- *piloerekce (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 alkoholem před odchodem do chladného prostředí: vasodilatace urychluje ztráty tepla a může dojít k podchlazení organismu*

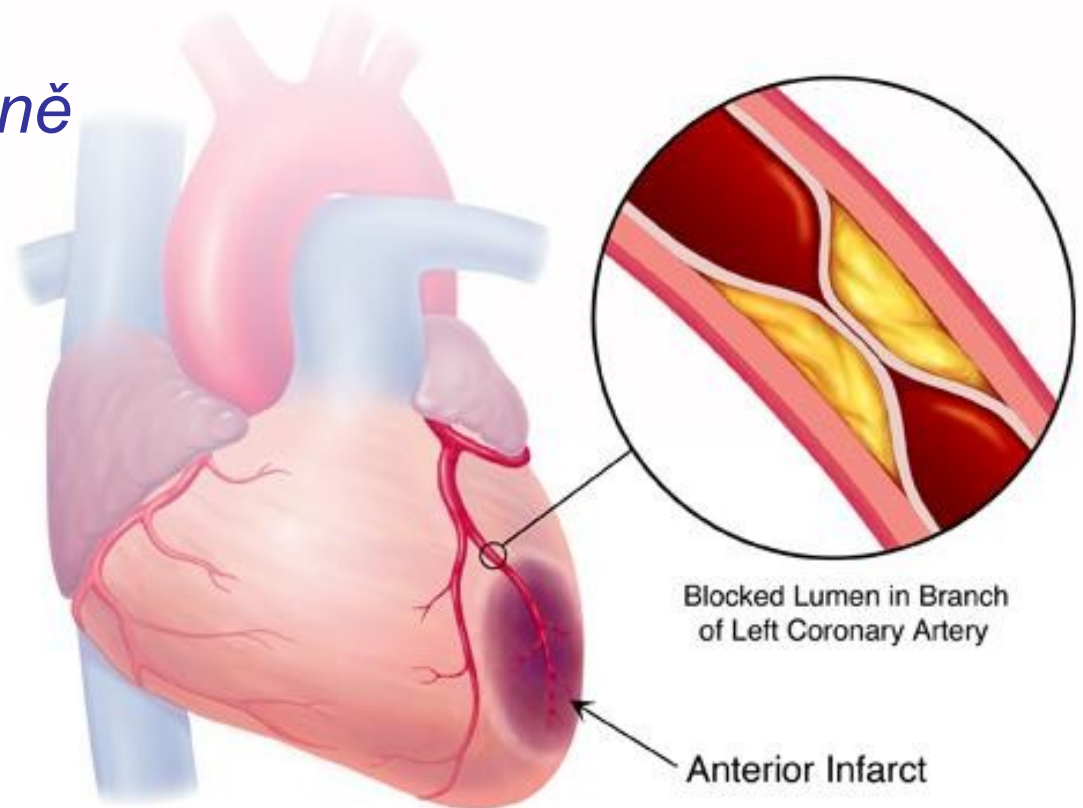
TERMOGENEZE (zvýšená tvorba tepla)

- *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*

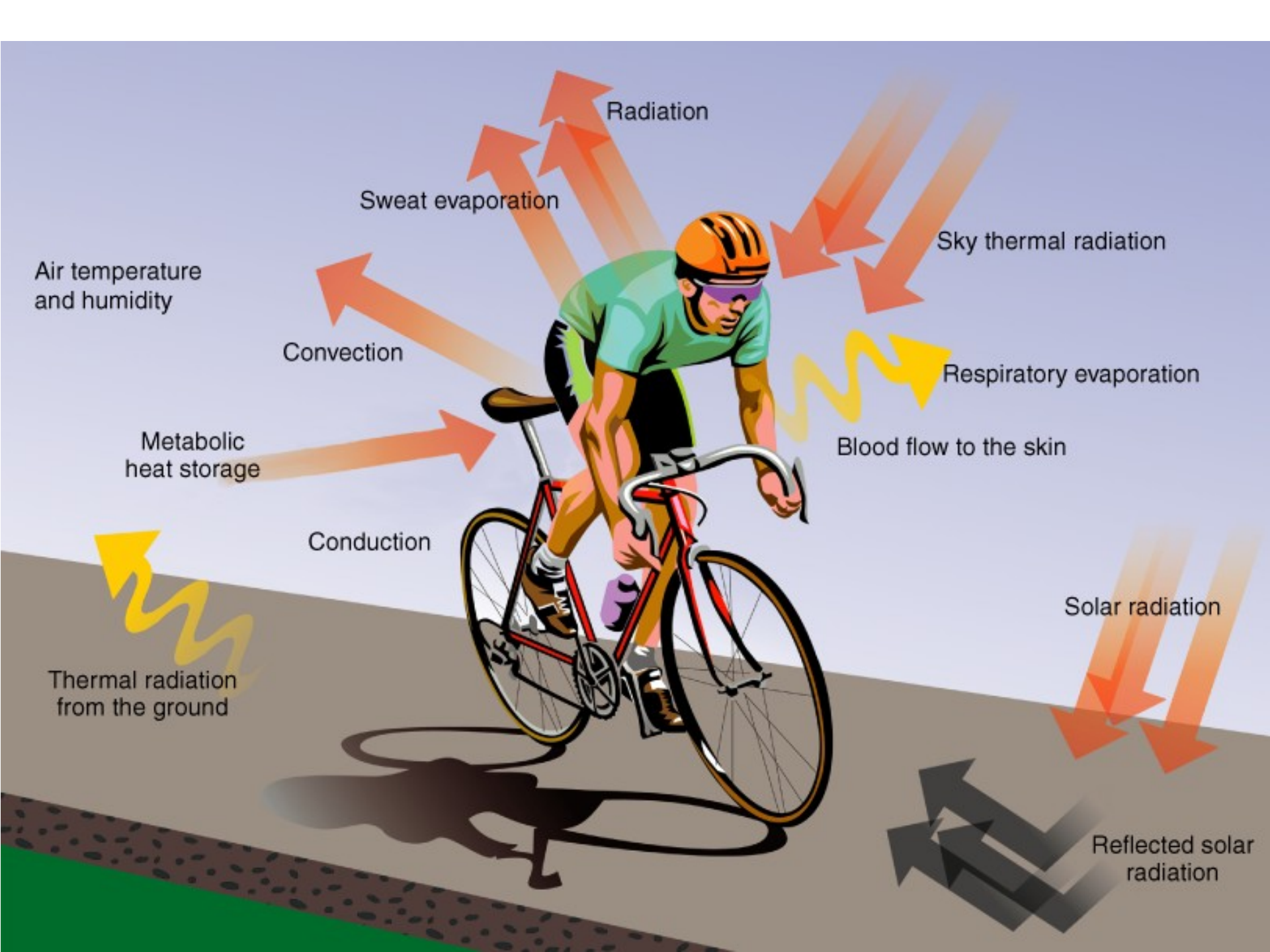


Termoregulace u dětí

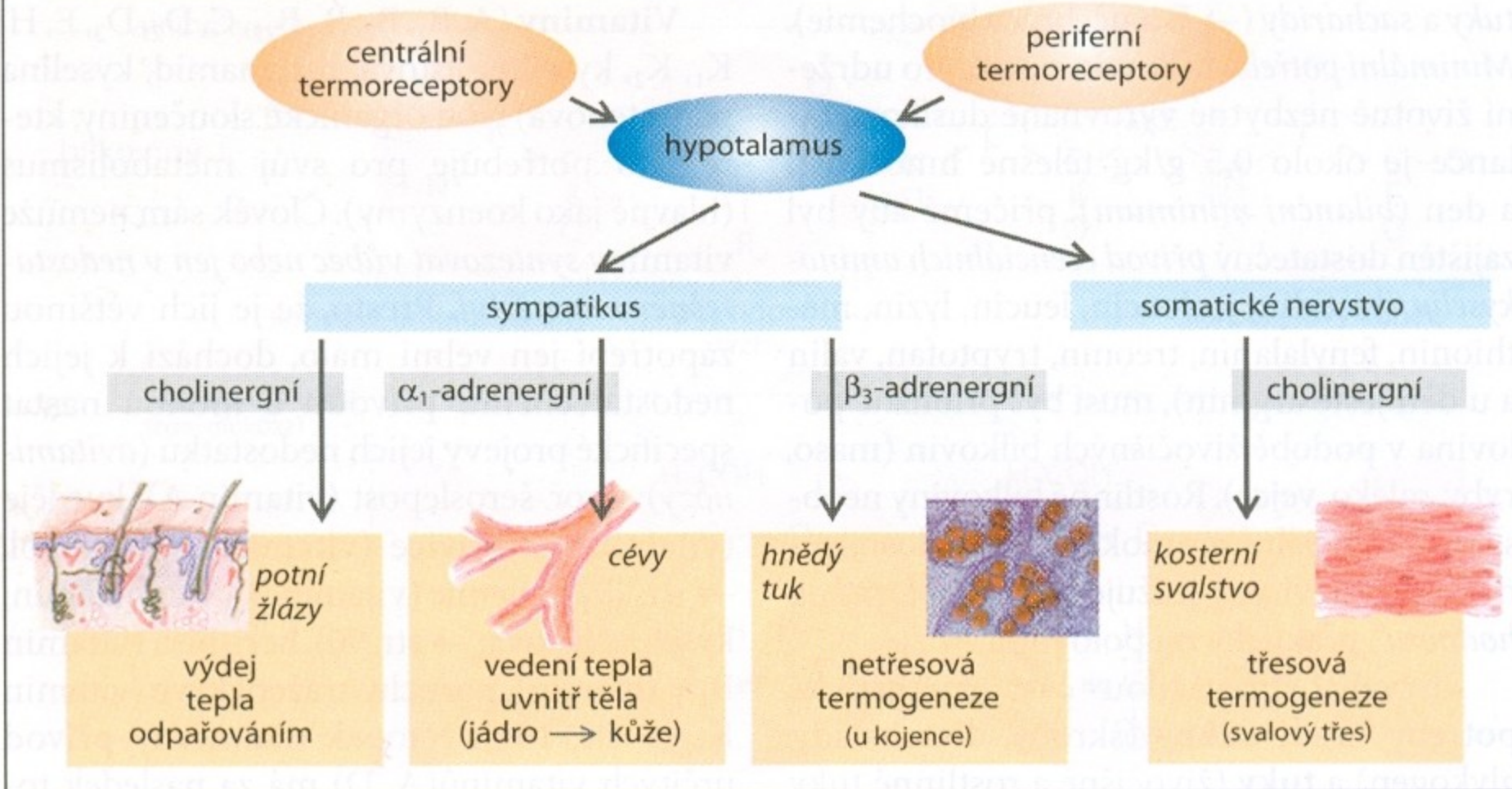
- *hlavní fyziologický rozdíl mezi dětmi a dospělými je v pocení*
- *děti mají sice relativně větší hustotu potních žláz než dospělí, ale jejich žlázy produkují méně potu, snad v důsledku nižší citlivosti na termální podněty*
- *tepelný stres je u dětí nebezpečnější než v dospělých především vzhledem 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*



