



# MASARYKOVA UNIVERZITA



## Fyziologie zátěže



MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



# Obsah předmětu

- Úvod do Fyziologie sportovních disciplín, Charakteristika sportovních disciplín, Faktory sportovního výkonu . Reakce na zatížení
- Adaptace. Regulace adaptačních pochodů. Metabolická charakteristika výkonu (typ zátěže, trvání výkonu, intenzita zatížení, metabolické krytí, zdroje energie, energetický výdej)
- Funkční charakteristika výkonu ( $SF$ ,  $VO_2$ ,  $La$  ad.), Specifické adaptace organismu na zátěž
- Charakteristika sportovce (zátěžový test do maxima:  $SF_{max}$ ,  $VO_{2max}$ ,  $La_{max}$  ad., Wingate test:  $P_{max}$ ,  $AC$ , index únavy). Charakteristika sportovce (podíl rychlých a pomalých vláken, somatická charakteristika).
- Fyziologické odlišnosti a rizika při sportu žen, dětí a seniorů
- Zdravotní rizika. Sport tělesně postižených
- Vliv zevního prostředí na výkonnost. Aklimatizace ( chlad, teplo, vysokohorské prostředí)
- Preskripce pohybové aktivity
- Rychlostní disciplíny. Silové disciplíny
- Rychlostně vytrvalostní disciplíny. Rychlostně silové disciplíny. Silově vytrvalostní disciplíny
- Vytrvalostní disciplíny
- Koordinačně estetické sporty. Úpoly
- Sportovní hry

## Literatura povinná:

- ☯ Havlíčková, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže. 1, Obecná část*. 2. vyd. dotisk. Praha : Karolinum, 2003. 203 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-7184-875-1.
- ☯ [http://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/fyziologie\\_sport/index.html](http://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/fyziologie_sport/index.html)

## Literatura doporučená:

- ☯ P.Dobšák, J.Sieglová, H.Svačinová, P.Homolka, L.Dunklerová, M.Sosíková, Z.Placheta *Klinická fyziologie tělesné zátěže( 1.vyd) Brno 2009*
- ☯ Máček, M., Radvanský J. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity* (1. vyd). Praha 2011
- ☯ Melichna, Jan. *Sval a jeho adaptace ve sportovním tréninku*. [1. vyd.]. Praha : Československý svaz tělesné výchovy. Ústřední výbor. Vědeckometodické oddělení, 1981. 106 s. : i. Metodický dopis.
- ☯ Melichna, Jan. *Fyziologie tělesné zátěže II : Speciální část - 2. díl*. 1. vyd. Praha : Univerzita Karlova - Vydavatelství Karolinum, 1995. 162 s. Bibliogr. ISBN 80-7184-039-4.
- ☯ Máček, Miloš - Máčková, Jiřina. *Fyziologie tělesných cvičení [Máček, 1997]*. 1. vyd. Brno : Masarykova univerzita v Brně, 1997. 112 s. Obsahuje bibliografii. ISBN 80-210-1604-3.
- ☯ Havlíčková, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže II : Speciální část - 1. díl*. 1. vyd. Praha : Univerzita Karlova - Vydavatelství Karolinum, 1993. 238 s. Bibliogr. ISBN 80-7066-815-6.

# Zkouška

<b>Podmínky ke zkoušce</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3 písemné testy ( na přednášce) 16.10. ( stresová reakce, adaptace, ABR) 13.11. ( Vliv prostředí na výkon) 4.12. ( Biologické působení pohybové aktivity, preskripce PA)</li><li>• podmínky ze semináře</li></ul>
<b>zkouška</b>	<p>Pouze <b>ústní zk</b> :</p> <p>4 otázky :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Obecná (reakce, adaptace)</li><li>• Vliv zevního prostředí na výkon. Fyziolog. zvláštnosti v ontogenezi a mužů a žen. Sport zdravotně postižených</li><li>• Vliv pohybové aktivity na organismus. Preskripce pohybové aktivity</li><li>• Sportovní disciplína</li></ul>

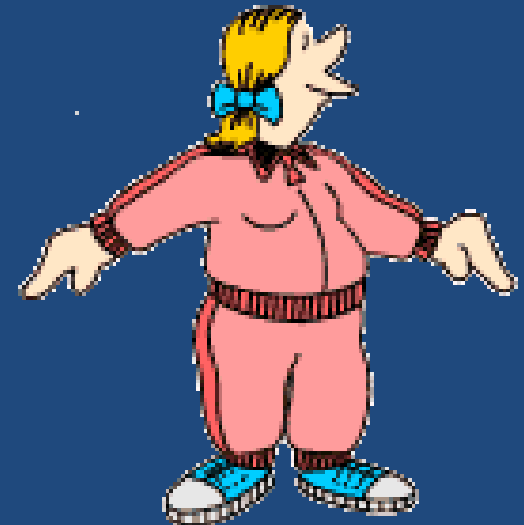
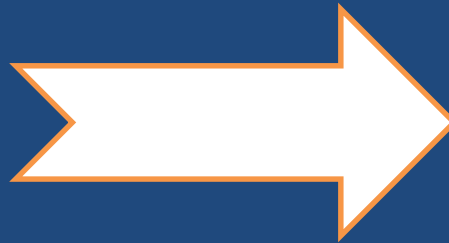
# Charakteristika sportovních disciplín

- podle cíle sportovního tréninku (pohybové schopnosti )
- zimní x letní
- olympijská disciplína
- energetického krytí ( anaerobní, aerobní)
- dynamická x statická

# Trénink

= proces, jehož cílem je dosahování individuálně maximální sportovní výkonnosti jedince ve vybraném sportovním odvětví na základě **adaptace** organismu

pohybová zátěž



# Co je adaptace?

Je **komplexní děj** umožňující přizpůsobení organismu na změněné vnější a vnitřní podmínky a tím jeho přežití v rámci jedince nebo druhu

Z biologického hlediska se jedná **o jakýkoli vliv narušující homeostázu organismu**, s kterým se organismus v zájmu přežití musí vyrovnat

