



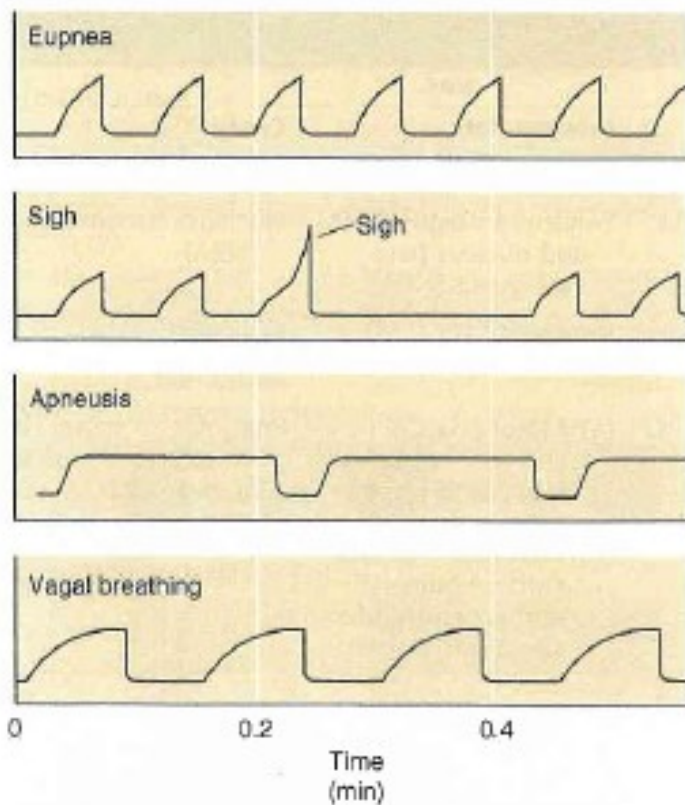
***Dýchání za různých  
podmínek***

# Periodické dýchání

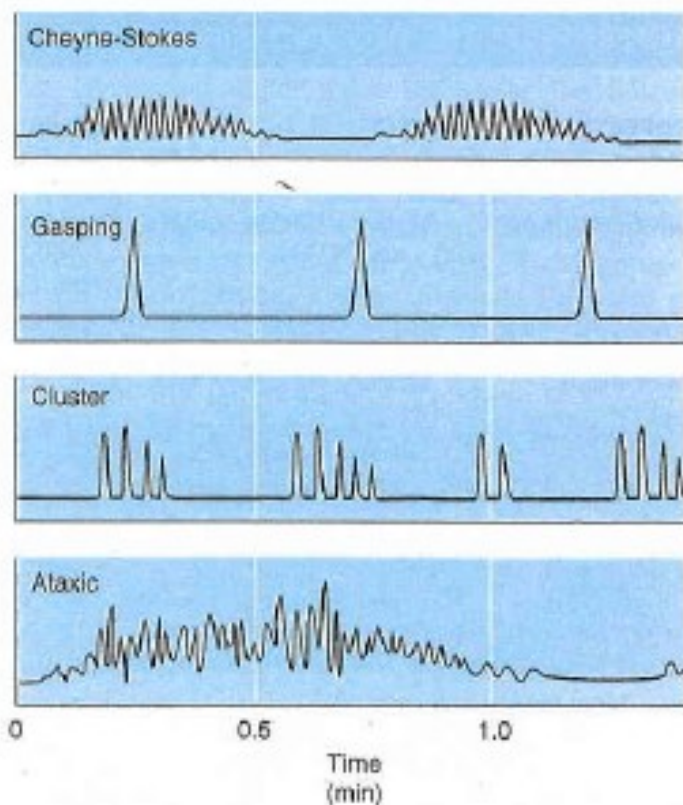
- Není pravidelné, rytmické, ale dýchání probíhá v periodách („chvilku se dýchá, chvilku se nedýchá“)
- **CHEYNE-STOKESOVO** dýchání
- **BIOTOVO** dýchání
- **Lapavé** dýchání („gasping“)
- **KUSSMAULOVO** dýchání u diabetického komatu

- **Apneusis**
- **Asfyxie**
- **Zívnutí – povzdech** – výrazné zvětšení objemu hrudníku a dechového objemu, slouží k otevření kolabovaných alveolů, krátkodobě zvyšuje okysličení krve

**A INTEGRATED PHRENIC NERVE ACTIVITY**



**B LUNG VOLUME**



# Regulace dýchání při zátěži

- Změna ventilace bezprostředně po začátku svalové práce = kombinace chemických i dalších nechemických vlivů
- Pravděpodobně je rozhodující nervová regulace, chemické podněty upřesňují nastavení plicní ventilace
- Minutová plicní ventilace se zvyšuje přímo úměrně spotřebě kyslíku
  - hodnoty  $pO_2$ ,  $pCO_2$  a pH se výrazně nemění

# Regulace dýchání při zátěži

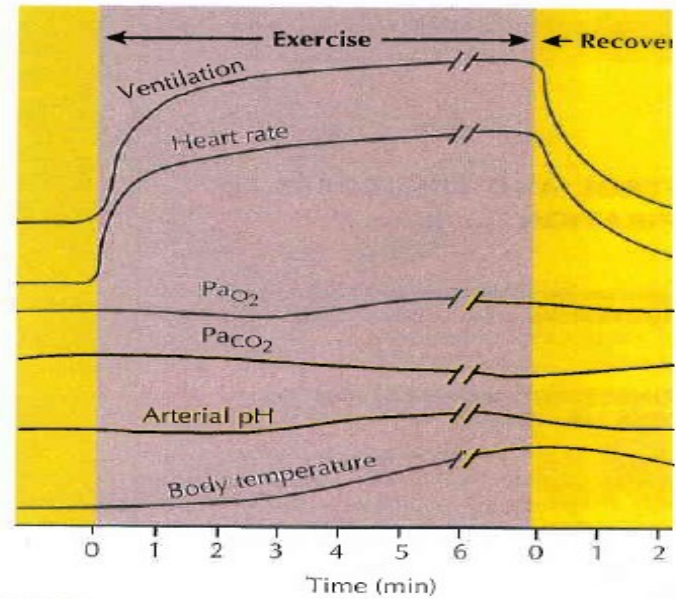
- Respirační centrum je aktivováno z motorických oblastí mozkové kůry (eferentní kortikospinální dráhy k motoneuronům předních rohů míšních a současně kolaterálami do mozkového kmene)
  - proces učení v průběhu života moduluje tyto změny tak, aby velikost ventilace odpovídala metabolickým nárokům organismu co nejpřesněji
- Dráždění proprioreceptorů v pracujících svalech, šlachách a kloubních pouzdrech (aferentní dráhy do míchy, vzestupné dráhy s kolaterálami aktivují respirační centra)

# Regulace dýchání při zátěži

- Kombinace chemické i nechemické stimulace dechového centra – zvýšení minutové ventilace na 150-170l/min (u trénovaných)
  - Poznámka: nezapomeňte na Bohrův efekt – snazší uvolňování kyslíku z hemoglobinu ve svalové tkáni
  - Horní hranice možnosti přísunu kyslíku ke tkáním: srdeční výdej 5-7xvyšší – extrakce kyslíku z krve 3x klidová hodnota - množství kyslíku dodávané pracujícím svalům až 20x



## RESPIRATORY RESPONSE TO EXERCISE

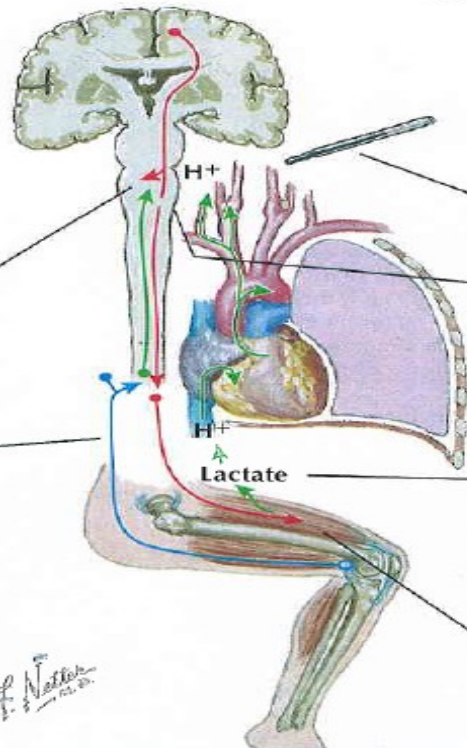


**Factors that may account for initial abrupt rise and sharp terminal drop in ventilation**

Collaterals to respiratory centers from motor pathways for muscle activation

Proprioceptive afferents from joint receptors to respiratory centers

Other unknown factors



**Factors that may play a part in continued elevation of ventilation during continuing exercise**

Rise in body temperature accounts for a small part of elevation

Respiratory neurons seem to be more responsive to changes in chemoreceptor activity. Centers may be more sensitive to fluctuation than to absolute values of PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, or pH