D. Nervové řízení tepelné bilance organismu



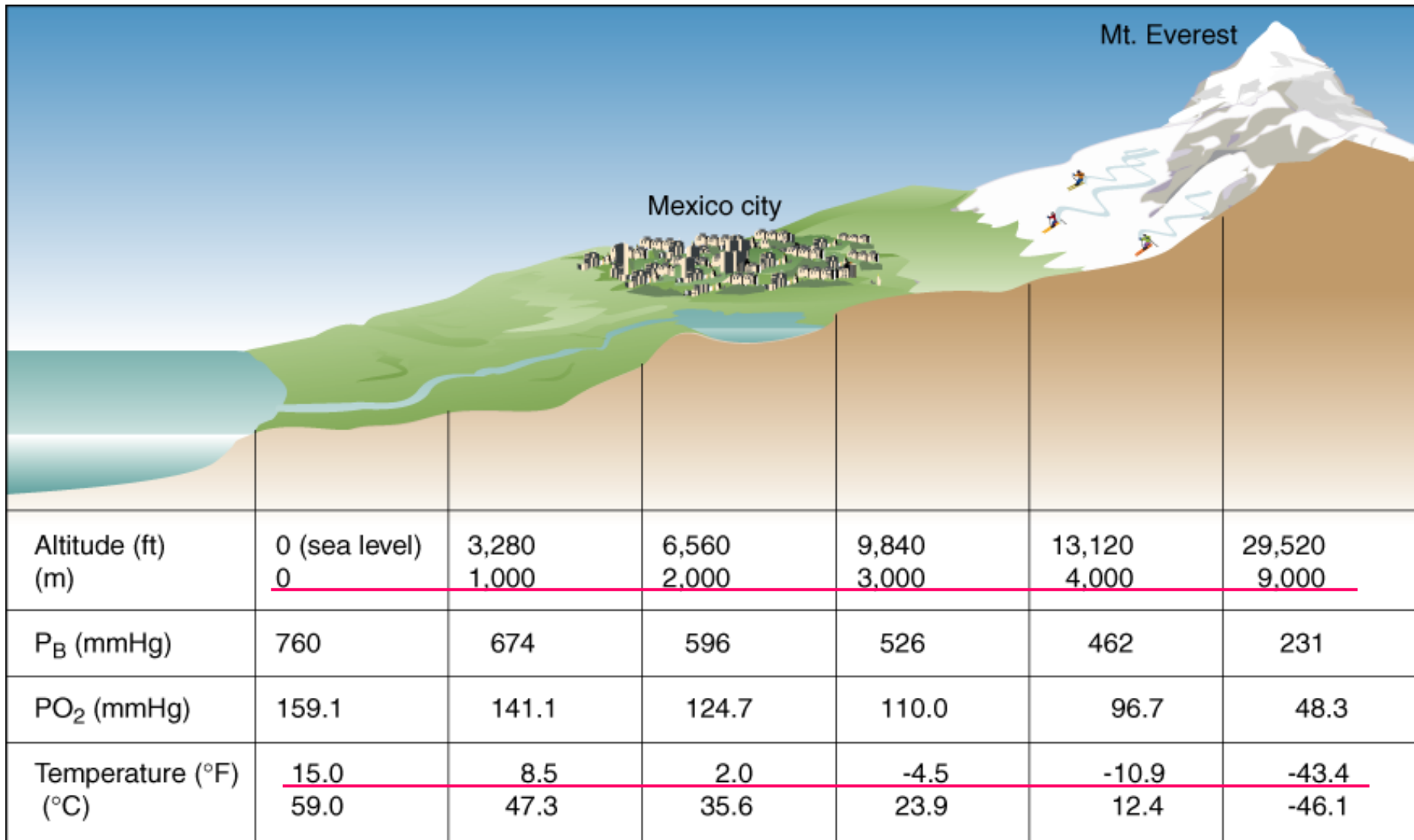
VYSOKOHORSKÉ PROSTŘEDÍ

- *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*

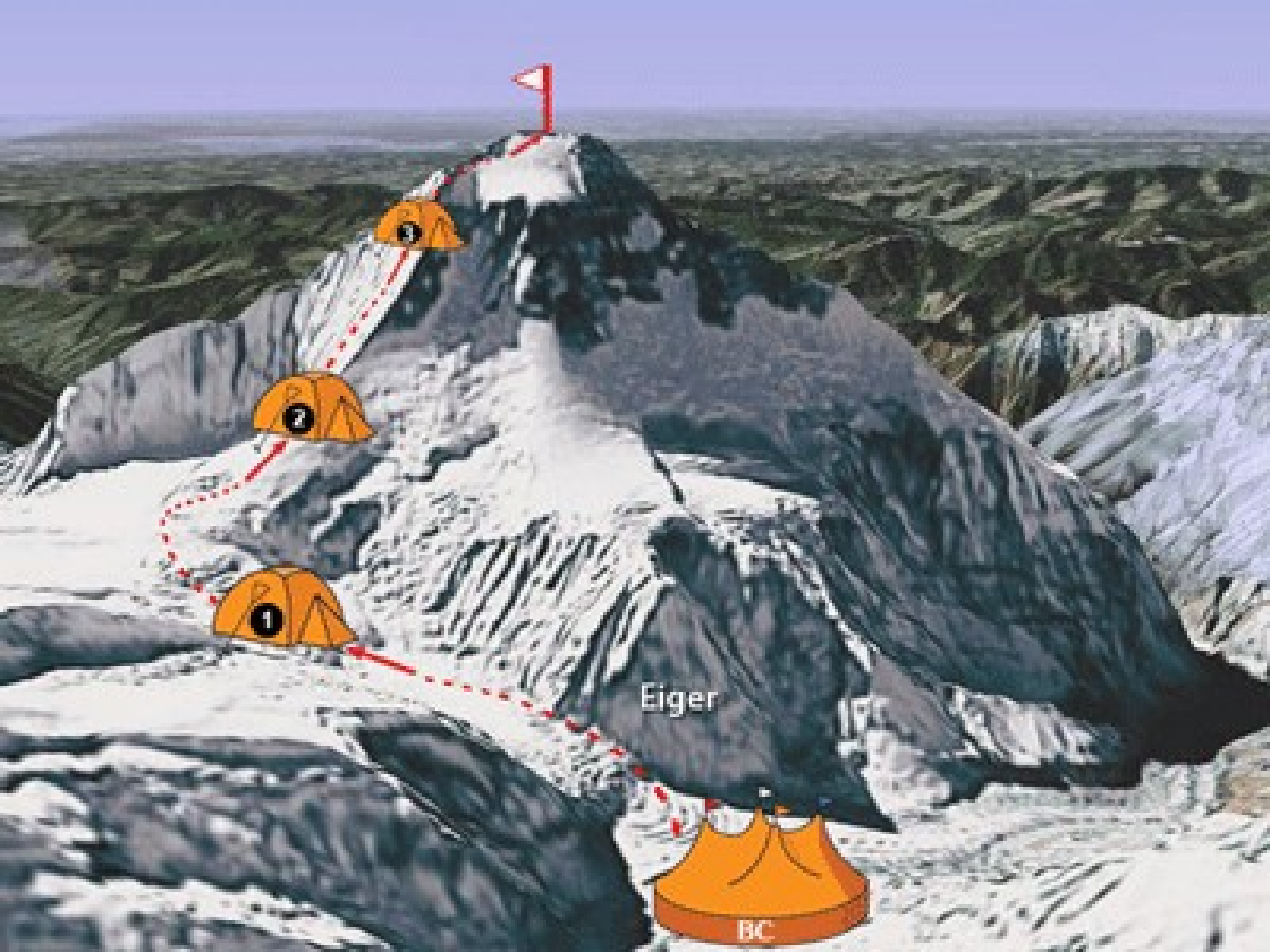
Fáze aklimatizace pobytu ve výšce

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

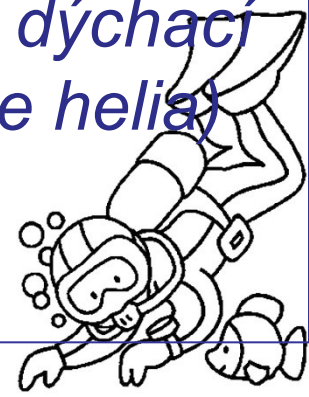
3

Aklimatizace

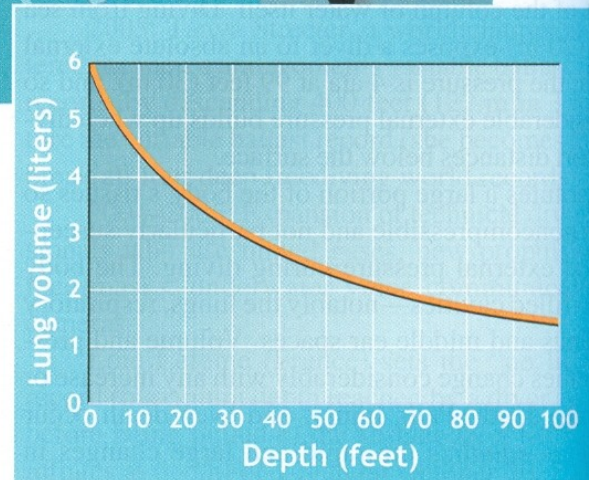
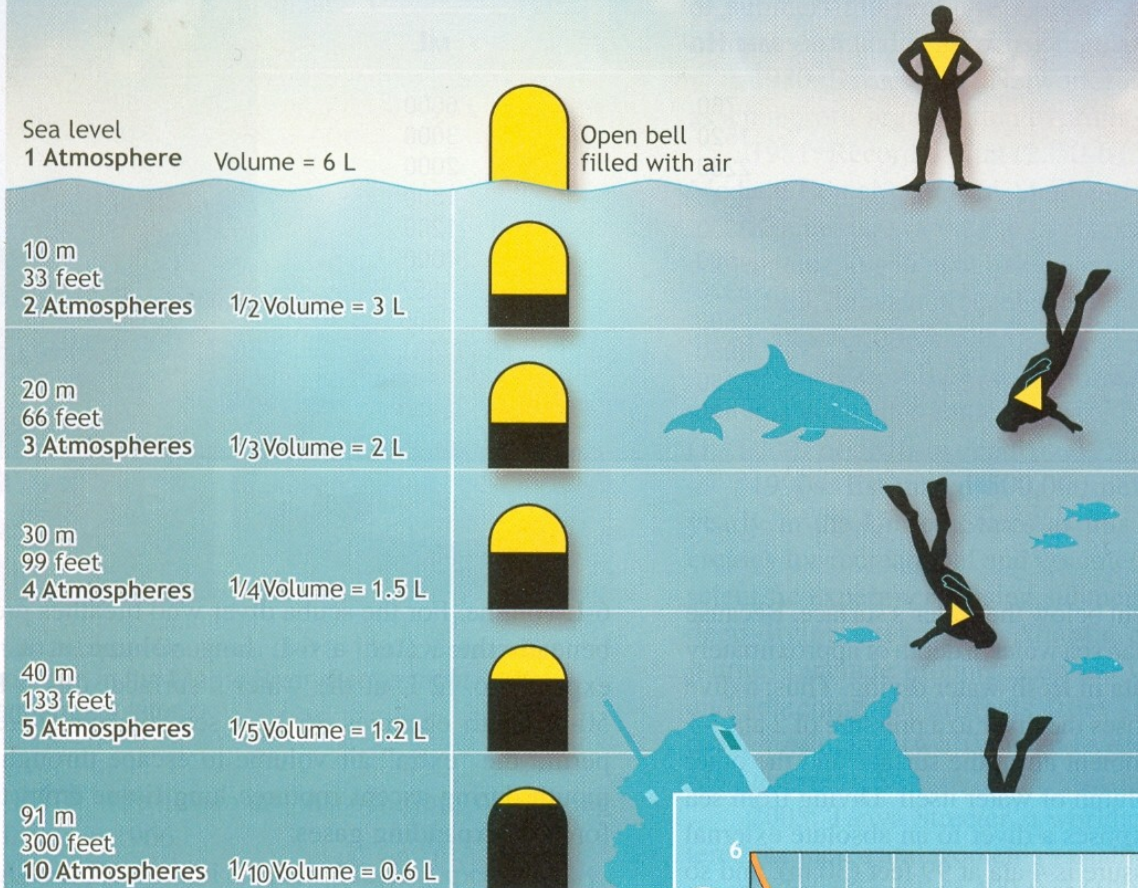
- *doba potřebná pro aklimatizaci je individuálně odlišná a závisí na rychlosti výstupu, dosažené absolutní výšce, překonaném relativním výškovém rozdílu a zdravotnímu stavu jedince, nikoli však jeho zdatnosti*
- *na výšku 3000 m je třeba se aklimatizovat 2-3 dny*
- *4000 m 3-6 dní*
- *5000 m 2-3 týdny*
- *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)*

POTÁPĚNÍ

- *nebezpečný je vysoký tlak*
- *pod vodou roste tlak o 1atm každých 10m*