.....**sportovní trénink ( pohybová zátěž)**

vnitřní faktory

vnější faktory

Stresová reakce

homeostáza

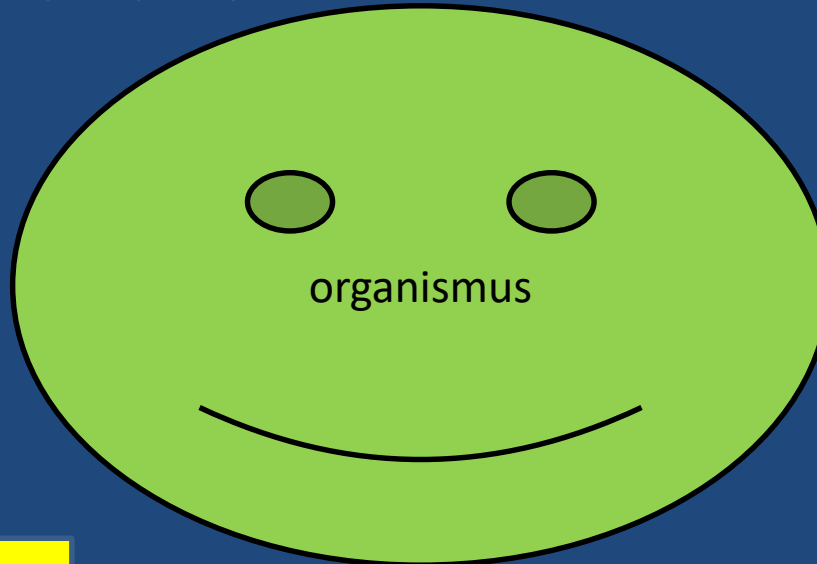
adaplace

přežití

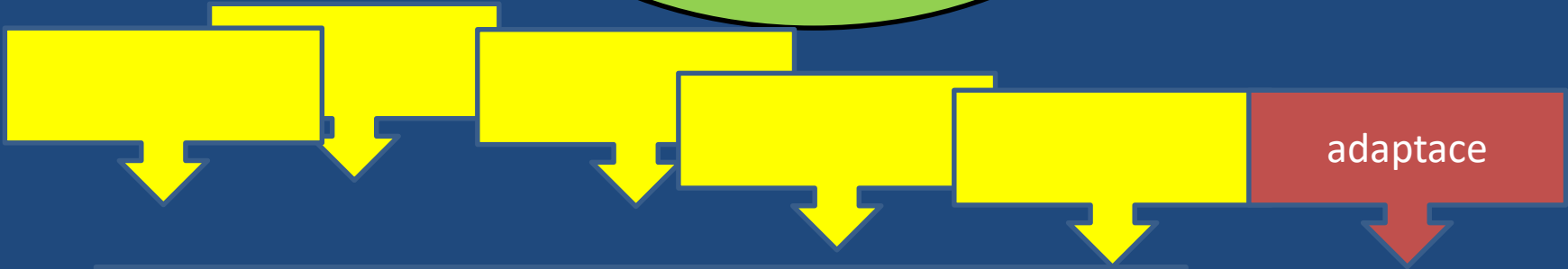


- Mezi **fyziologickou adaptací** ( snad specifickou na určitý typ podnětu ) a **stresem** ( reakce odolnosti organismu ) nelze vést ostrou hranici
- Není jasné zda **nespecifická poplachová reakce** ( typická pro stres ) je **nutnou podmínkou specifické adaptační odpovědi**
- Přizpůsobování organismu na opakovanou tělesnou aktivitu probíhá při zvýšeném používání orgánů k jeho **hypertrofii**

podnět

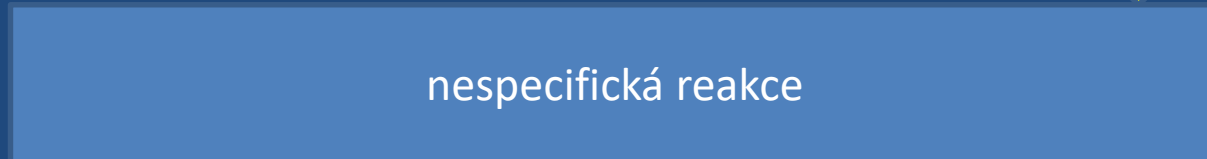


organismus



adaptace

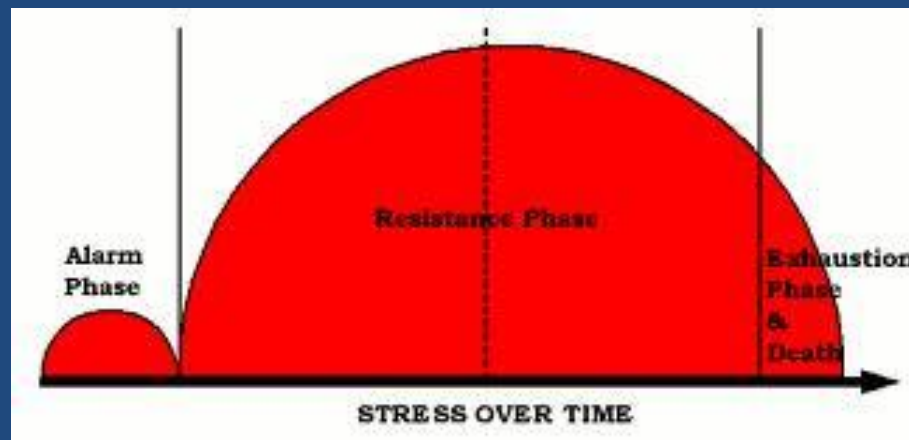
nespecifická reakce



# Pohyb = Stresový podnět

Hans Selye definuje stres jako **nespecifickou reakci organismu** na **vnější** nebo **vnitřní** faktory narušující homeostázu.

Při opakovaném působení to vyvolá adaptační (**specifickou odpověď**)



# Stresory

- Infekce
- Úraz
- Chlad nebo teplo
- Záření
- Hluk
- Světlo
- Šok
- Psychická zátěž
- **Trénink/ určitá intenzita a doba zatížení /**



# STRESOVÁ REAKCE

Popsány tři stadia stresové odpovědi tvořící „*obecný adaptační syndrom*“

1. **poplachová reakce** – okamžitá reakce
  - **sympato-adrenálního systému**
  - **hypotalamo-hypofýzo-nadledvinová cesta**



2. **stadium rezistence** ( adaptace)

Nastává opakovaným působením stresoru, vede ke **snížení** adrenokortikální odpovědi

3. **stadium exhausce, vyčerpání** – je charakterizovaná celkovým vyčerpáním a **selháním adaptačních obranných schopností** organismu, což vede k rozvoji různých onemocnění, patologickým změnám v organismu, eventuálně i smrti

jako první se při stresové reakci aktivují **neurohormony**, ty aktivují obě hlavní neurohumorální osy:

### 1. nejdříve **sympatoadrenální systém**

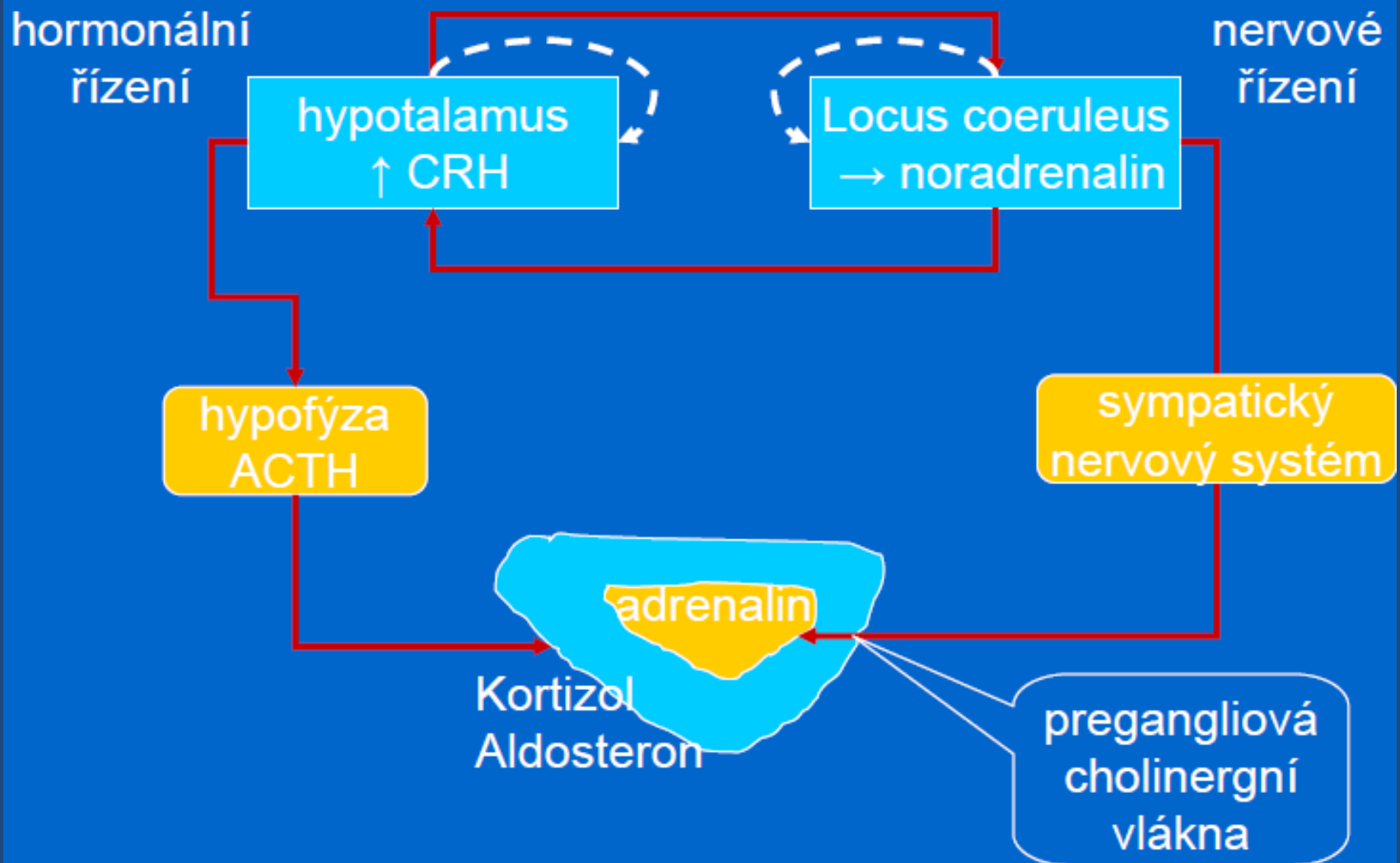
aktivace sympatoneurgních neuronů v hypotalamu a v locus ceruleus mozku kmene

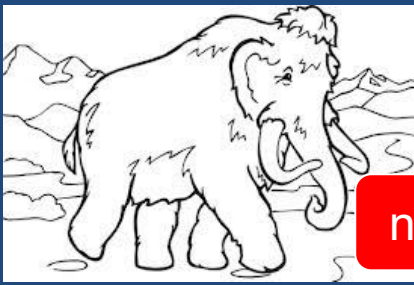
→ A, NA z dřeně nadledvin (ve vteřině) → mobilizace energie

### 2. druhý systém **hypotalamohypofyzární**

vývojově mladší, s pomalejší aktivací aktivován CRH → ACTH → kortikoidy z kůry nadledvin

# Aktivace stresové osy





nebezpečí

CNS – mozková kůra-retikulární formace

limbický systém

ANS - sympatikus

hypothalamus

adenohypofýza

změna  
svalové  
ho tonu

Úkol : udržení stálého  
objemu tekutin a minerálů

dřeň nadledvinek

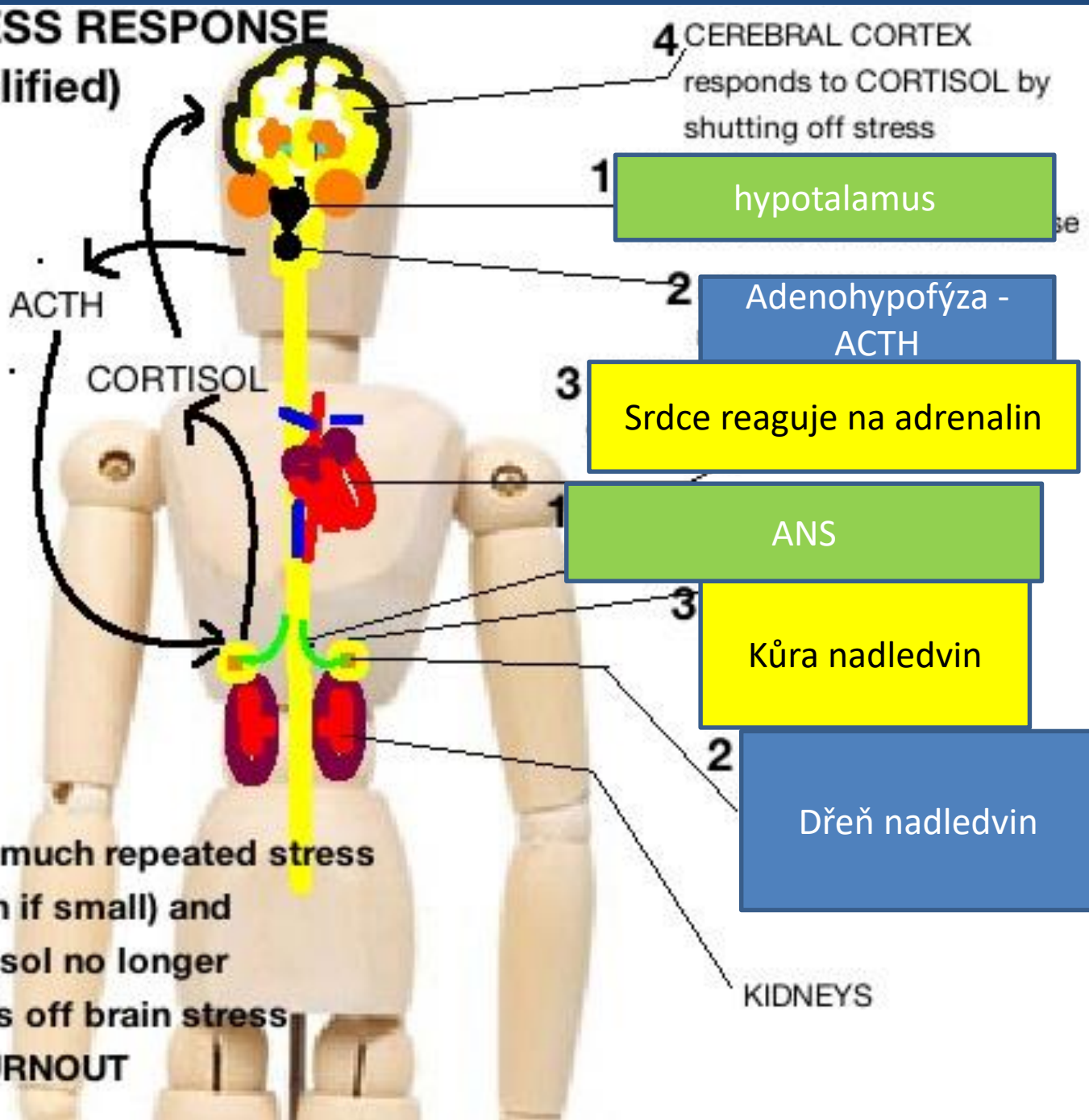
kůra nadledvinek

- Zrychlení TF
- Zvýšení TK
- Zrychlení dýchání
- Zvýšení hladiny G
- Rozpad glykogenu
- Redistribuce krve