Lactic acid production due to anaerobic metabolism in muscle may increase H<sup>+</sup> concentration of blood and CSF, thus affecting chemoreceptors

Possible metaboreceptors in exercising muscle

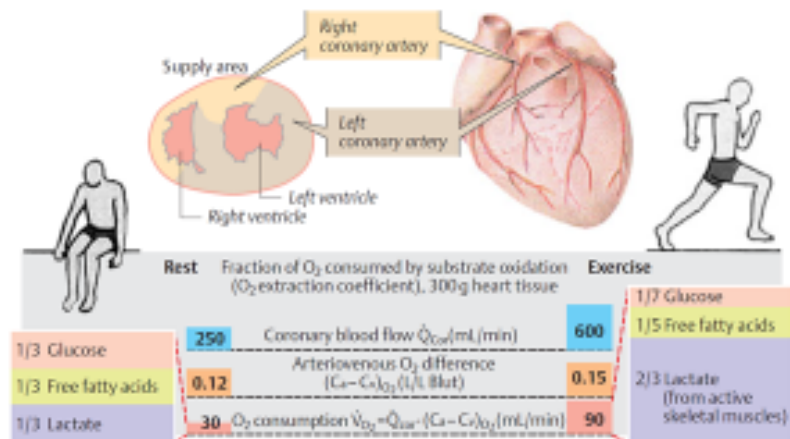
Other unknown factors

*F. W. Naitoh*  
1962

# KARDIOVASCULAR SYSTEM

Athletic heart :

- Hypertrophy + dilatation
- Increased volume reserve (1,5x)
- Increased chronotropic reserve



„Physiological“ hypertrophy

- Extending muscle fibers and increasing their thickness
- Remodeling accompanied by normal or increased contractility

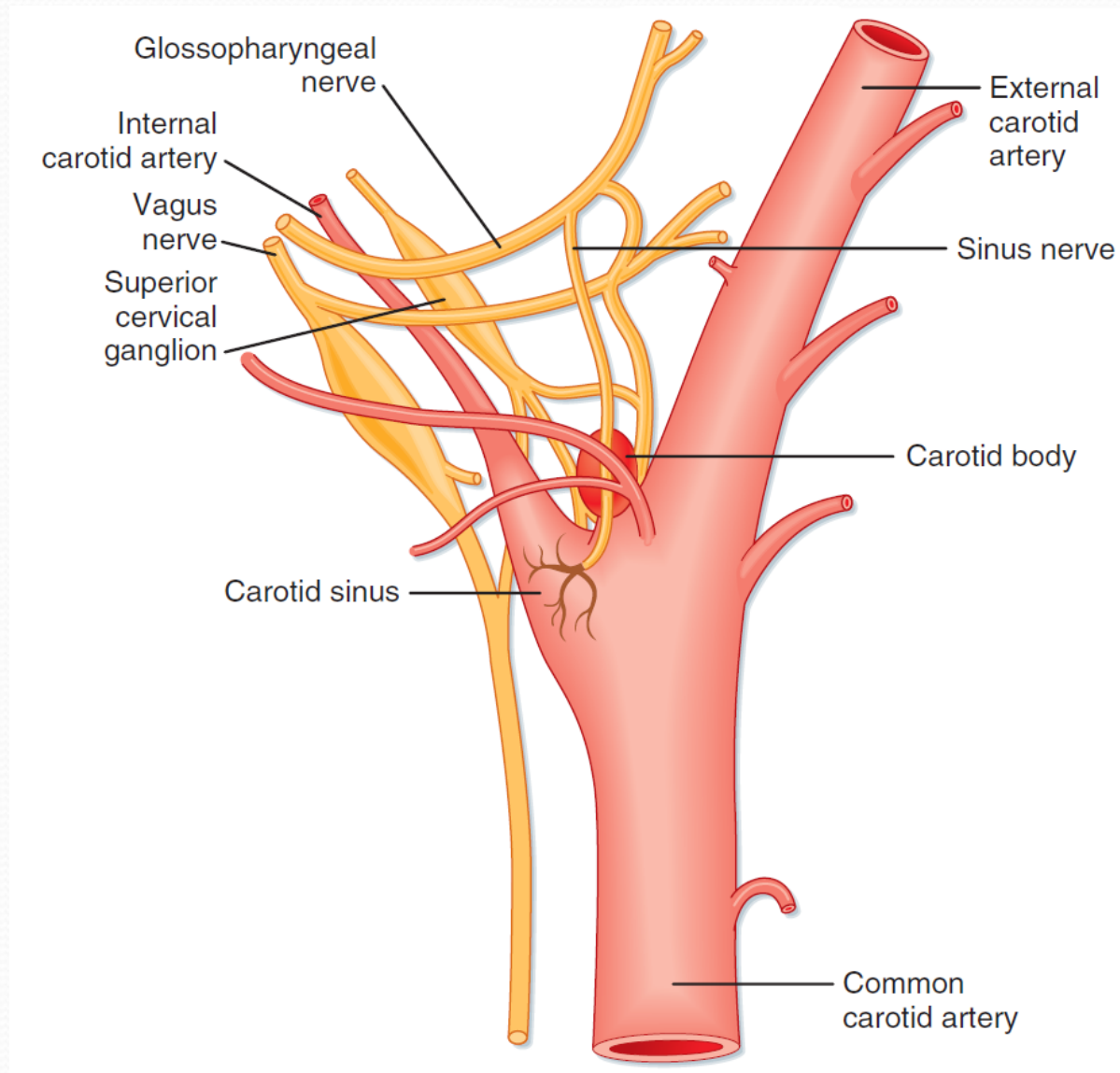
parameter	rest	workload
<b>CO</b> (l/min)	5-6	25 (35)
<b>HR</b> (t/min)	70	210
<b>SV</b> (ml)	70	115
<b>SBP</b> (mmHg)	120	zvýšení
<b>DBP</b> (mmHg)	70	↑ nebo = nebo ↓

parameter	rest	workload
<b>MV</b> (l/min)	6-12	90-120
<b>BF</b> (d/min)	12-16	40-60
<b>BO</b> (ml)	0,5-0,75	2
<b>blood flow</b> (l/min)	5,5	20-35
<b>intake O<sub>2</sub></b> (ml/min)	250-300	3000