- *tlak v každém vzduchem vyplněném prostoru těla musí sledovat změny okolního tlaku, jinak vznikne na stěně tohoto prostoru destruktivní tlakový gradient*
- *většina tělesných dutin nemá problém vyměňovat vzduch s okolím (např. střední ucho Eustachovou trubicí)*
- *potápěči do velkých hloubek používají speciální dýchací směsi, kde je doplněním inertního plynu (obvykle helia) parciální tlak kyslíku snížen*
- *aby plíce nekolabovaly, musí vdechovaná směs přicházet pod zvýšeným tlakem*

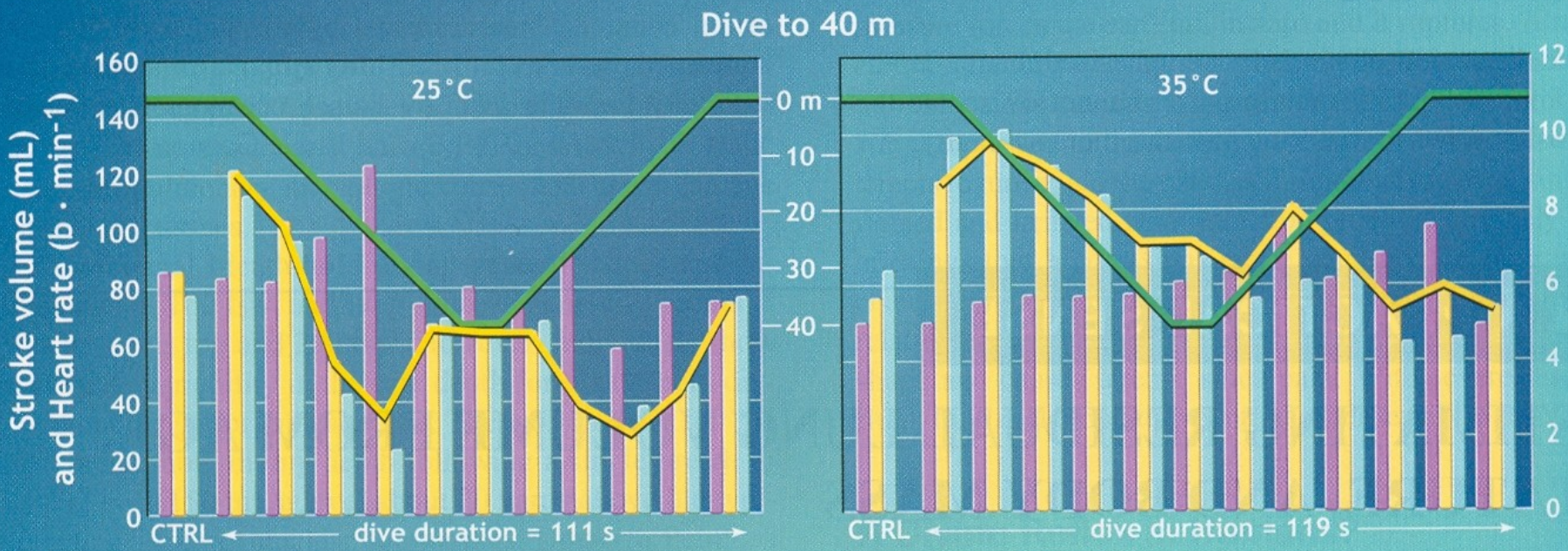


Boyle's Law Applied to Depth Versus Volume and Pressure



SNORKELING AND BREATH-HOLDING DIVING

Swimming at the water's surface with fins and snorkel provides a common form of recreation and sport fishing and exploring shallow reefs or shore-lined reefs. Snorkel allows the swimmer to breathe naturally with the face immersed in water. The swimmer typically takes a full breath of air and dives to explore the water's surface. After about 30 seconds, the swimmer surfaces and breathes.