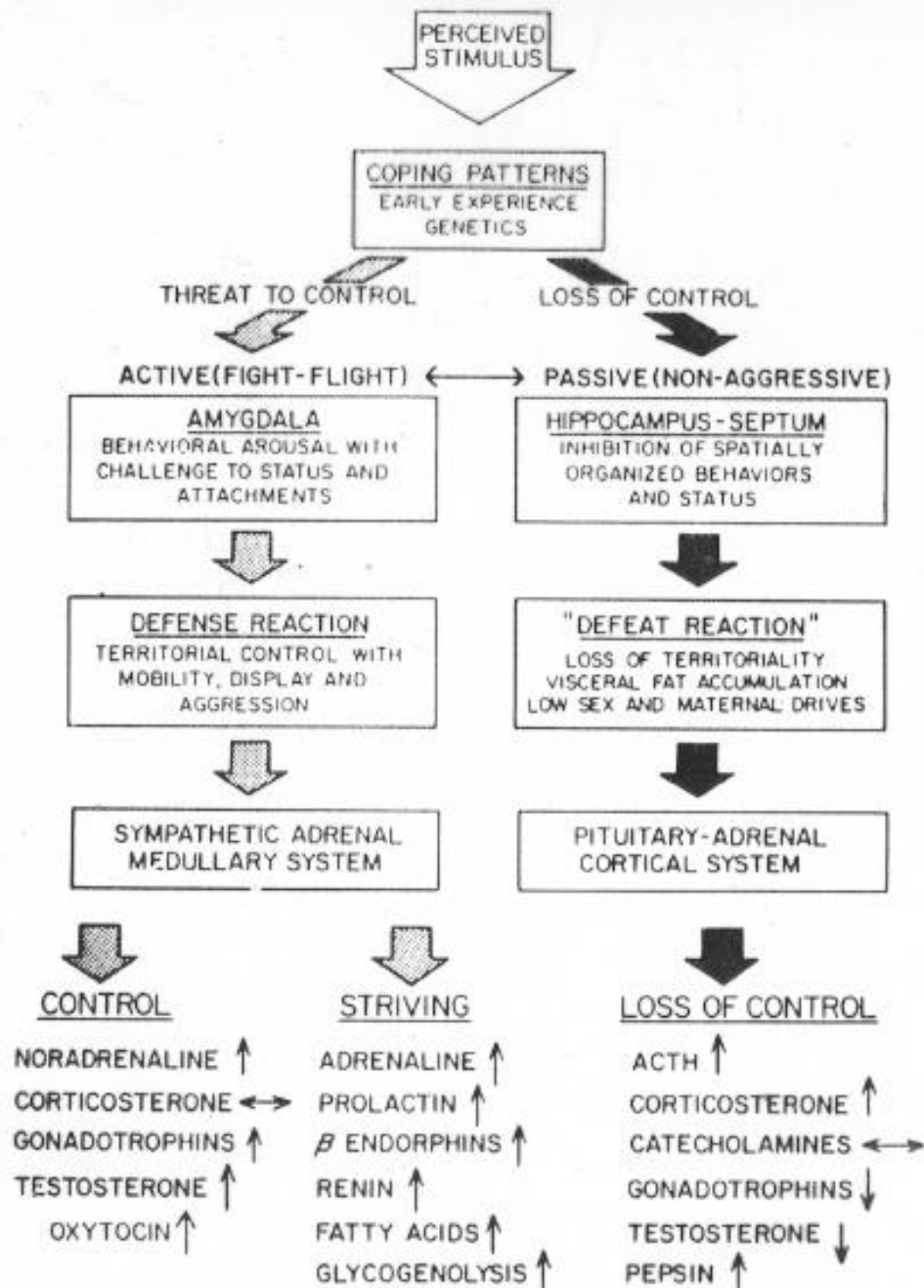
- Mobilizace G
  - Rozpad bílkovin
  - Mineralkortikoidy
- / ↓ Na      ↑ K      močí /



# STRESS RESPONSE (simplified)



Too much repeated stress  
(even if small) and  
cortisol no longer  
shuts off brain stress  
= **BURNOUT**



podnět

vzory chování

genetika

Aktivní typ

amygdala

Obranná reakce

- Teritoriální kontrola
- Útěk
- boj

Sympatikus  
dřeň nadledvin

kontrola



Noradrenalin  
Gonadotropin  
Testosteron  
oxytocin

úsilí



Adrenalin  
Prolaktin  
Endorfiny  
Renin  
Mastné kyseliny  
glykogenolýza

pasivní typ

hipocampus

teritoriální reakce

- Ztráta teritoria
- Akumulace viscerálního tuku
- Snížené sexuální chování a mateřské pudy

Hypofýza  
Kůra nadledvin

Ztráta kontroly

ACTH ↑  
kortizol ↑  
catecholaminy ↔  
Gonadotropní hormon ↓  
testosteron ↓

# 1.FÁZE – POPLACHOVÁ REAKCE- co se děje ?

- Pohyb- zvýšené prokrvení svalů
- Myslet- zvýšené prokrvení mozku
- Stačit s dechem- bronchodilatace
- Rychlejší dodávka kyslíku- tachykardie
- Energie – glykogenolýza, lipolýza, glukoneogeneze, proteolýza
- Kůže, trávicí trakt, ledviny jsou vedlejší- vasokonstrikce (zpomalení motility a sekrece trávicího systému )