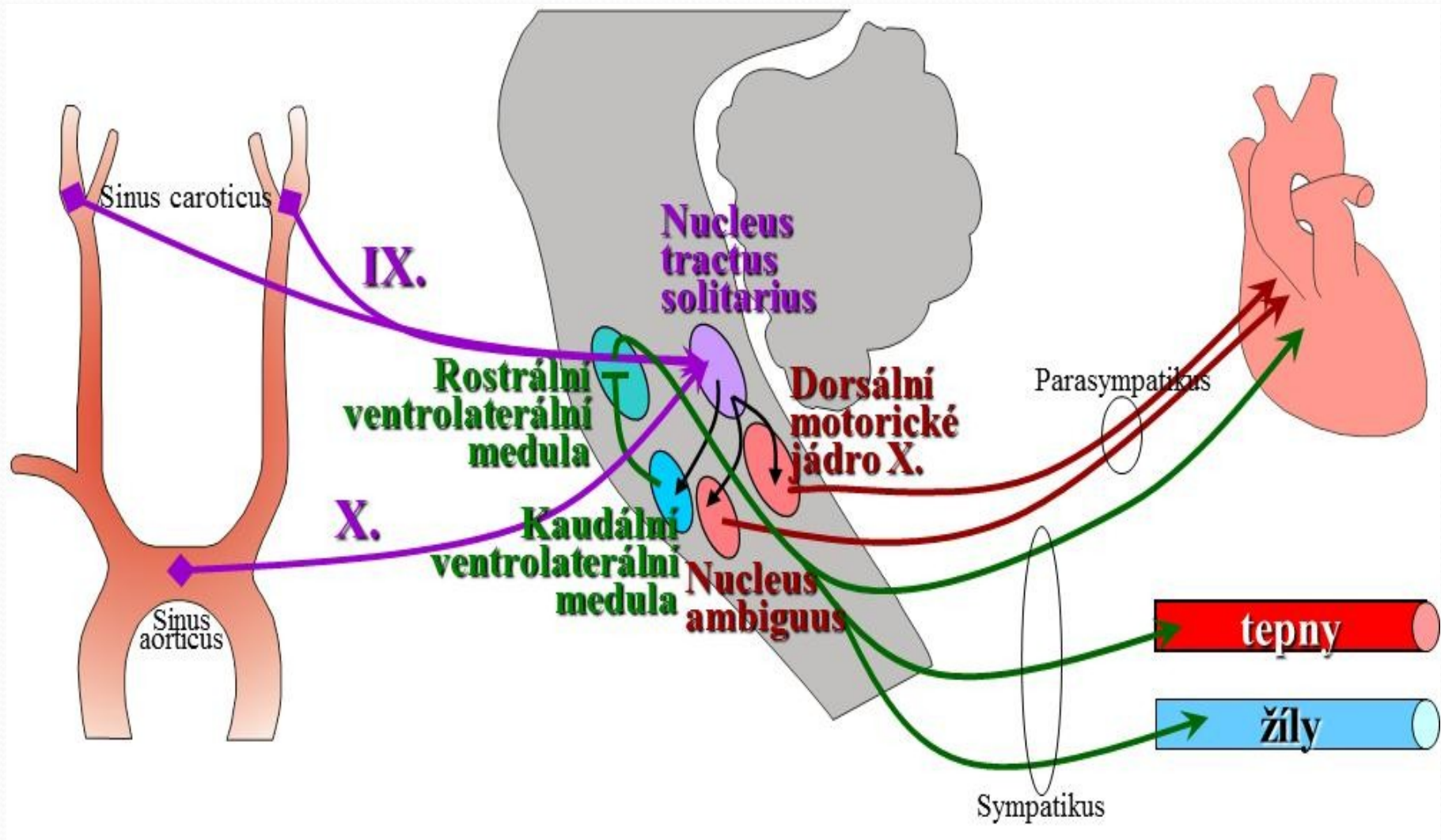
# ***Změny polohy těla***

***Ortostatická – klinostatická reakce***

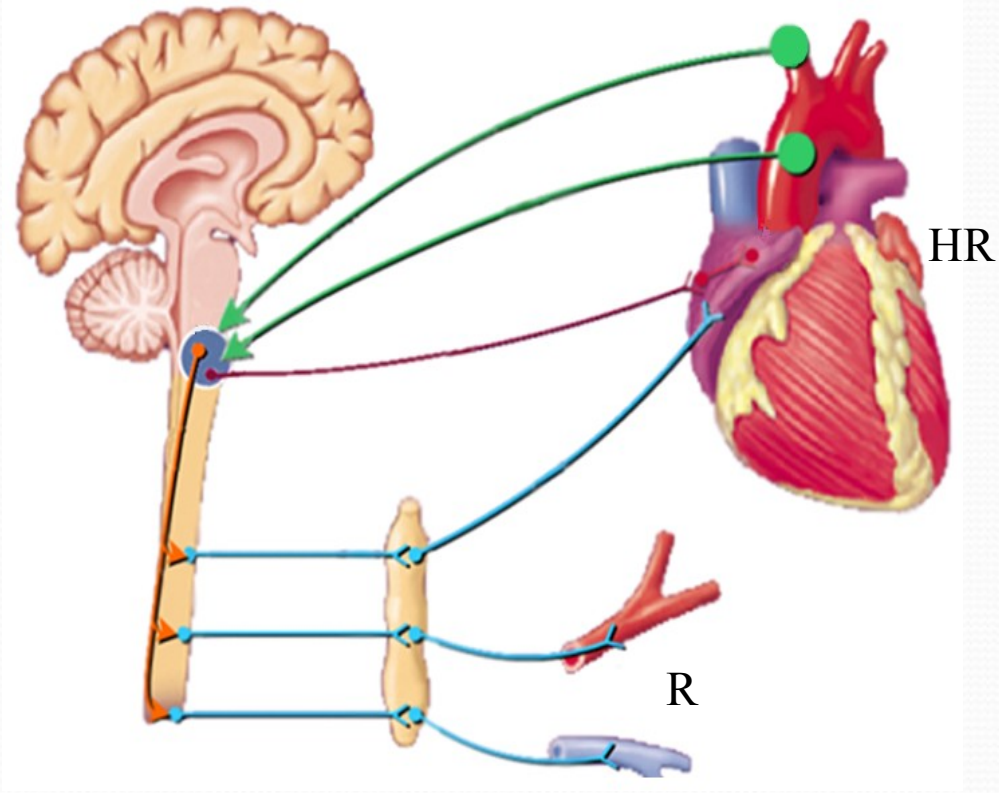
# BARORECEPTORY VS. CHEMORECEPTORY



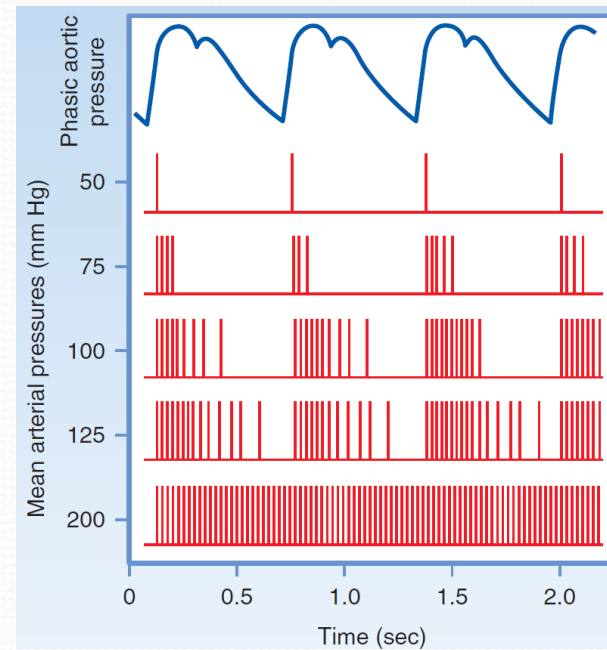
# Krátkodobá regulace krevního tlaku **BAROREFLEX**