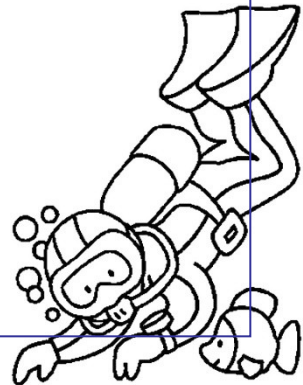


Stroke volume Cardiac output Heart rate

Figure 26.2 **A.** Heart rate, stroke volume, and cardiac output for an elite breath-hold diver throughout a dive to 40 m in warm (35°C) and cool (25°C) water. *Green line*, diving depth in relation to time; *yellow line*, cardiac output throughout the dive; *CTRL*, control measures prior to dive. **B.** Electrocardiographic tracing showing longest R-R interval during the dive in 25°C water. (*), QRS complex during the dive. (From Ferrigno M, et al. Cardiovascular changes during deep breath-hold dives in a pressure chamber. *J Appl Phys* 1997;83:1282.)

Potápění

- *zvýšený tlak zvyšuje hustotu plynu, proto ve 4 atm je třeba 2x větší práce dýchacích svalů na pohyb vzduchu dýchacími cestami*
- *to může vést k zadržení CO₂ (stejně jako zadržování dechu kvůli ušetření kyslíku) a potenciálně až k bezvědomí*
- *je to lepší při použití He místo N₂, protože má nižší hustotu*



Potápění

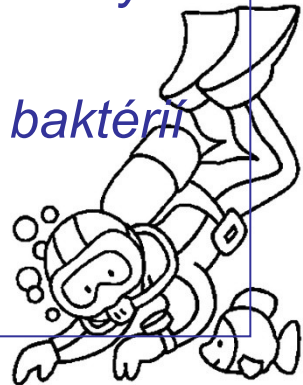
- vysoké PO_2 (např. v 40 m, 5 atm, je PO_2 při dýchání 21% O_2 podobné jako má 100% O_2 při 1 atm) (a to se lidi běžně potápějí i hloubš):
 - tvorba O_2 radikálů prudce roste a přemůže buněčnou obranu
 - námaha to zhoršuje

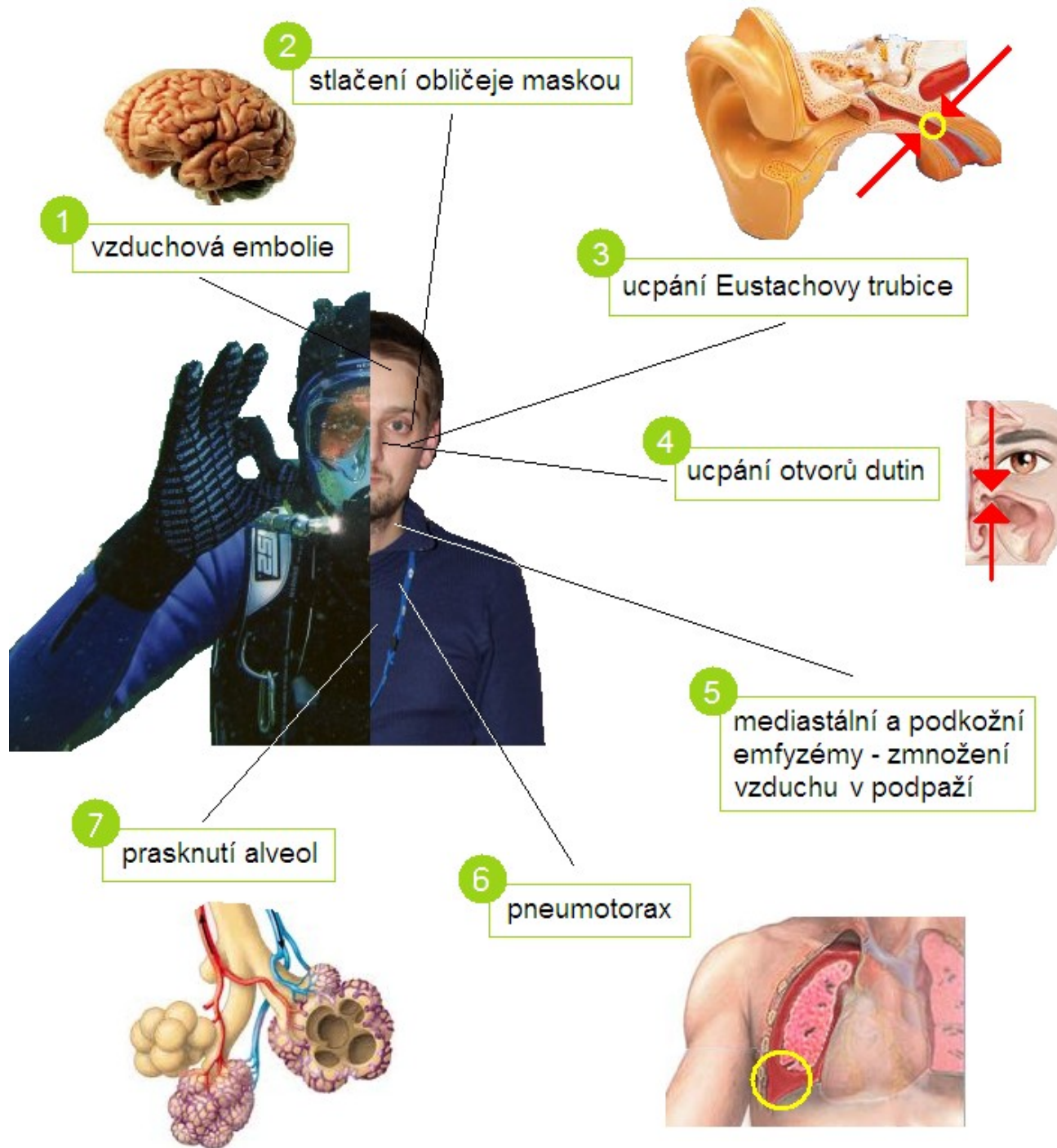
60% O_2 při 1 atm: OK i dlouho (dospělí)

PO_2 nad 760 mmHg (100% O_2 při 1 atm) faryngitida, tracheitida po ~8 hod pak dyspnoe, zhoršená mentální aktivita

100% O_2 při >1.7 atm: podrážděnost, nausea, závratě, svalové záškuby a křeče, poruchy vidění, disorientace, bezvědomí

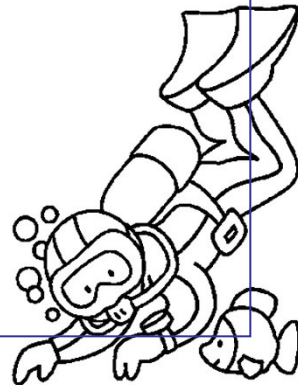
při delší (léčebné) expozici těžké plicní poškození (třeba na zabití bakterií vysokým PO_2 při lepře)





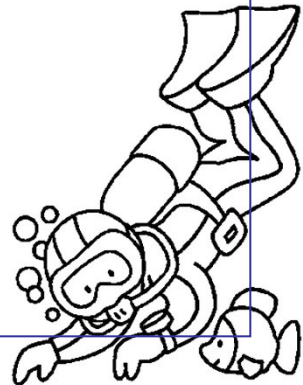
Potápění

- dusíková narkóza: dusík při vysokém tlaku má účinky podobné alkoholu - žovialita, bezstarostnost, malátnost (většina potápěčů si poprvé uvědomí při cca 4-5 atm); důvody nejsou jednoznačně známy, asi rozpuštěním v buněčných membránách neuronů mění jejich vodivost (snižuje dráždivost); předejde se tomu použitím He místo N (5x menší narkotický účinek)



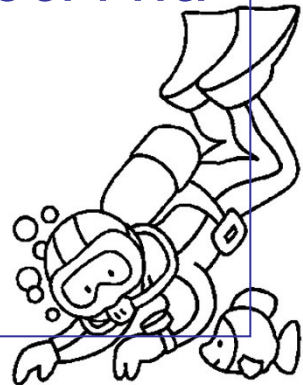
Potápění

- dekompresní (kesonová) nemoc: při vynořování tvorba bublinek v krvi a tkáni supersaturovaných plynem rozpuštěným během expozice vysokému tlaku (analogie s otevřením šampusu)
 - bolesti svalů, kloubů, v horších případech paralýza, kolaps, bezvědomí; dyspnoe, plicní edém
 - až po delší expozici (několik hodin), protože dusíku při jeho špatné rozpustnosti to trvá dlouho, než saturuje tělesné tekutiny a zejména málo vaskularizovaný tuk (v němž se ho díky vyšší rozpustnosti rozpouští nejvíc)
 - pohyb to zhoršuje (jako zatřesení šampusem)
 - He mnohem lepší než N_2 , protože se mnohem hůř rozpouští



Potápění

- *léčba: rekompresa a velmi pomalá dekomprese v hyperbarické komoře, lze zrychlit hyperbarickým O_2 nedodává se žádný další N_2 zvýšený gradient N_2 mezi bublinkami a okolím zvýšená difuze O_2 do ucpaných oblast*
- *prevence: pomalé vynořování*
- *při delším období hlubších ponorů někdy potápěči i na povrchu žijí v přetlakových nádržích*