# Účinky katecholaminů

➤ Poločas asi 2 min

**Působí na různé receptory:**

$\alpha$ - cévy- konstriktce

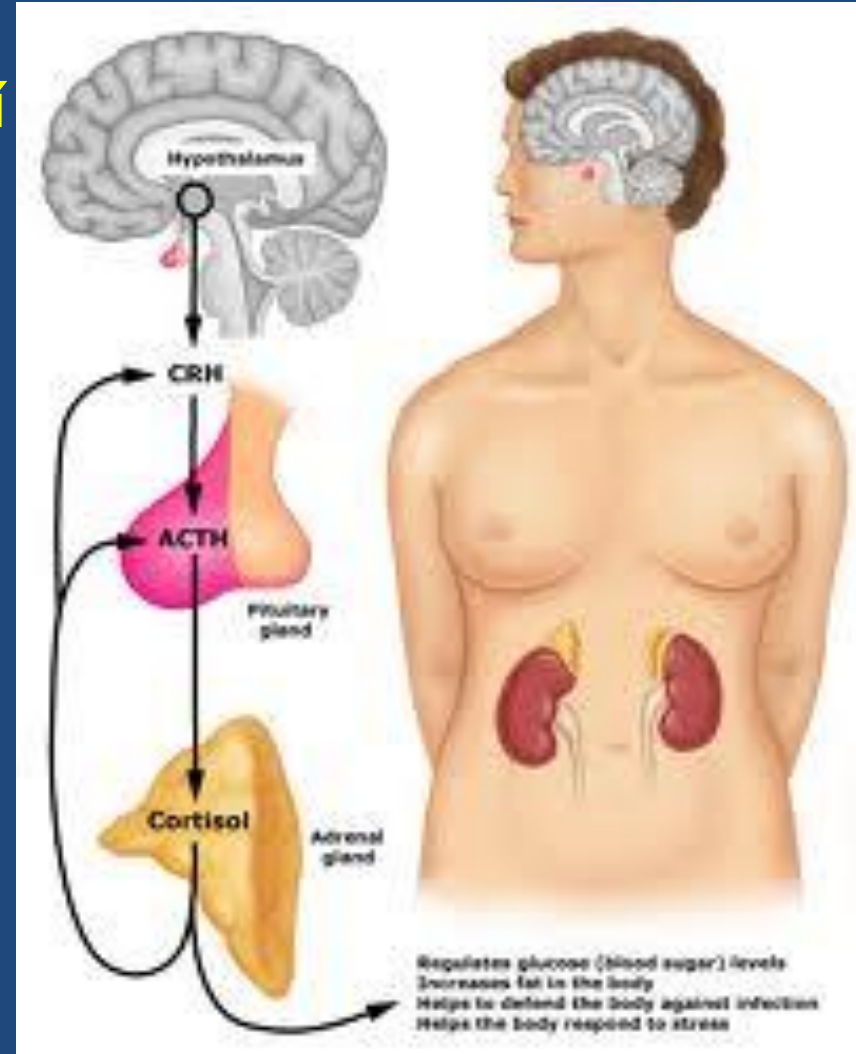
B1- srdce ( zvyšuje kontraktilitu a frekvenci )

B2- bronchy, cévy - dilatace

- Stimulace glykogenolýzy ve svalech a játrech
- Stimulace lipolýzy v tukové tkáni
- Blokáda výdeje inzulínu ( G pro mozkovou buňku)
- Zvýšení srdečního výdeje a intenzity srdeční kontrakce
- Zvýšená ventilace – dilatace bronchů
- Redistribuce krve ( vazokonstrikce v kůži, GIT, vazodilatace koronárních cév, v mozku, kosterní svalovině)
- Zvyšují napětí stěn arterií ( brání poklesu TK)

# Pokud je útěk delší

- Uvolňuje se adrenokortikotropní hormon (ACTH) z hypofýzy (stimulace kortikoliberinem CRH)
- Stimulace kůry nadledvinek
- Produkce kortizolu, aldosteronu
- Dochází k mobilizaci energie



# účinky glukokortikoidů

## PROTEOKATABOLICKÝ

▶ účinek nastává za 1-2 hodiny

inhibice proteosyntézy + zrychlený rozpad proteinů ve svalech, kostech, pojivu, lymfatické tkáni

**játra**

▶ proteoanabolický účinek

▶ stimulace glukoneogeneze v játrech

*nadbytek kortizolu → hyperglykemie  
(steroidní DM)*

## Sval, pojivo, lymfatická tkáň:

- mobilizace AK z tkání
- ↓utilizaci G do bb → víc pro mozek, srdce

## Tuková tkáň:

- mobilizace MK z tukové t. - ↑lipolýza
- ↑oxidace MK (↓utilizace glc-energie z MK)

## Ostatní tkáně:

- protizánětlivý, imunosupresivní vliv,
- ↓počet lymfocytů, eozinofilů x ↑trombocytů
- ↑resorbci kostí+ ↓resorbci Ca z GIT,
- v žaludku ↑sekreci HCl,
- ↑kontraktilitu a tonus cév + ↓permeabilitu cév



# Účinek aldosteronu

- prekurzorovou molekulou je **cholesterol**
- zvyšuje **resorpci Na** ( doprovázeno resorpcí vody)
- Zvyšuje exkreci K v ledvinách ( brání kumulaci K)
- zvyšuje ECT – zvyšuje TK
- R-A-A

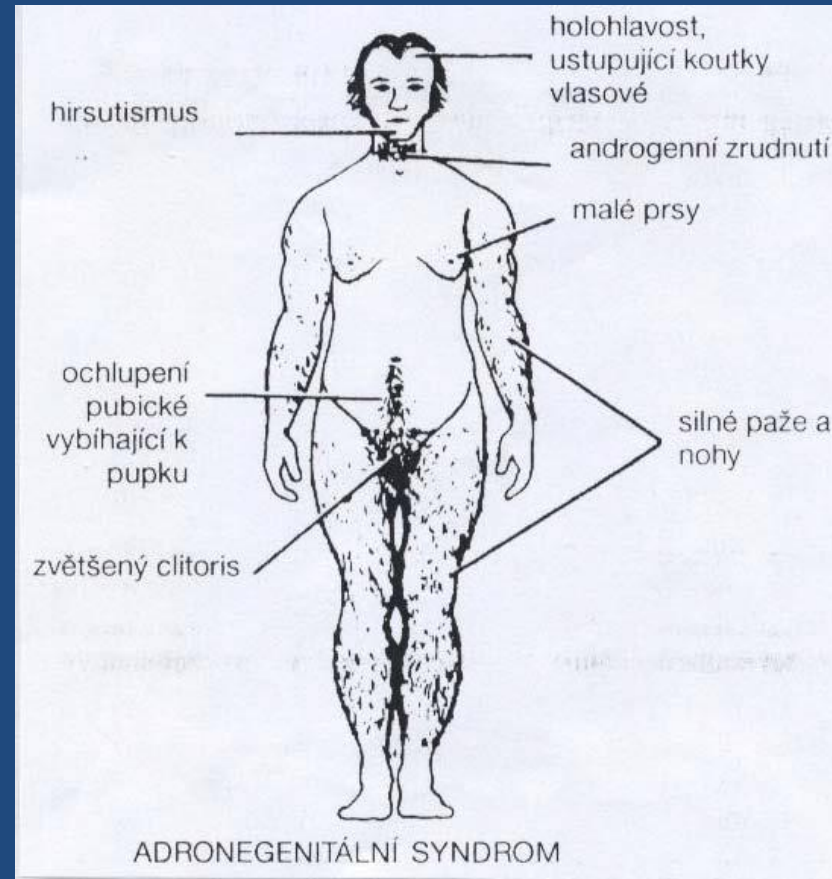
+ potní, slinné žlázy, střevo

androgeny = ♂ pohl. hormony

**DEHYDROEPIANDROSTERON -DHEA**

**ANDROSTENDION –prekurzor testosteronu**

- ▶ slabé androgenní účinky  
(proteoanabolické,  
vývoj sekundárních  
pohl. znaků,  
typ ochlupení, libido)
- ▶ sekreci řídí ACTH