# BAROREFLEX I



- aferentní vlákna
- parasympatická vlákna
- sympatická vlákna

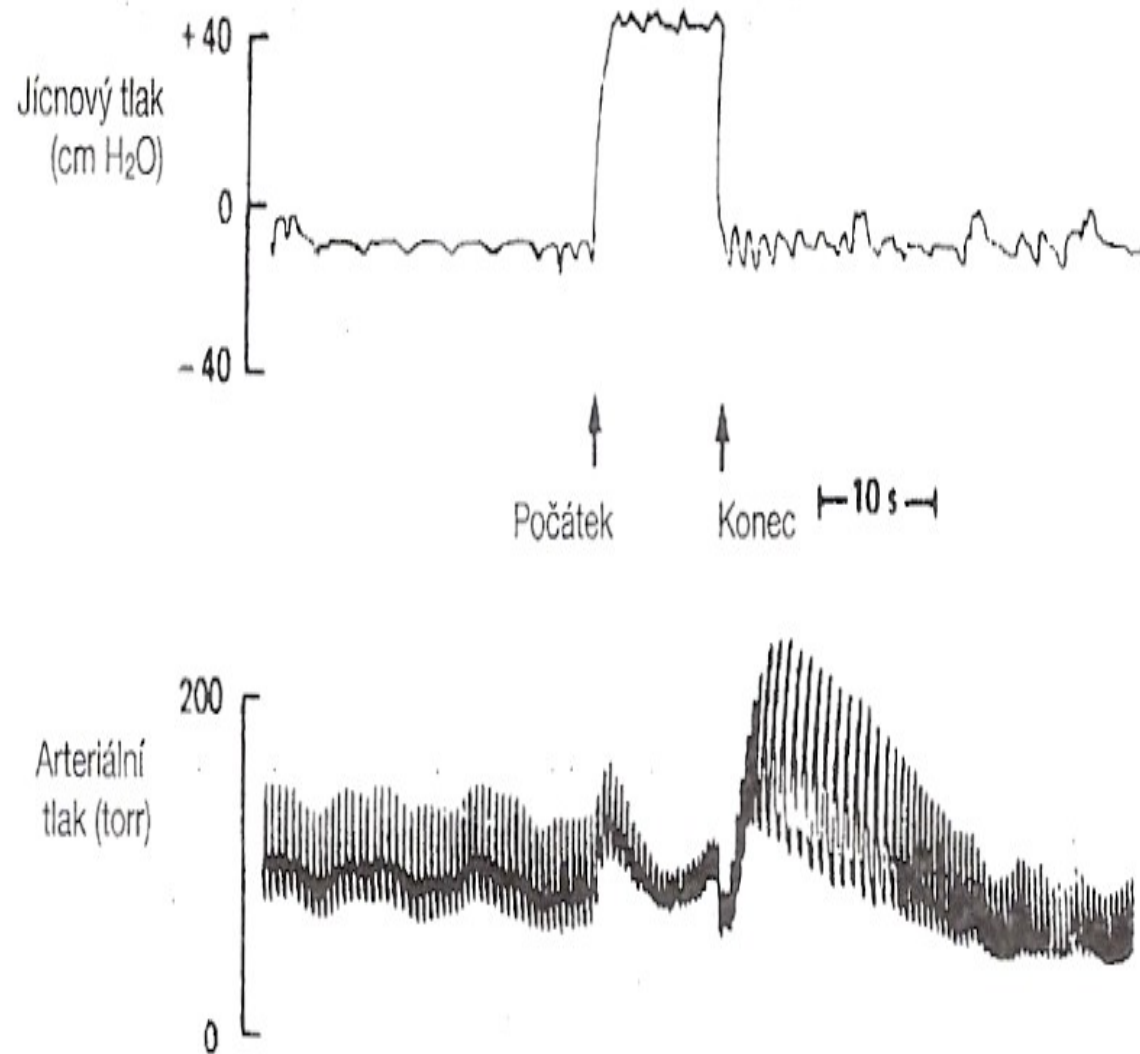


- Inotropní
  - Chronotropní
  - Dromotropní
  - Batmotropní
- } efekt

$$BP = HR \times SV \times R$$

***Defekace***





Obr. 31-11. Schéma reakce na úsilí (Valsalvův manévr) u normálního člověka, zamenaný katetrem v brachiální arterii

***Vliv gravitace***

# Hypoxie, hypoxemie

- **Hypoxie** je souhrnný název pro nedostatek kyslíku v těle nebo v jednotlivých tkáních.
- **Hypoxemie** - nedostatek kyslíku v arteriální krvi.
- **Anoxie** - úplný nedostatek kyslíku

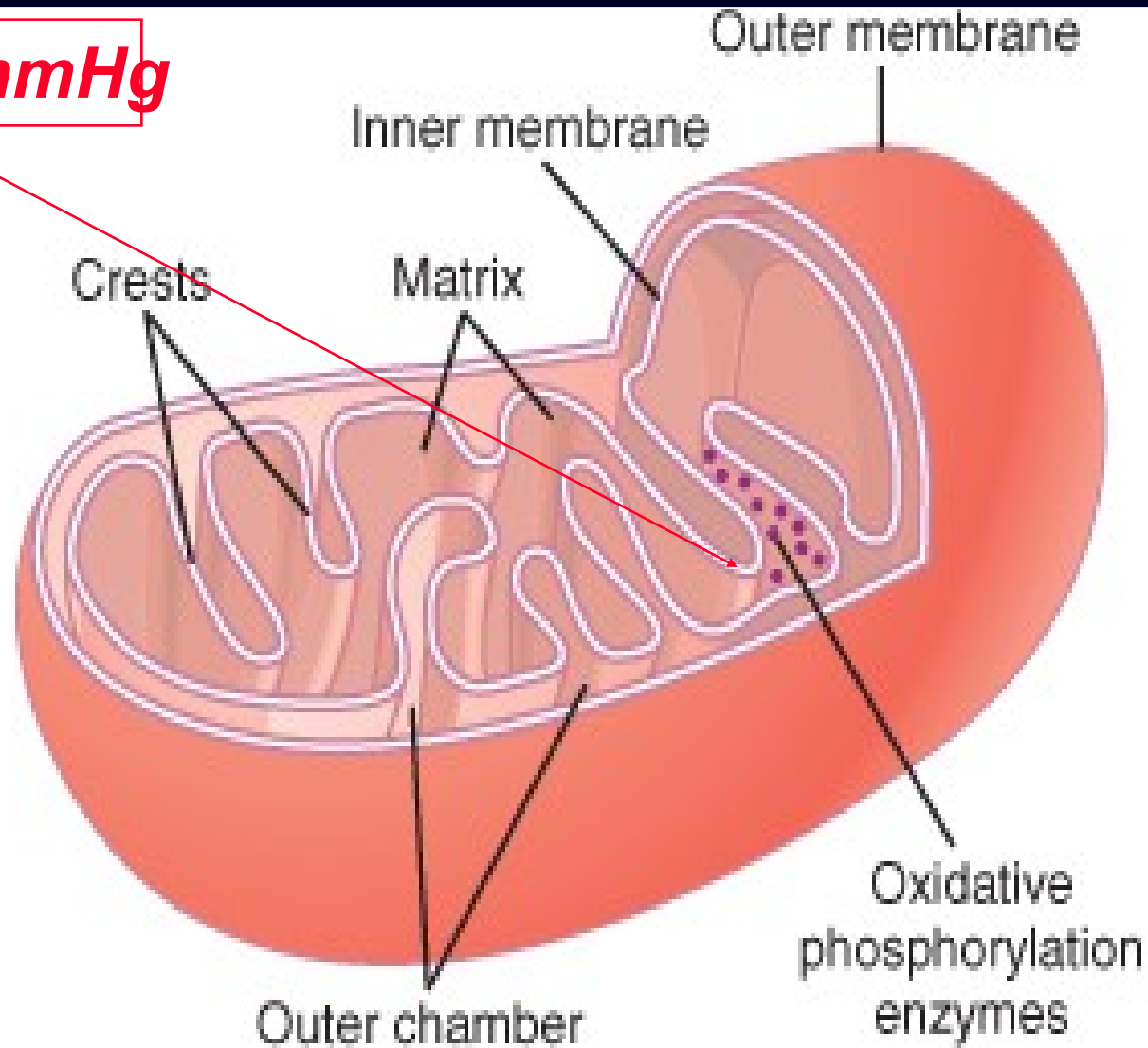
Nejčastější typy hypoxií:

1. Hypoxická – fyziologie: při pobytu ve vyšších nadmořských výškách, patologie: hypoventilace při plicních nebo nervosvalových chorobách
2. Transportní (anemická) – snížená transportní kapacita krve pro kyslík (anémie, ztráta krve, otrava CO)
3. Ischemická (stagnační) – omezený průtok krve tkání (srdeční selhání, šokové stavy, uzávěr tepny)
4. Histotoxická – buňky nejsou schopny využít kyslík (otrava kyanidy – poškození dýchacího řetězce)

# **KYSLÍKOVÁ KASKÁDA**

	<i>mmHg</i>
<i>Suchý atmosférický vzduch</i>	<b>159</b>
<i>Zvlhčený zahřátý atmosférický vzduch</i>	<b>149</b>
<i>Ideální alveolární plyn</i>	<b>100</b>
<i>End-exspirovaný vzduch</i>	<b>105</b>
<i>Arteriální krev</i>	<b>77</b>
<i>Cytoplazma – mitochondrie</i>	<b>3-10</b>
<i>Smíšená žilní krev</i>	<b>40</b>
<i>Žilní krev</i>	<b>20</b>

$pO_2 = 1 \text{ mmHg}$



**Letošní Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu obdrželi Američané William G. Kaelin a Gregg L. Semenza a Brit Sir Peter J. Ratcliffe za práci na objasnění podstaty jednoho z klíčových adaptivních systémů pro život člověka a dalších živočichů. Všichni tři přispěli k poznání molekulárních mechanismů, jejichž prostřednictvím buňky vnímají dostupnou koncentraci kyslíku a vyrovnávají se s ní. Je známo, že organismus reaguje na nedostatek kyslíku zvýšením produkce erythropoetinu, který podněcuje tvorbu červených krvinek. Americký vědec a lékař Semenza při bádání, jak je regulována aktivita genu pro erythropoetin při různých, měnících se koncentracích kyslíku, odhalil bílkovinový komplex zvaný hypoxií indukovaný faktor neboli HIF, jeho fungování a zásadní roli v celém procesu. Touto problematikou se zabýval i britský lékař, buněčný a molekulární biolog Ratcliffe. Oba týmy pak např. zjistily, že mechanismus pro vnímání koncentrace kyslíku je přítomen prakticky ve všech tkáních. Americký onkolog William G. Kaelin Jr. pronikl k dalším podrobnostem tohoto mechanismu při výzkumu onkologických onemocnění. Tyto objevy jsou krokem k dalšímu pokroku v léčbě nejen nádorových chorob, ale např. i chudokrevnosti.**



© Nobel Media. Photo: A. Mahmoud

**Gregg L. Semenza**

Peter J. Ratcliffe  
FRS FMedSci



Ratcliffe in 2019

Born Peter John Ratcliffe  
14 May 1954 (age 67)  
Morecambe, England, UK



William G. Kaelin Jr., MD  
(Photo by Steve Marsel)