Potápění

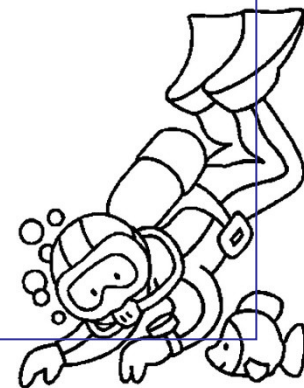
- *Použití He místo N_2 :*

nižší hustota -> menší dechová práce -> menší zadržetí CO_2

-> vyšší hlas -> možné problémy s komunikací

menší rozpustnost -> menší narkotický účinek -> menší dekompresní choroba

vyšší tepelná vodivost -> riziko podchlazení



Potápění

- *Vysokotlakový nervový syndrom (HPNS):*

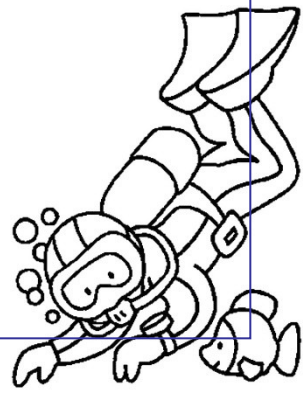
pod 130 m

Hyperexcitace nervů tlakem

třes rukou nausea, závratě

Horší při rychlejším ponořování

Omezují to tlumivé účinky N_2

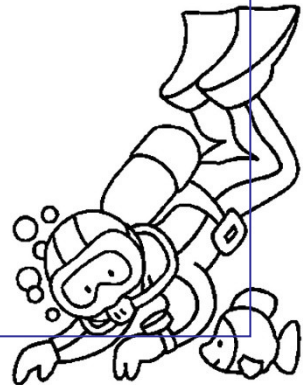


Potápění

- *Barotrauma:*

Změnou objemu plynu tam, kde se nevyrovná tlak s okolím:

- *nosní dutiny*
- *zubní kazy*
- *střední ucho (při ucpání Eustachovy trubice)*
- *střevní plyny*
- *alveoly (pokud se při vynořování nevydechuje)*



Potápění - HYPOXIE

- *nedostatek O_2 ve tkáních neboli hypoxie je stav, při němž tkáně nedostávají popřípadě neodebírají dostatečné množství O_2*
- *může vzniknout z různých důvodů, vyvolaných příčinami na cestě, kudy se dopravuje O_2 do tkání*

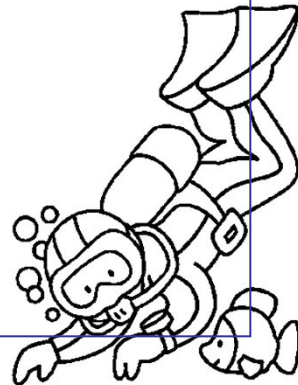
Zejména to může být:

- *zástava nebo omezení ventilace plic*
- *nedostatek O_2 v dýchací směsi*
- *nemoci plic, které zabraňují difúzi kyslíku z plicních sklípků do krve*
- *stav krve, zabraňující patřičnému přenosu O_2 (např. otrava CO, nedostatek červených krvinek)*
- *poruchy krevního oběhu*
- *otravy zabraňující buňkám patřičně využívat O_2 , který dostávají*



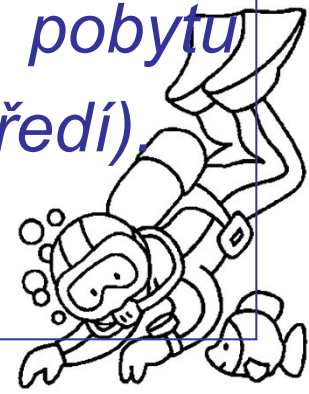
Potápění - TOXICITA

- *přebytek CO_2 ve tkáních, neboli hyperkapnie, může při potápění nastat buď v důsledku zvýšené hladiny CO_2 v těle nebo v dýchací směsi, a to z následujících příčin:*
 - *nedostatečná ventilace plic*
 - *zvýšená tvorba CO_2 při práci (usilovné plavání apod.)*
 - *špatná funkce pohlcovače CO_2 u přístroje s uzavřeným nebo polouzavřeným okruhem*
 - *znečištění dýchací směsi CO_2*



Potápění - HYPERVENTILACE

- *při hyperventilaci je výdej kyslíčnicku uhličitého z těla vyšší než jeho tvorba, jeho celkové množství v těle se snižuje*
- *při potápění se s tímto stavem setkáváme v několika různých situacích*
- *volní hyperventilace provádějí často nedostatečně informovaní potápěči jako prostředek k prodloužení doby ponoru při potápění na nádech*
- *hyperventilace emoční se často vyskytuje při pobytu pod vodou u začátečníků (stres z vodního prostředí).*



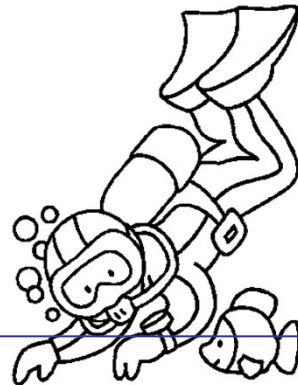
Potápění - HYPERVENTILACE

- *důsledkem hyperventilace je ve všech případech snížení množství kyslíčnicku uhličitého ve sklípkovém vzduchu, v krvi a při delším trvání i ve tkáních*
- *fyziologickým důsledkem poklesu hladiny CO₂ je oslabení činnosti dechových center*
- *již po 2 – 3 minutové hyperventilace vymizí na určitou dobu podněty k dýchání a člověk ztrácí potřebu dýchat*
- *před dosažením normální hladiny CO₂ působí jako dechový podnět nedostatek kyslíku, tento se však uplatňuje až při jeho značném úbytku. Nezřídka se stává, že takový ponor končí bezvědomím z nedostatku kyslíku.*



Potápění

- *není dovoleno potápět se kardiakům, alergikům, jejichž alergie ovlivňuje dýchání*
- *potápěč by před ponorem neměl zatěžovat trávicí systém, tzn. nejíst 2 hod před ponorem*
- *Free-diving: při zadržení dechu klesá SF asi o 5 až 7%, po ponoření obličeje do vody se SF sníží okamžitě až o 20% - diving reflex*