# Vyplavení dalších hormonů

## testosteron

krátký anaerobní trénink

- produkce přítomna u obou pohlaví ( ženy 10% hodnot mužů)
- anabolický hormon ( růst tělesné hmoty)
- zvýšený tonus a svalová síla

## hormony štítné žlázy

- zvyšují metabolický obrat ve všech buňkách
- zvýšení úrovně bazálního metabolismu až 4x

## Inzulín, glukagon

- během zátěže produkce inzulínu klesá ( již po 10 min aerobní ho tréninku), nicméně efektivita využití stoupá – citlivější receptory
- produkce glukagonu stoupá – glykogenolýza v játrech ( udržení euglykemie)

## adipocytární hormony – leptin, adiponektin

- regulace příjmu potravy ( vyšší hladina leptinu u obézních) a metabolizace substrátů

# FYZIOLOGICKÉ ZMĚNY ORGANISMU PŘI STRESU:

- do krevního oběhu je **dodáván cholesterol**, zajišťující energetický výdej
- **krev se zahušťuje**, aby se snižovalo krvácení (tím více má srdce práce s rozvodem)
- **krev odchází ze žaludku a pokožky** do svalů (podchlazení, potivost)
- **zornice se rozšiřuje** (lepší vidění)
- **sluch se stává ostřejším**
- zlepšuje se **hmat** (vztyčením chlupů na těle se zvyšuje objem těla - zastrašení soupeře)
- **roztahují se průduchy** na dýchání, zrychluje se dech
- z hypothalamu se uvolní **endorfiny**, aby blokovaly bolest
- **srdce bije rychleji** (rychlejší rozvod krve a zvýšení tlaku)

# EUSTRES

- stres s pozitivními účinky
- nemusí mít škodlivé důsledky, má **značný adaptační význam**
- zvyšuje kvalitu života



# DISTRESS

- stres s **negativními účinky** na člověka
- je chápán jako nadlimitní psych. zátěž, které je nad úrovní zátěží obvyklých a nezvladatelných

Pokud jste jeho vlivu vystaveni delší dobu, dojde k poškození vašeho zdraví. Zvyšující se napětí může skončit syndromem vyhoření a depresí.



# Pohybová zátěž

vyvolává změny v organismu:

A) okamžité - reakce (odpověď) na jednorázovou zátěž

– např.  $\uparrow$  SF

B) po nějaké době - adaptace při opakování zátěži

- např.  $\downarrow$  SF klidové a  $\downarrow$  SF při stejné zátěži

Podnět musí být ale dostatečně silný !!!

# Pohybová zátěž vyvolává reaktivní i adaptační

- změny v **kardiovaskulárním systému** ( srdce, cévy )
- Změny v **dýchacím systému**
- změny v **neurohumorálním systému**
- změny ve **vnitřním prostředí** ( pH )
- změny ve **svalech**
- změny v činnosti **ledvin**
- změny **metabolismu**





# Reakce na zátěž

## Změny v kardiovaskulárním systému

- Centrální
- Zvýšení **TF** ( max TF 220 – věk)

Reakce probíhá v několika fázích

**Fáze úvodní** – zvýšení někdy i o desítky tepů

**Fáze průvodní** – prudký vzestup na počátku, pak pozvolnější růst

**Fáze následná** – prudký pokles, pak pozvolnější

# Průměrné hodnoty SF max

VĚK	MUŽI	ŽENY
18	194±10	197±7
25	191±9	194±8
35	186±10	188±9

$$SF_{\max} = 220 - \text{věk}$$

- **Systolický objem** ( klid 60-80ml až 120-150ml v zátěži)
- **Minutový objem** ( klid 4-5l až 20-25l v zátěži)
- **Ejekční frakce** ( z 55% na 85%)
- **Periferní** (cévy)
- redistribuce krve: **vazodilatace** v pracujícím svalu, **vazokonstrikce** v obl. splachnické, renální, kožní a cévy nepracujících svalů
- Změny v prokrvení orgánů ( mozek, svaly)
- Klidový **TK** 130/80

Tlak při zátěži : systola až 230, diastola vyšší o 10-20 mmHg

# Hodnoty TK při zatížení různé intenzity a délky trvání

	sTK	dTK
Krátkodobé zatížení max. intenzity	150-190	80-110
Zatížení submaximální intenzity	180-240	40-100
Dlouhodobé zatížení střední intenzity	130-170	80
Statické krátkodobé zatížení	140-160	80-100

# Distribuce srdečního výdeje

	klid	zátěž
<b>srdce</b>	5% = 0,25 l/min	5% = 1,25 l/min
<b>mozek</b>	15% = 0,75 l/min	4% = 1,0 l/min
<b>svaly</b>	20% = 1,0 l/min	85% = 21,25 l/min
<b>trávicí systém</b>	25% = 1,25 l/min	5% = 1,25 l/min
<b>kosti</b>	4% = 0,2 l/min	1% = 0,25 l/min
<b>ledviny</b>	20% = 1,0 l/min	3% = 0,75 l/min

# Autonomní nervový systém

- Sympatikus, parasympatikus – není ovlivněn naší vůlí
- Sympatikus **připravuje organismus na zátěž** (psychickou, fyzickou )
- Parasympatikus umožňuje regeneraci organismu
- Rovnováha obou systémů zajišťuje vnitřní stabilitu organismu

# Změny vnitřního prostředí

## pH krve :

nízká intenzita- pH se nemění

submaximální i.- zvýšení LA - snížení pH

- Stoupá **hematokrit**- ovlivnění hemodynamiky
- **Glykemie** ( **pozátěžová hyperglykemie, hypoglykemie**)
- **Laktát**
- **Erythropoetin** vzniká z 90-95% v ledvinách  
reguluje tvorbu červených krvinek  
stimulem pro zvýšenou tvorbu erythropoetinu je pokles parciálního tlaku kyslíku protékající ledvinou ( v zátěži)- **hypoxie ledviny**
- **Leukocyty** ( **leukocytóza, leukopenie**)

# Změny dýchacího systému

- Zvýšení **dechové frekvence**
- Zvýšení **příjmu kyslíku a výdeje oxidu uhličitého** ( zpočátku téměř lineárně)