## ***Nobelova cena za fyziologii a lékařství 2019***

# ***Turistika na horách***

***Výšková nemoc***  
***(příklad hypoxické hypoxie)***



# **Nadmořská výška – saturace hemoglobinu**

**(čísla v závorkách představují aklimatizované hodnoty)**

<b>Nadmořská výška</b>	<b>barometrický tlak</b>	<b>pO<sub>2</sub> ve vzduchu</b>	<b>pCO<sub>2</sub> v alveolech</b>	<b>pO<sub>2</sub> v alveolech</b>	<b>saturace</b>
<b>(m)</b>	<b>(mmHg)</b>	<b>(mmHg)</b>	<b>(mmHg)</b>	<b>(mmHg)</b>	<b>(%)</b>
<b>0</b>	<b>760</b>	<b>159</b>	<b>40 (40)</b>	<b>104 (104)</b>	<b>97 (97)</b>
<b>3 048</b>	<b>523</b>	<b>110</b>	<b>36 (23)</b>	<b>67 (77)</b>	<b>90 (92)</b>
<b>6 096</b>	<b>349</b>	<b>73</b>	<b>24 (10)</b>	<b>40 (53)</b>	<b>73 (85)</b>
<b>9 134</b>	<b>249</b>	<b>47</b>	<b>24 (7)</b>	<b>18 (30)</b>	<b>24 (38)</b>
<b>12 192</b>	<b>141</b>	<b>29</b>			
<b>15 240</b>	<b>87</b>	<b>18</b>			

## ***Dýchání s čistým kyslíkem***

<b><i>výška</i></b> <b><i>(m)</i></b>	<b><i>arteriální</i></b> <b><i>saturace</i></b> <b><i>(%)</i></b>	<b><i>barometrický</i></b> <b><i>tlak</i></b> <b><i>(mmHg)</i></b>	<b><i>pCO<sub>2</sub></i></b> <b><i>alveolární</i></b> <b><i>(mmHg)</i></b>	<b><i>pO<sub>2</sub></i></b> <b><i>alveolární</i></b> <b><i>(mmHg)</i></b>
<b><i>0</i></b>	<b><i>100</i></b>	<b><i>760</i></b>	<b><i>40</i></b>	<b><i>673</i></b>
<b><i>3 048</i></b>	<b><i>100</i></b>	<b><i>523</i></b>	<b><i>40</i></b>	<b><i>436</i></b>
<b><i>6 096</i></b>	<b><i>100</i></b>	<b><i>349</i></b>	<b><i>40</i></b>	<b><i>262</i></b>
<b><i>9 134</i></b>	<b><i>99</i></b>	<b><i>349</i></b>	<b><i>40</i></b>	<b><i>139</i></b>
<b><i>12 192</i></b>	<b><i>84</i></b>	<b><i>141</i></b>	<b><i>36</i></b>	<b><i>58</i></b>
<b><i>15 240</i></b>	<b><i>15</i></b>	<b><i>87</i></b>	<b><i>24</i></b>	<b><i>16</i></b>

## ***Pracovní kapacita ve vysoké nadmořské výšce***

***Pracovní kapacita***

***normální podmínky v nížinách***

***(%)***

***neaklimatizovaní***

***50***

***Aklimatizace po 2 měsících***

***68***

***Narození na horách 4 023 m***

***Ale pracující v 5 182 m nad mořem***

***87***

# VÝŠKOVÁ HYPOXIE

## mírný stupeň

**CNS** *euforie, ztráta orientace*

**GIT** *nevolnost*

**Sensitivita** *bolest hlavy*

**Respirace** *zrychlená*

**TK** *mírný vzestup*

**TF** *zvýšená, nepravidelná*

**Sval** *ztráta koordinace*

# VÝŠKOVÁ HYPOXIE

## střední stupeň

*Psychika*      *poruchy zraku, závrat', strach*

*GIT*            *nevolnost*

*Sensitivita*    *prekordiální bolest*

*Respirace*     *po podání O<sub>2</sub>, apnoe*

*TK*             *výrazný vzestup*

*TF*             *snížená, nepravidelná*

*Sval*            *spasmy, ztuhlost*

# VÝŠKOVÁ HYPOXIE

## - těžký stupeň

<i>Psychika</i>	<i>kóma</i>
<i>GIT</i>	<i>nevolnost, zvracení</i>
<i>Sensitivita</i>	<i>prekordiální bolest</i>
<i>Respirace</i>	<i>útlum, Cheyn-Stokesovo dýchání</i>
<i>TK</i>	<i>náhlý pokles</i>
<i>TF</i>	<i>výrazně snižená, nepravidelná</i>
<i>Sval</i>	<i>svalová slabost</i>

# **Dovolená u moře - potápění**

# Potápění

- ◆ **Dochází ke zvyšování okolního tlaku – hyperbarii (úměrná hloubce ponoru); na každých 10m hloubky stoupne tlak o 100kPa**
- ◆ **Organismus se musí vyrovnat s nedostupností normálního přísunu vzduchu do plic**
  - ◆ Dýchací svaly při vdechu musí překonat tlak vody na hrudník a přitom musí vyvinout dostatečný podtlak v dutině hrudní, aby se vdech uskutečnil
  - ◆ Usilovnou kontrakcí inspiračních svalů dosáhneme maximálního podtlaku asi 11kPa = hloubka 110cm (ve větších hloubkách není vdech možný, nutno použít dýchací přístroj, který nastavuje tlak vdechovaného vzduchu na úroveň tlaku okolní vody – dýchání s normálním úsilím)



# Potápění - rizika

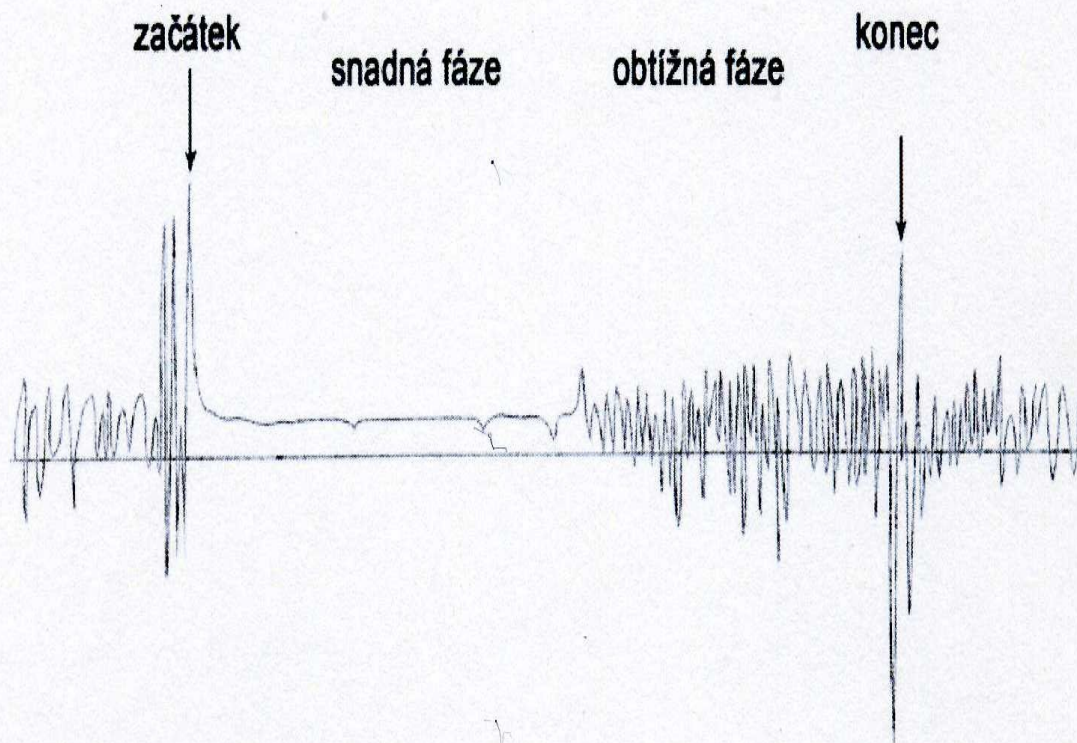
- ◆ Vzduch obsahuje 4/5 dusíku - při běžném atmosférickém tlaku neškodný
- ◆ Při vyšších tlacích, kdy stoupá parciální tlak všech plynů ve vdechované směsi **se zvyšuje koncentrace dusíku** v tělesných tekutinách a tkáních – uplatní se **narkotický účinek**
- ◆ **Dusíková narkóza** – je přítomna do hloubky 30-40m, projevy jako opilost (euforie, ztráta soudnosti, zábran, následuje únava, malátnost, bezvědomí)
- ◆ Hyperbarie také zvyšuje  $pO_2$  ve vdechovaném vzduchu – **vzestup alveolárního  $pO_2$ , vzestup fyzikálně rozpuštěného kyslíku v krvi**
- ◆ **Hyperoxie** – toxické účinky kyslíku
- ◆ Zvýšený okolní tlak **zmenšuje objem tělesných dutin vyplněných vzduchem** (středouší, vedlejší nosní dutiny, plíce-alveoly – Boyleův-Mariottův zákon)
- ◆ **Bolestivé vtahování bubínku** pokud není postupně vyrovnáván tlak středouší s okolním tlakem
- ◆ **Kolaps alveolů** – prevence: dýchání vzduchu pod vyšším tlakem pomocí dýchacího přístroje