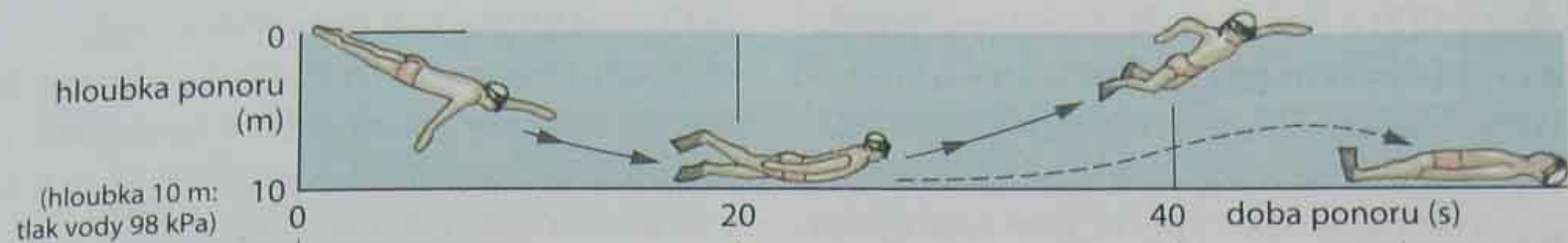


DIVING REFLEX

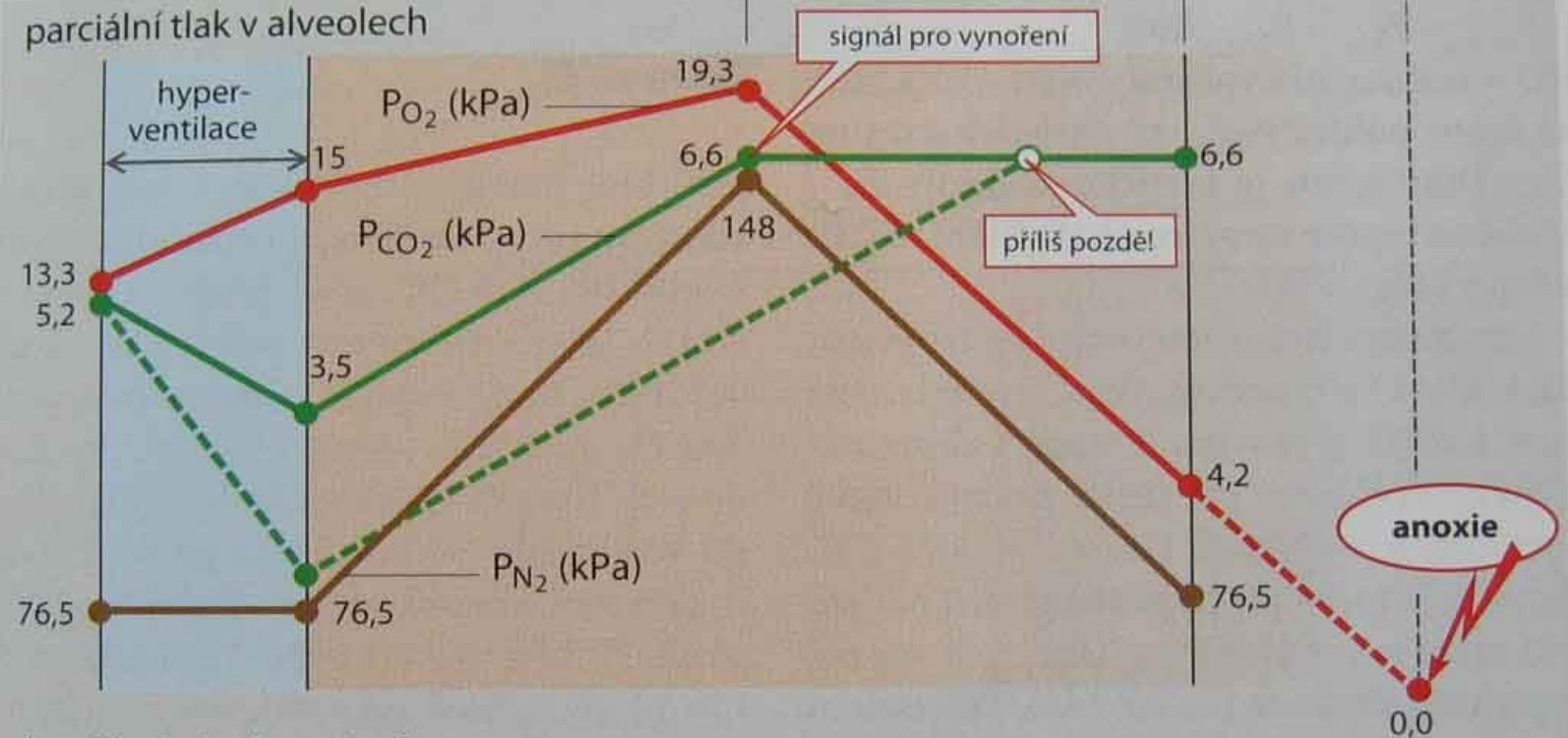
- při ponoření dojde ke snížení srdeční frekvence (o 10 - 40%)
→ srdce tepe pomaleji a organismus spotřebuje méně O_2
- dochází k němu po prudkém ochlazení povrchu těla, zvláště obličeje, apnoe
- přirozená reakce organismu, kdy se podráždí receptory kůže obličeje, ztíží se venózní návrat při apnoe, nervus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



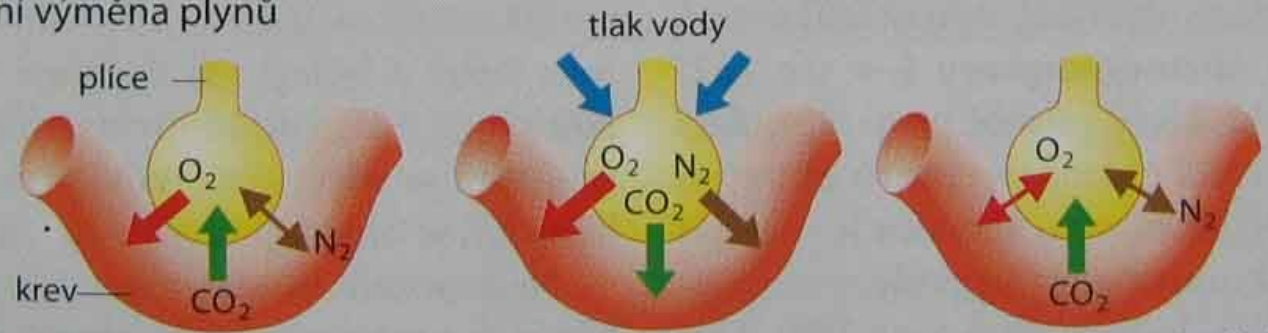
७



parciální tlak v alveolech



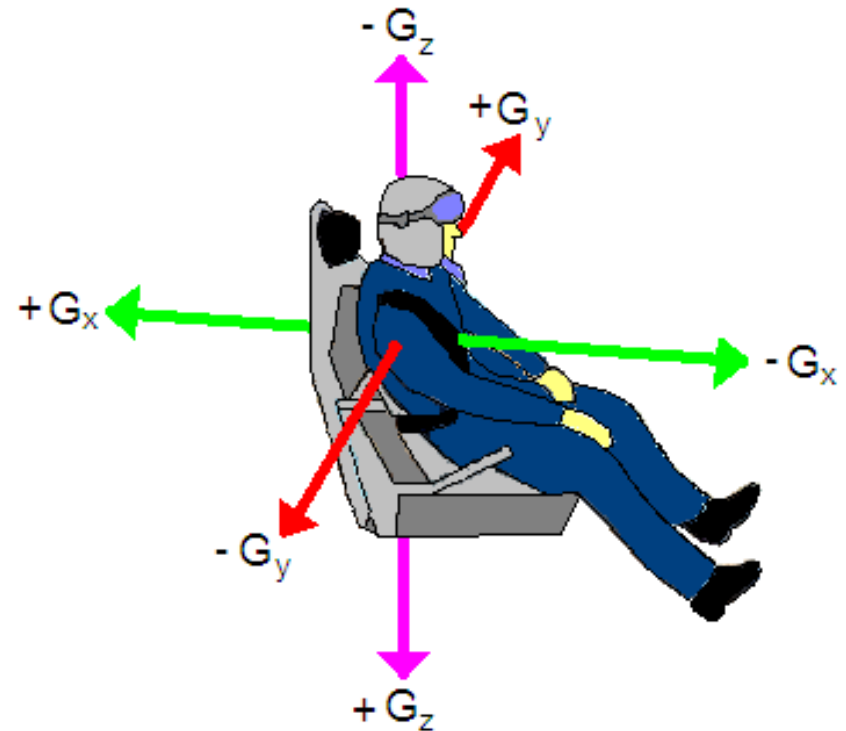
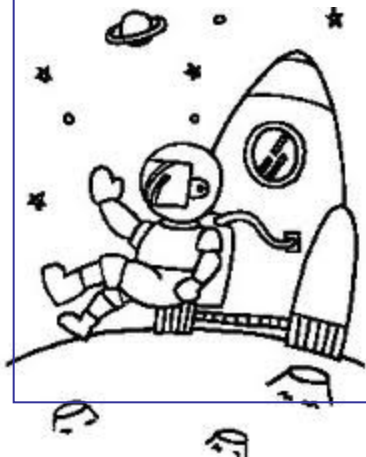
alveolární výměna plynů



(podle Honga a spol.)

Gravitační přetížení

- *bouračky, pády z výšky, rakety (3-8 G), letadla*
- *G = násobek normálního gravitačního přetížení*
- *pozitivní přetížení ve směru od hlavy k nohám, negativní opačně*



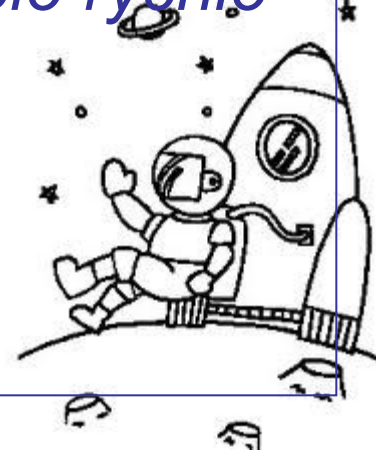
Gravitační přetížení

- Pozitivní podélné G: člověk vydrží v sedě 4 G asi 40-50 sec, 15-20 G asi 1 sec (ve stoje míň)
- při 2 G těžké končetiny, hůře se ovládají
- při 3-4 G nedaří se udržet vzpřímenou polohu, udržet otevřené oči je namáhavé, stejně jako dýchání
- při 4-6 G blackout (zatemnění) za několik vteřin
- 20 G fraktura obratlů
- při +5G je tlak v žilách nohou 450 mmHg, to je hodně - dilatuje, drasticky brzdí žilní návrat, proto tlak krve klesá k ~20 mmHg (přechodně, pak to částečně upraví baroreceptory), odkrvuje se mozek a sítnice- zšednutí zorného pole až ztráta vidění ("black-out")
trochu pomáhá anti-G oblek (tlačí vodou na nohy a břicho)
- ale nezabrání posunu srdce a bránice směrem k břichu
- Trénink: komprese břicha předklonem a stahem břišních svalů; zvýšení nitrohrudního tlaku



Gravitační přetížení

- Pozitivní příčné G: největší tolerance G je vleže (10-17 G až 3 min)
- nejvíce namáháno dýchání, hypoventilace
- Negativní G (hlavně při letecké akrobacii) - snáší se hůř než pozitivní
- vysoké tlaky v mozkových cévách
- nával krve do sítnice, zčervenání zorného pole rychle následované ztrátou vidění ("red-out")
- otok obličeje, nebezpečí krvácení do mozku



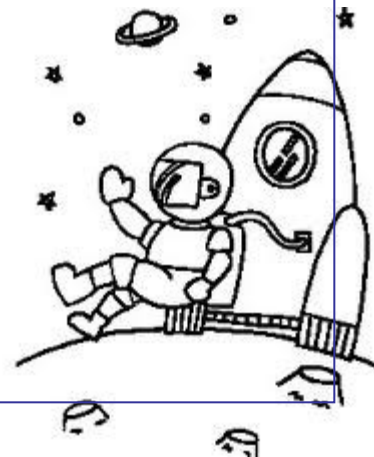
Stav beztlže

Hlavní vlivy působící při vesmírném letu:

- přetížení při startu a návratu
- beztlže
- radiace (ta ale třeba při letech Appolo byla menší než při rtg vyšetřeních; při delších letech horší)

Tři hlavní problémy s beztlží:

- vnímání gravitace
- přesuny vody
- kosti a svaly



Stav beztlíže – vnímání gravitace

- *gravitace se nepociťuje jako volný pád - k tomu pocitu asi patří i vizuální podněty a vnímání proudu vzduchu kolem padajícího*
- *syndrom adaptace na vesmír - forma mořské nemoci z nesouladu mezi vizuálním, taktilními a gravitačními vjemy:*
 - *začíná po hodině až dvou dnech letu, může přetrvávat až 4 dny*
 - *asi u 50% astronautů*
 - *nechutenství, pocení, nevolnost, závrať, bolest hlavy,*
poruchy soustředění, nevolnost, zvracení
 - *odeznívá spontánně*



Stav beztlíže – přesun vody

- *voda se přesunuje zdola nahoru (hlava, hrudník)*
- *každá noha ztrácí asi litr tekutiny - 10% objemu - během prvního dne*
- *napomáhá tomu zvětšení objemu hrudníku v důsledku ztráty jeho váhy*
- *otok obličeje, nosní kongesce, "rýma" po celou dobu beztlíže*
- *větší objem krve v hrudníku zvyšuje tepový objem a srdeční výdej, ten ale posléze klesá protože neaktivní svaly ho méně potřebují*
- *objem plasmy tím rychle klesá o 10-20% a zůstává tak po celou dobu beztlíže*
- *normalizuje se poměrně rychle po návratu, nejdřív ale bývá ortostatická intolerance (pokles tepového objemu ve stoje protože snížený objem krve se přesunuje do nohou)*



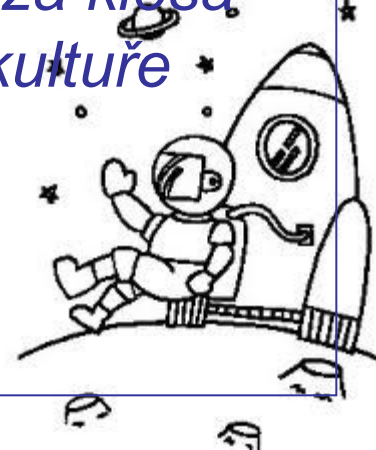
Stav beztlíže – přesun vody

- *dehydratace tkání*
- *zvláštní forma anémie (objem erytrocytů klesá o 15% za 2 týdny, i když po 2 měsících se může téměř normalizovat):*
 - *dehydratace vede nejdříve k relativnímu nadbytku erytrocytů, to zastaví erytropoézu*
 - *krvinky jsou dokonce ne zcela jasným způsobem odbourávány*
 - *hematokrit po návratu nejdříve dále klesá (protože se normalizuje objem plasmy), pak se během několika týdnů normalizuje*
- *snížený objem krve - menší nároky na srdce - zmenšuje se velikost a výkonnost srdce.*
 - *normalizace během pár týdnů po návratu*
- *tyto změny se omezují cvičením a zvýšeným příjmem vody*



Stav beztlíže – kosti a svaly

- *kosmonauti "povyrostou", protože na páteř nic netlačí směrem dolů*
- *ztráta asi 1-1.5 % kostní hmoty (a kalcia) za měsíc po celou dobu letu, cvičení to nezastaví, jen trochu zpomalí, zastavuje se až asi měsíc po návratu, neví se zatím, jestli je zcela reverzibilní*
- *osteolýza zvyšuje Ca_2^+ v plazmě, to zvyšuje riziko ledvinových kamenů*
- *svaly atrofují a předělávají se z pomalých (na podporu váhy těla) na rychlé, ubývá myosinu, proteosyntéza klesá (přímý vliv beztlíže - i jednotlivé svalové buňky v kultuře*
- *ve svalech ubývá cév a nervových zakončení*



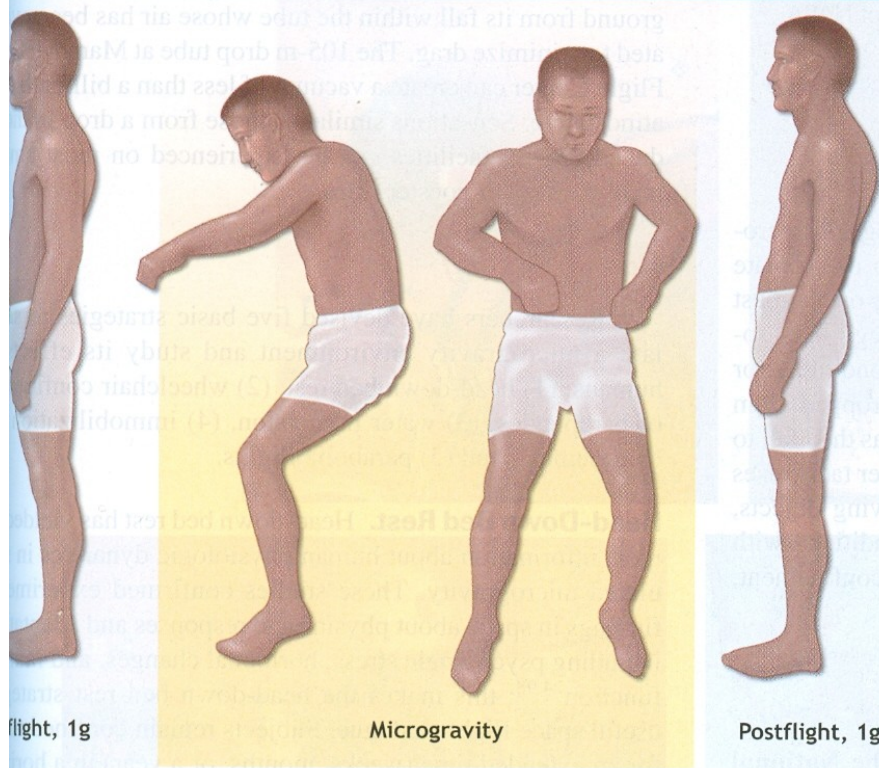
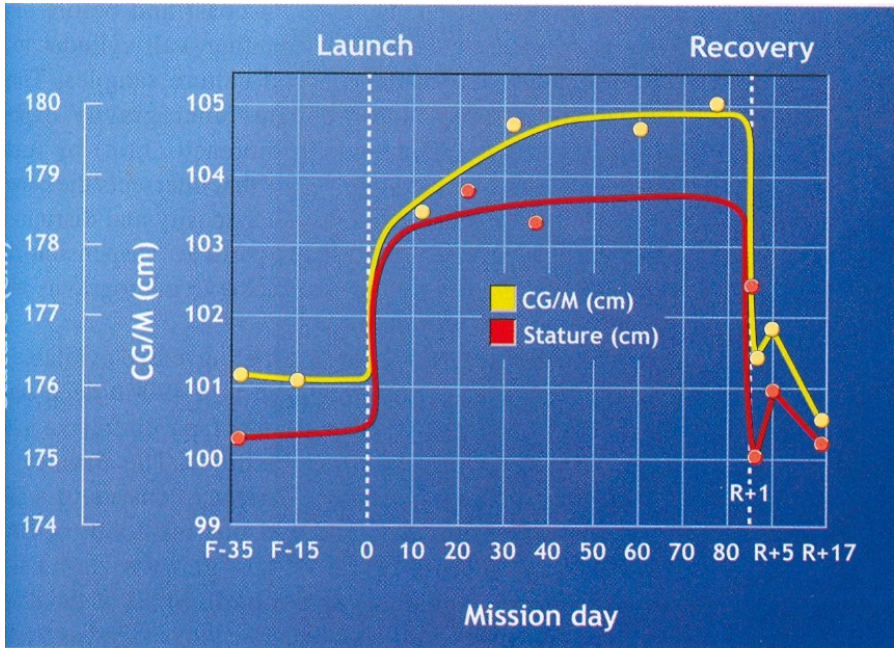
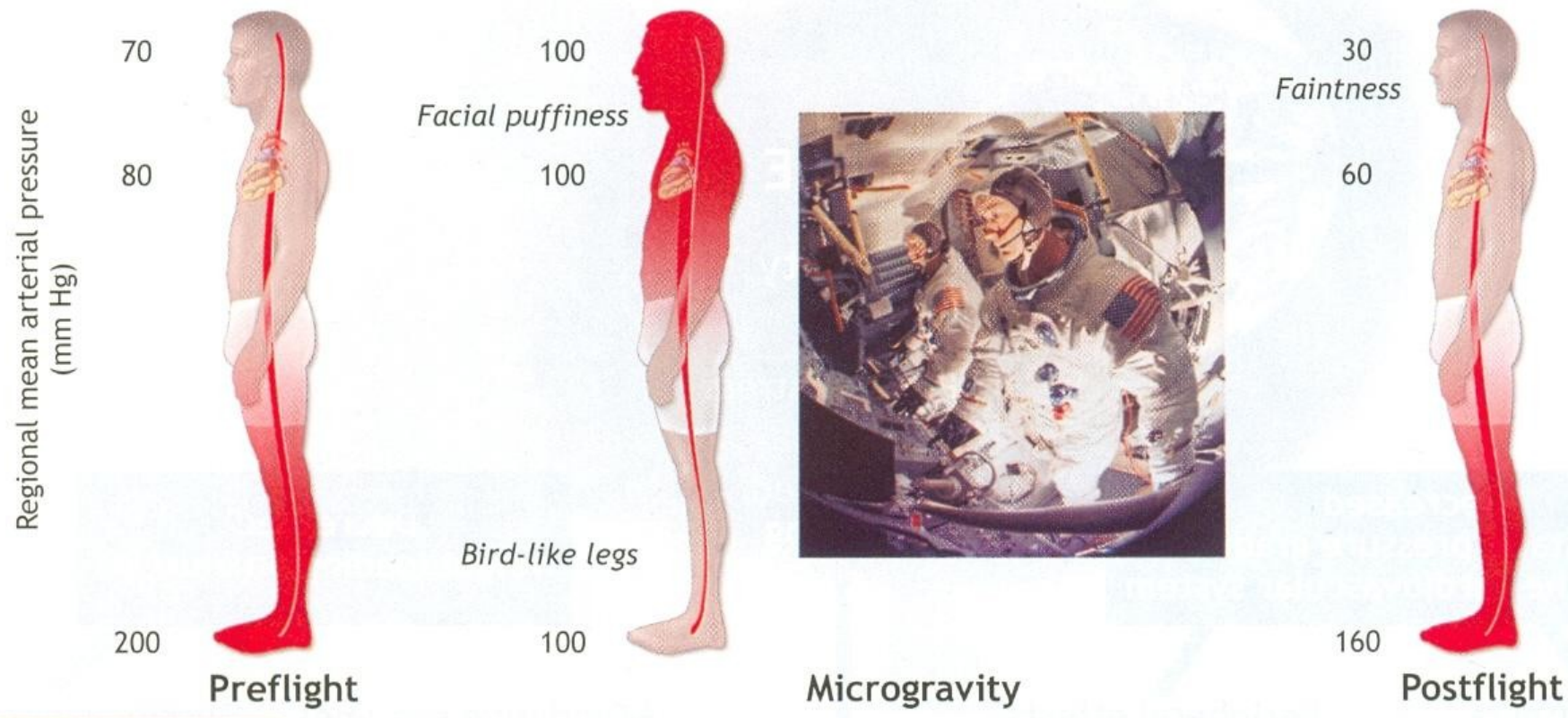