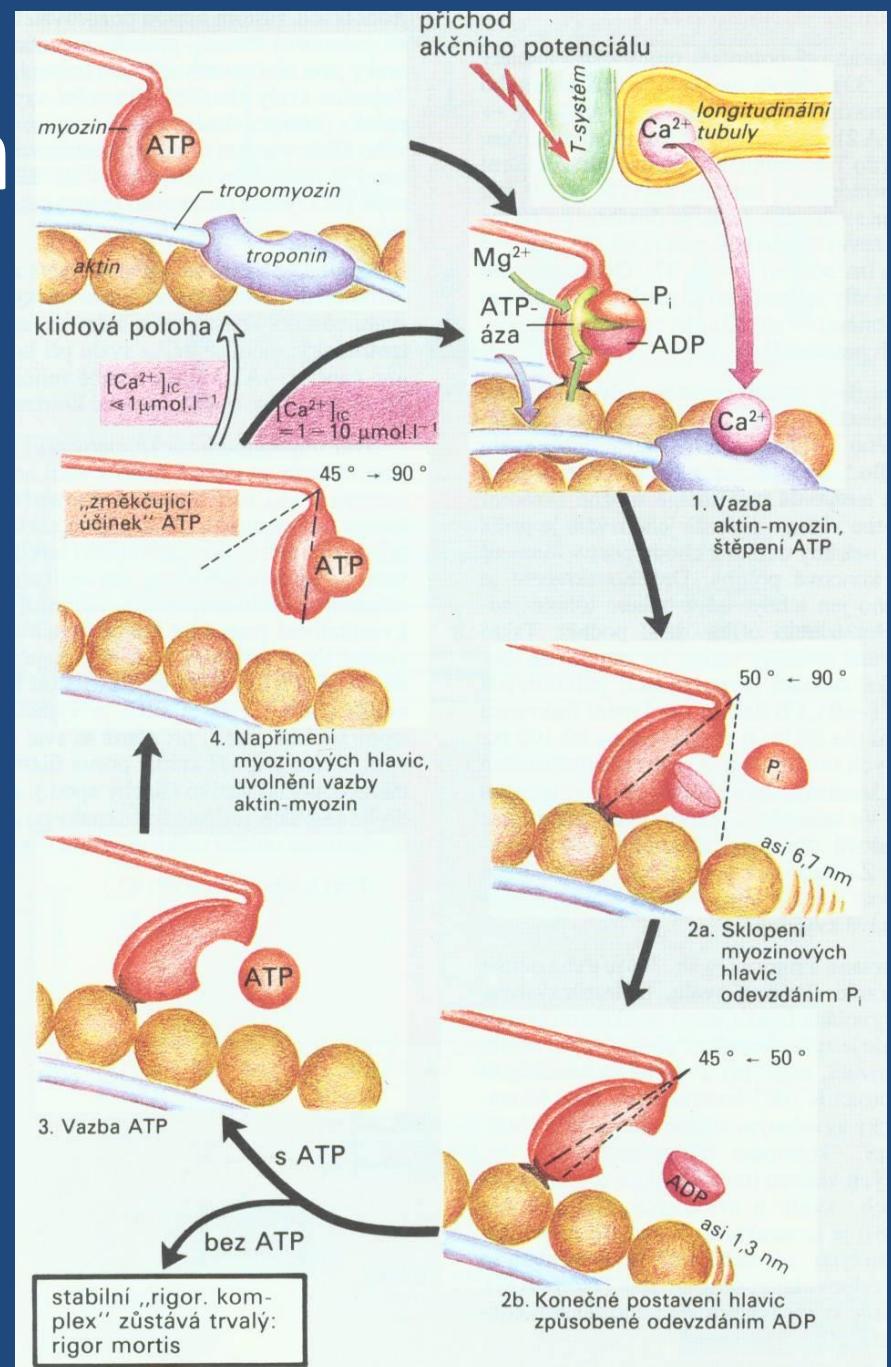
U 60 -70%  $\dot{V}O_2$  max ( ventilační anaerobní prah – nesoulad v dodávce  $O_2$  )

- Změny mechaniky dýchání (zvýšení využití bránice, mezižeberních a břišních svalů)
- **Bronchodilatace** (rozšíření průdušek )



# Změny ve svalech

- Svalová kontrakce

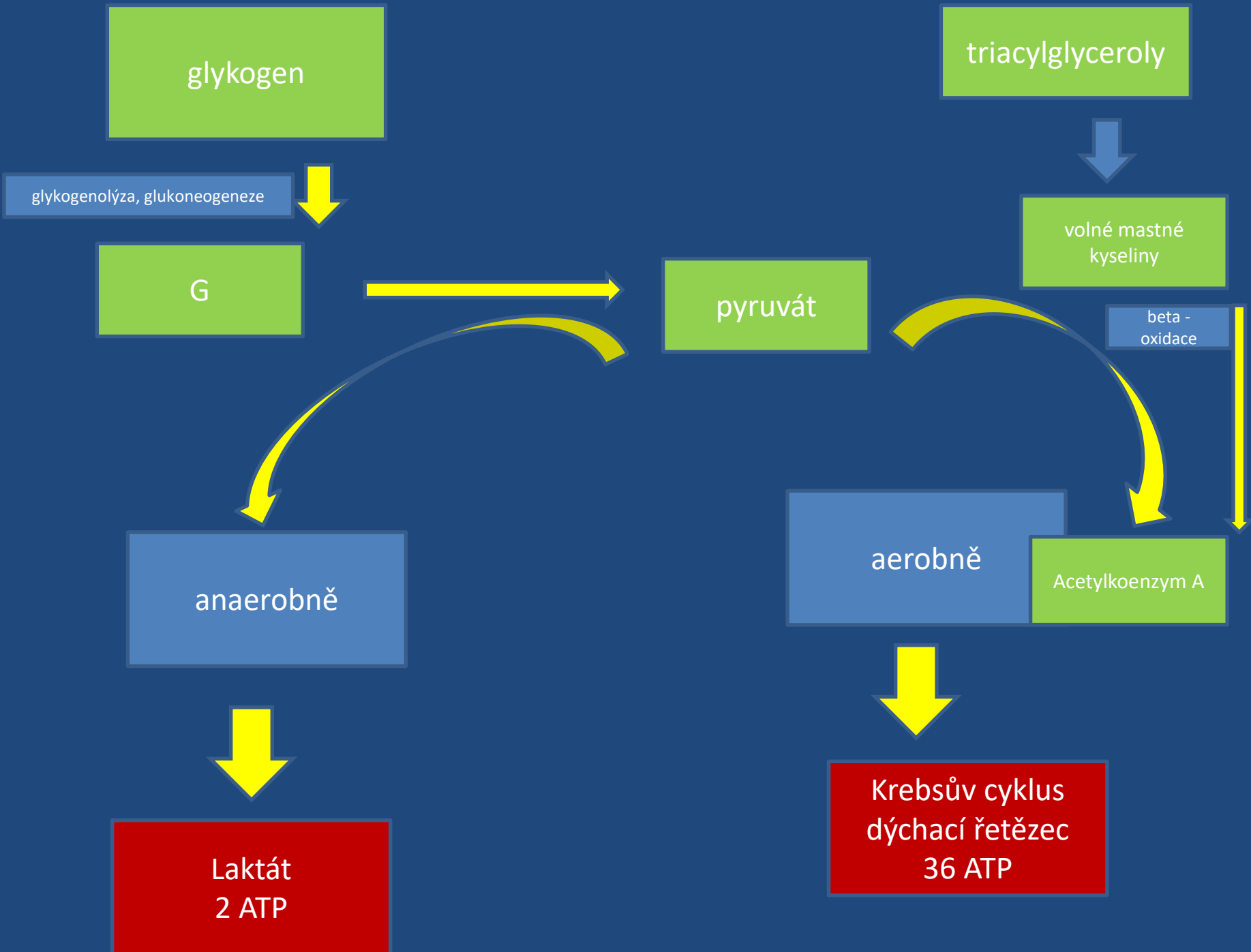


# Změny v činnosti ledvin

- Při výkonu **klesá prokrvení ledvin**
- Zvyšuje se **tvorba erythropoetinu**
- Při výkonu se zvyšuje **vylučování mineralokortikoidů**- aldosteronu ( zvyšuje vstřebávání sodných iontů a reabsorbuje se i voda tzn. **sníží se diuréza**)