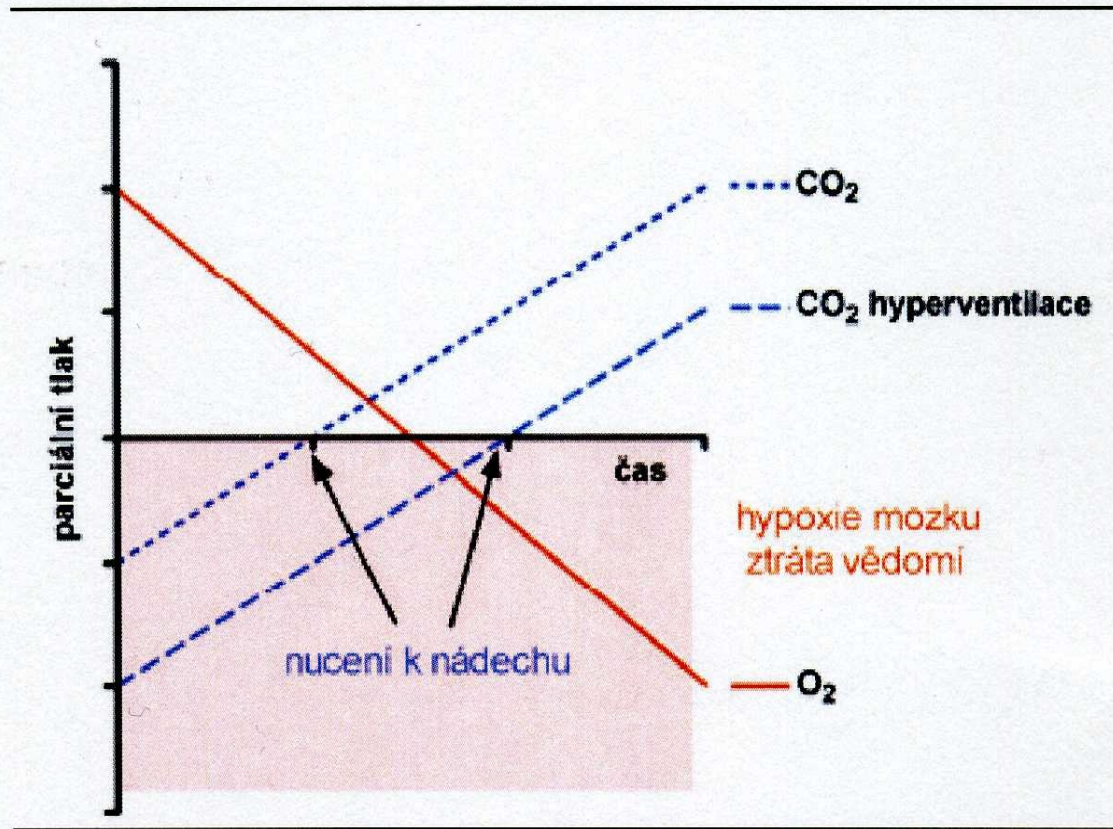
# Potápění

- ◆ **Krátkodobé – zadržetí dechu, vzestup  $p\text{CO}_2$  nad 6,6 kPa – stimulace dechového centra, nucení k nádechu**
- ◆ **Dýchání pomocí dýchací trubice (šnorchlu)**
  - **Zvětšuje se objem anatomického mrtvého prostoru dýchacího – omezení alveolární ventilace**
  - **(maximální délka 40cm, průsvit 2 cm)**
- ◆ **Déletrvající potápění – s dýchacím přístrojem, otázkou je náplň přístroje: čistý kyslík (toxicita); stlačený vzduch – jen do hloubky 30-40m (velký podíl dusíku), do velkých hloubek – směs kyslíku a helia**
  - ◆ **Helium je méně rozpustné ve tkáních, má menší molekulu než dusík – rychleji se vylučuje z organismu**

# Potápění

- ◆ **Nemoc z dekomprese = kesonová nemoc**
- ◆ Pokud člověk dýchá pod vodou vzduch pod vyšším tlakem delší dobu – stoupá množství dusíku rozpuštěného v tělesných tekutinách a tkáních (hlavně v tukové tkáni)
- ◆ **Dostatečně pomalý návrat** – difunduje kyslík z tkání do krve a je postupně vydýcháván
- ◆ Při rychlém vynoření – není čas k eliminaci dusíku a ten se hromadí ve formě bublinek ve tkáních a tekutinách
- ◆ Bublínky ve tkáních způsobují bolesti (kloubní), bublinky v krevním oběhu – ucpání drobných cév – dušnost, poškození myokardu nebo CNS
- ◆ **Prevence: pomalé vynořování – 10m/min**
- ◆ **Léčba: okamžitá rekompresa v tlakové komoře následována pomalou dekompresí**





# ***Cestování letadlem***

***Zdravotní problematika***

# CESTOVÁNÍ LETADLEM

## Zvýšené riziko

- *Pokles hemoglobinu pod 60 % fyziologické normy*
- *Těžký stupeň aterosklerózy*
- *Kardiální insuficience*
- *Respirační insuficience*
- *Dekompenzovaná hypertonie (hodnoty nad 200/100)*

# CESTOVÁNÍ LETADLEM

## Vliv na systolický a diastolický TK

- nízký  $pO_2$  aktivuje sympatikus
- vzestup periferního odporu
- pokles srdečního objemu
- pokles tlakové amplitudy (někdy i středního TK)
- zhoršená perfúze tkání
- přerozdělení objemu krve
- zvýšená poloha bránice  
(zhoršená hemodynamika i respirace)



# CESTOVÁNÍ LETADLEM

## Zvýšené riziko onemocnění

- *srdečně cévní*
- *trombembolické*

# **Podávání kyslíku - oxygenoterapie**

# TOXICITA KYSLÍKU

*problém z produkce kyslíkových radikálů a peroxidu vodíku*

- ztráta schopnosti vázat  $\text{CO}_2$  v žilní krvi*
- výdej  $\text{CO}_2$  plícemi ztíženo v důsledku rozvoje toxického plicního edému*

*Kritické hodnoty  $> 40$  kPa (300 mmHg) v závislosti na čase*

# TOXICITA KYSLÍKU

**Expozice – 8 hodin** - dráždění dýchacího systému

- bolesti na hrudi

- překrvenost nosní sliznice

- bolest v krku

- kašel

**- 24-48 hodin**

- poškození plic – snížená produkce surfaktantu

## Projevy

Plicní poruchy  $pO_2 > 70$  kPa (několik dnů)

200 kPa (3 – 6 hodin)

kašel, dechové bolesti

$> 200$  kPa

křeče, ztráta vědomí

# TOXICITA KYSLÍKU

*Doporučení*

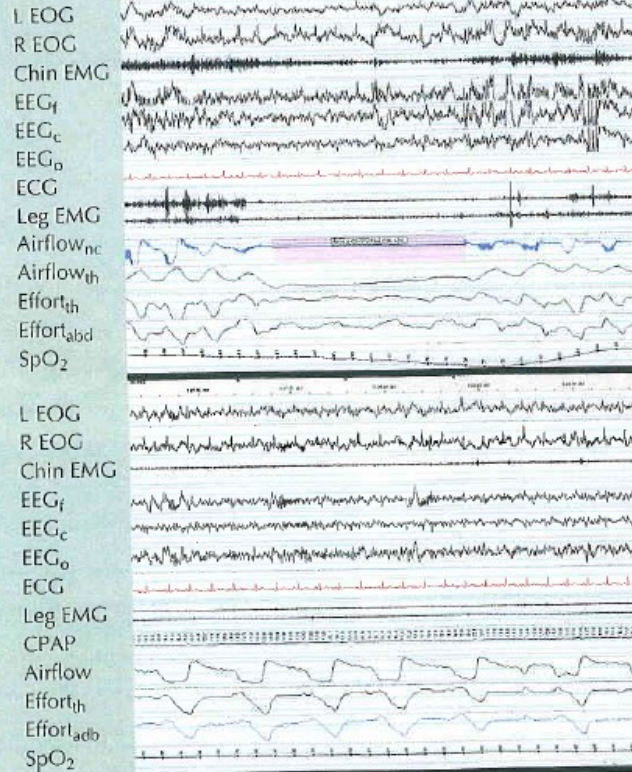
*100 % - podáváme přerušovaně*



# Spánková apnoe



CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE (CPAP)