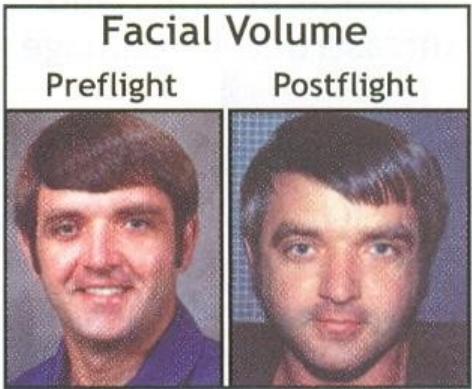
Figure 27.3 Top. Change in the center of gravity/mass (CG ÷ M) and stature before (F), during an 84-day Skylab 4 mission, and 17 days postflight (R). Bottom. General changes in posture under conditions of Earth's gravity (1g) and microgravity. (From Thornton WE, et al. Anthropometric changes and fluid shifts. In: Johnson RS, Dietlein LF, eds. Biomedical results from Skylab. NASA SP-377. Washington, DC: Government Printing Office, 1977.)

Figure 27.4 Astronaut Jack Lousma in the hot bath in the crew quarters of the Skylab station. Deploying the shower facility, the shower cabin the floor and attached to the ceiling. The water push-button showerhead connected to a vacuum system drew off the water. (From Johnson RS, Lyndon B. Johnson Space Administration, 1977.)

Microgravity (Loss of Hydrostatic Gradient)

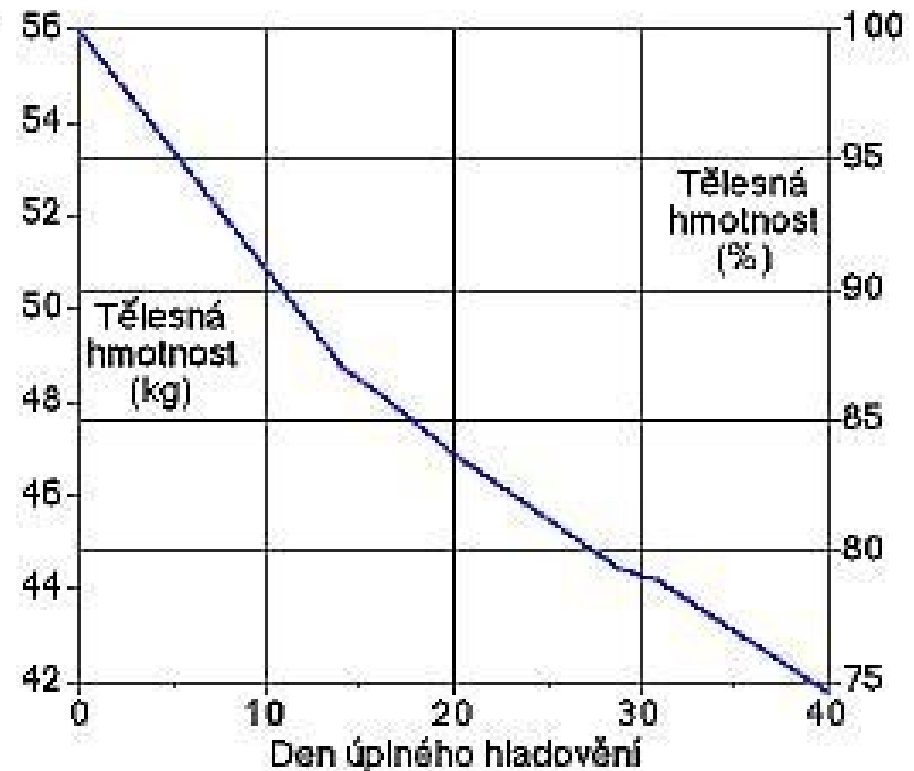
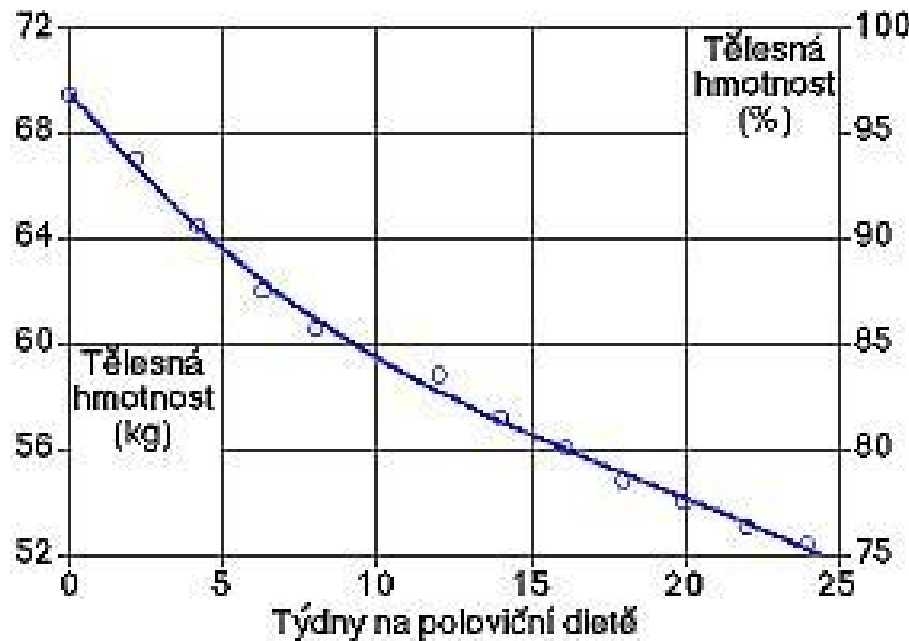


Microgravity



HLADOVĚNÍ

- *částečné -- úplné -- jen některé složky (např. válka, dobrovolně, nemoc, třetí svět)*



HLADOVĚNÍ

- *člověk přežije úplný hlad 17-74 dní (dost záleží na teplotě prostředí)*
- *ženy odolnější (mají víc tuku) (74 dní je rekord)*
- *snížení aktivity, apatie*
- *snížení celkového metabolismu (změněním aktivních orgánů, např. jater, snížením tyroxinu)*
- *ubývání tuku (ale nezmizí nikdy úplně všechno)*
- *rychlý úbytek (poměrně malých) zásob cukru*
- *počáteční úbytek váhy je hodně (~50%) úbytkem vody v důsledku ztráty elektrolytů vyvažujícímu ztráty proteinů*
- *projevy nedostatku vitamínů*

HLADOVĚNÍ

- *bradykardie (z 55 na 37 tepů/min)*
- *hypotenze (systol. z 106 na 95 mmHg)*
- *snížený srdeční výdej (až o 45%!)*
- *podstatně snížená aktivita hypofýzy (pseudohypofysektomie) a proto i závislých endokrinních žláz, méně thyroxinu*
- *snížená tělesná teplota (0,5-10°C), zvýšená citlivost na chlad*

HLAD A ŽÍZEŇ

- *v extrémních podmínkách může člověk rychle dehydratovat, přehřát a zemřít už za několik hodin*
- *při zátěži v horách přežije člověk bez jídla několik dní (3-5)*