# TERMOREGULATION

posterior hypothalamus:  
reaction to cold

**HYPOTHALAMUS**

anterior hypothalamus:  
reaction to heat

<b>AKTIVOVANÉ CHLADEM</b>	<b>Snížení výdeje tepla</b>
Kožní vasokonstrikce	+
Stočení do klubička	+
Horripilace	+
	<b>Zvýšení produkce tepla</b>
Svalový třes	+
Hlad	+
Zvýšení úmyslných pohybů	+
Zvýšení sekrece katecholaminů	+
<b>AKTIVOVANÉ TEPEM</b>	<b>Zvýšení výdeje tepla</b>
Kožní vasodilatace	+
Pocení	+
Zvýšení ventilace	+
Nechutenství, apatie, nečinnost	<b>Snížení produkce tepla</b>

**Neurons:**

1. Preoptical area - the "measurement" of temperature
2. Regio hypothalamica anterior - "set point"
3. posterior/anterior hypothalamus: reaction to cold/heat



# TERMOREGULATION



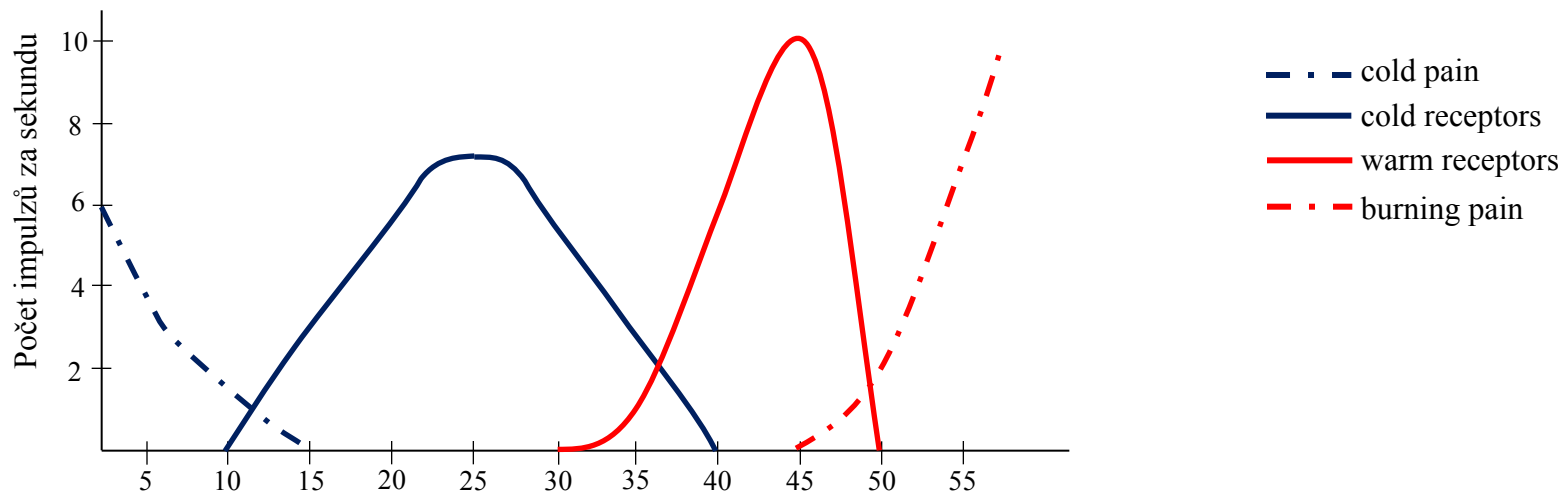
*Krause's corpuscles*



*Ruffini bodies*

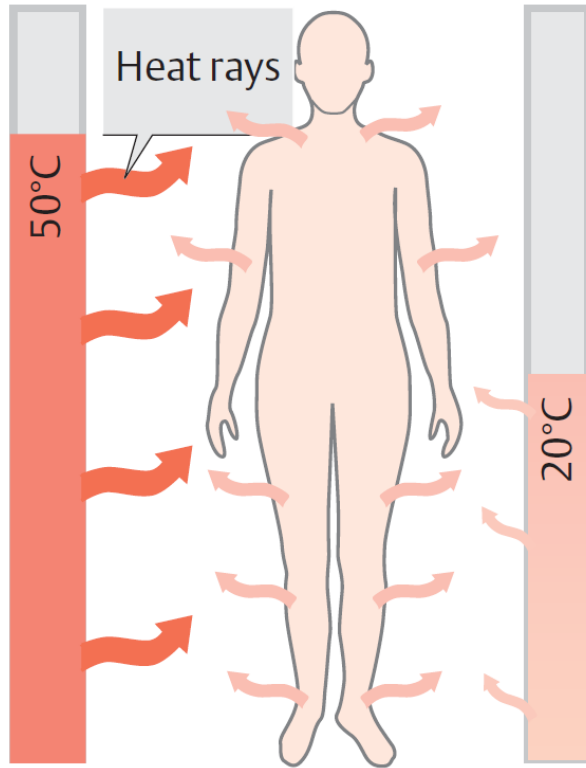
The ratio of warm receptors to cold is 1:3-10, and in different parts of the body, density of receptors is different (15-25 of cold receptors on 1cm<sup>2</sup> of the lips; 3-5 of cold receptors on 1cm<sup>2</sup> finger)

Pain receptors also react to a temperature change. Pain receptors are stimulated only at extreme hot temperature or extreme cold temperature, and therefore are responsible, together with the warm and cold receptors for sensations of burning and freezing.

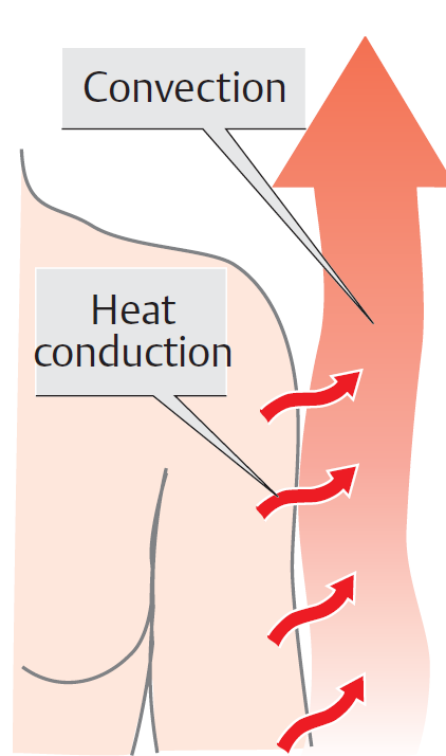


# MECHANISMS OF HEAT LOSS

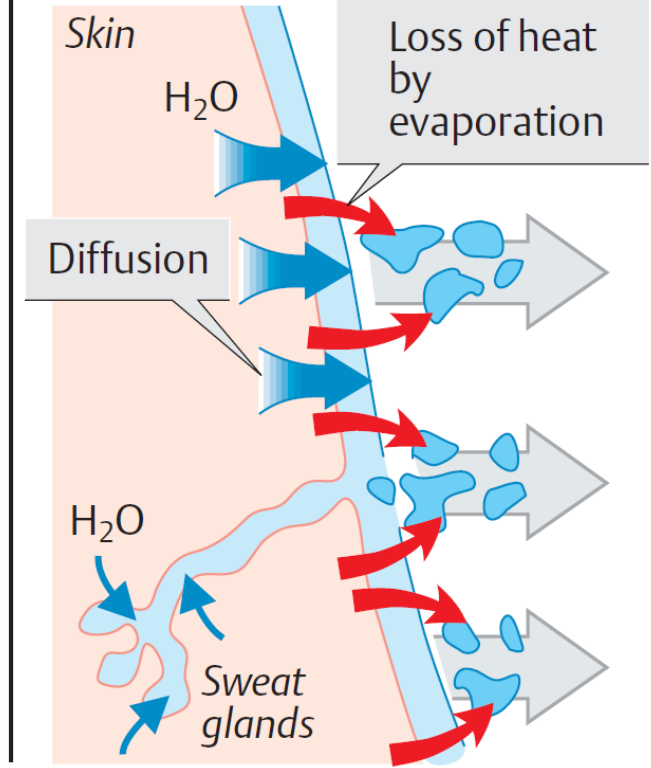
## 1 Radiation



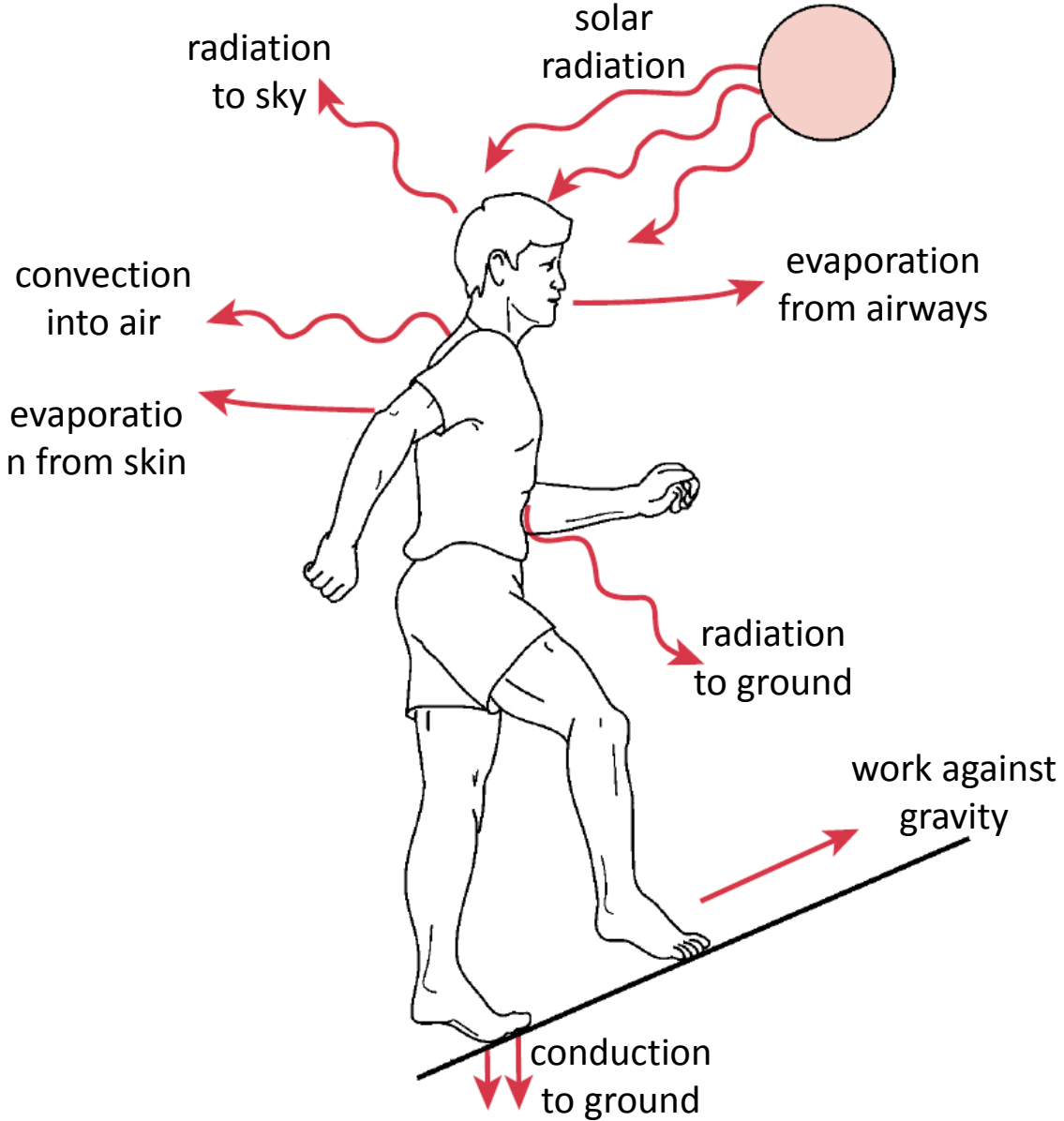
## 2 Conduction and convection



## 3 Evaporation

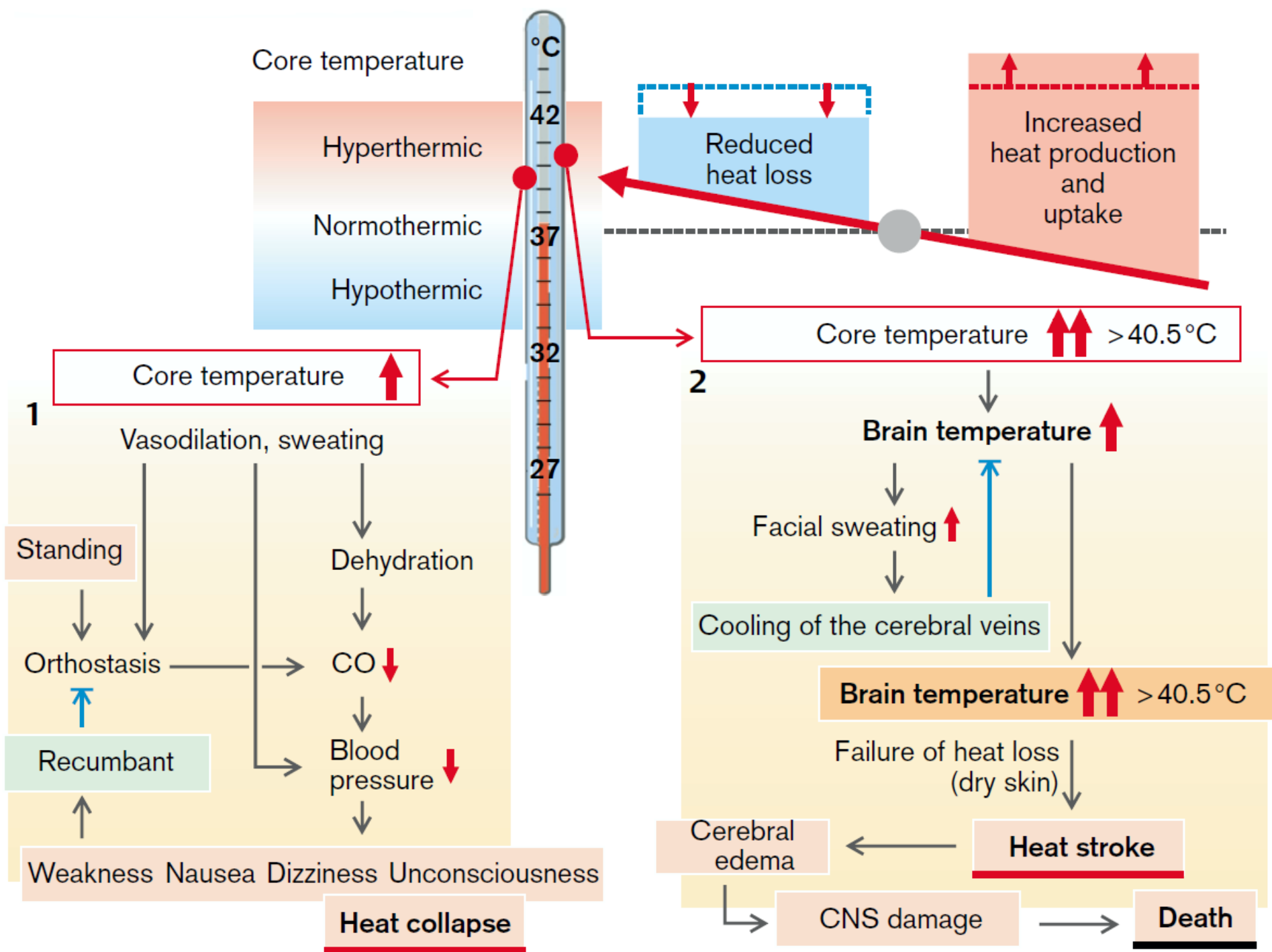


# EXCHANGE OF ENERGY WITH THE ENVIRONMENT



yes, again  
**DWAYNE JOHNSON**







## Accidental hypothermia

Stage	Symptoms	Metabolism	Level of consciousness	Cardiovascular system, respiration	Rewarming
I Agitation	Cold tremors, pain (distal parts of limbs)	Metabolism <b>↑↑</b>	Wide awake and agitated	Tachycardia, peripheral vasoconstriction	Warm room, blankets
		Hyperglycemia O <sub>2</sub> consumption <b>↑</b>	↓ Confused	Blood pressure <b>↑</b>	
II Exhaustion	Muscle rigidity Pupillary reflex still active	Hypoglycemia	Hallucinations, somnolent	Bradycardia Depressed breathing	Electric blanket, warm infusion, hemodialysis
		Metabolism <b>↓</b>	↓ Unconscious	<b>Arrhythmias</b>	
III Paralysis	Wide, light insensitive pupils	Metabolism <b>↓↓</b>	Coma	<b>Ventricular fibrillation</b> <b>Asystole</b> <b>Apnea</b>	Extracorporeal circulation