# Změny metabolismu

- Zdroje energie pro pohyb tvoří energie chemických vazeb živin přijímaných potravou makroergních vazeb kyseliny fosforečné (ATP)
- Energetické nároky pohybové zátěže – variabilní
- Energetické substráty : sacharidy, tuky (bílkoviny)



glykogen

triacylglyceroly

glykogenolýza, glukoneogeneze

G

volné mastné kyseliny

pyruvát

beta-oxidace

anaerobně

aerobně

Acetylkoenzym A

Laktát  
2 ATP

Krebsův cyklus  
dýchací řetězec  
36 ATP

# ENERGETICKÉ KRYTÍ

- ATP,CP systém

několik s, maximální intenzita

- Glykolytická fosforylace

dosahuje maxima po 40 – 50 s, submaximální intenzita

- Oxidativní fosforylace

Převládá u dlouhodobé zátěže

# Co je acidobazická rovnováha?

= rovnováha mezi acidifikujícími a alkalizujícími vlivy

**nerovnováha** znamená, že se:

- změnily se poměry kyselin a bází
- změnilo se pH **organismu**
- narušily regulační mechanismy
- postupně uplatňují kompenzující mechanismy

# Kyseliny a zásady v organismu

Z hlediska ABR rozlišujeme 3 druhy reakcí

## protonproduktivní

- Anaerobní glykolýza ( svaly, erytrocyty):



- Ketogeneze



- Lipolýza



- Syntéza urey



## protonkonsumpční

- Glukoneogeneze



## protonneutrální

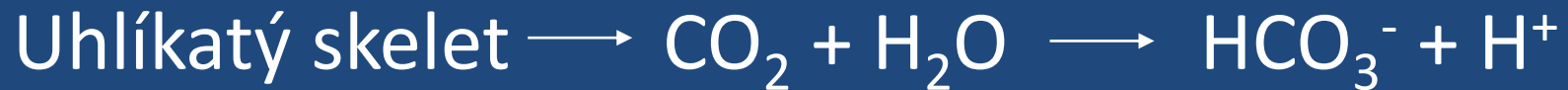
- Oxidace glukózy
- Lipogeneze z glukózy

Celkově vzniká 1 mmol/kg tělesné hmotnosti za den  
kyselin



Lidský organismus denně vyprodukuje velké množství kyselin

## A, kompletní oxidací látek

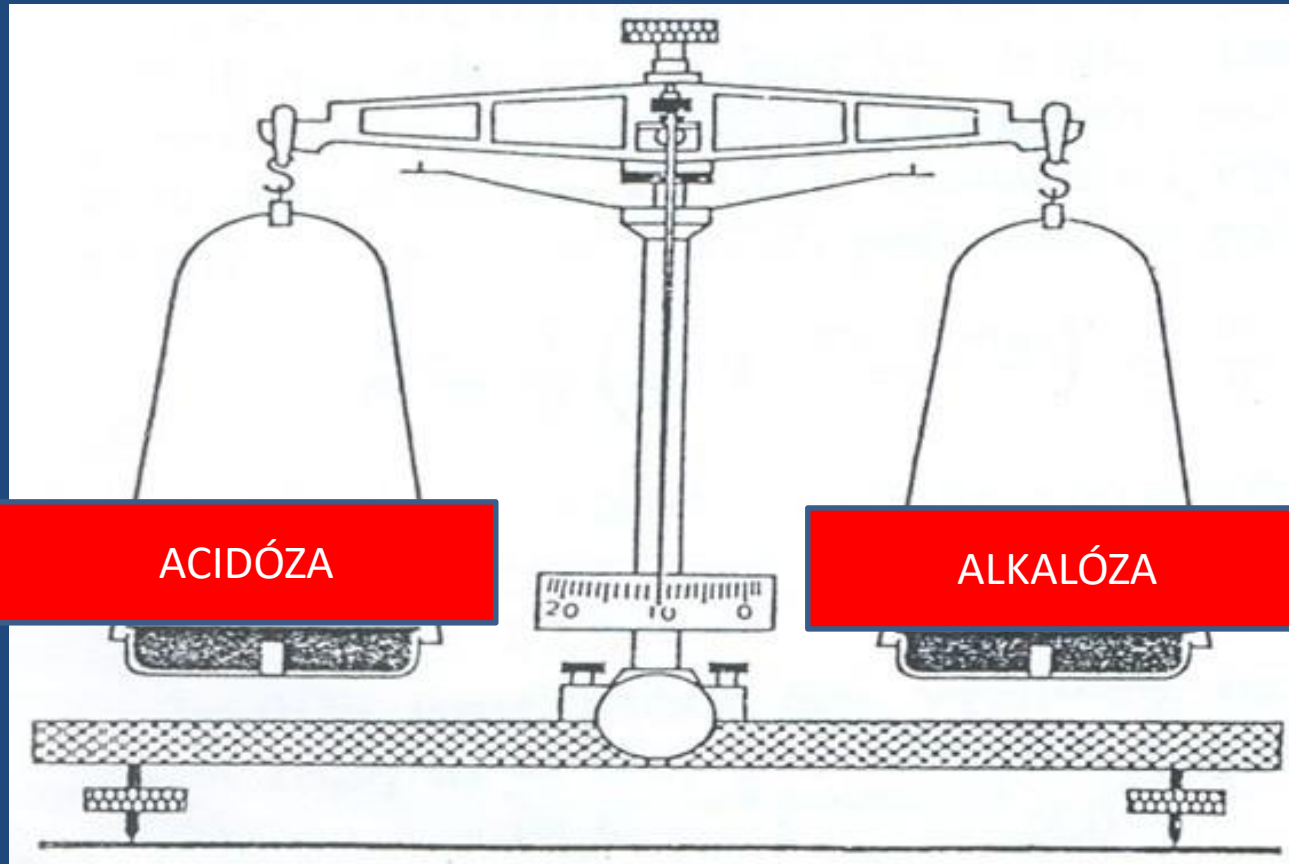


## B, nekompletní oxidací





# Poruchy ABR



ACIDÓZA

ALKALÓZA

Acidémie

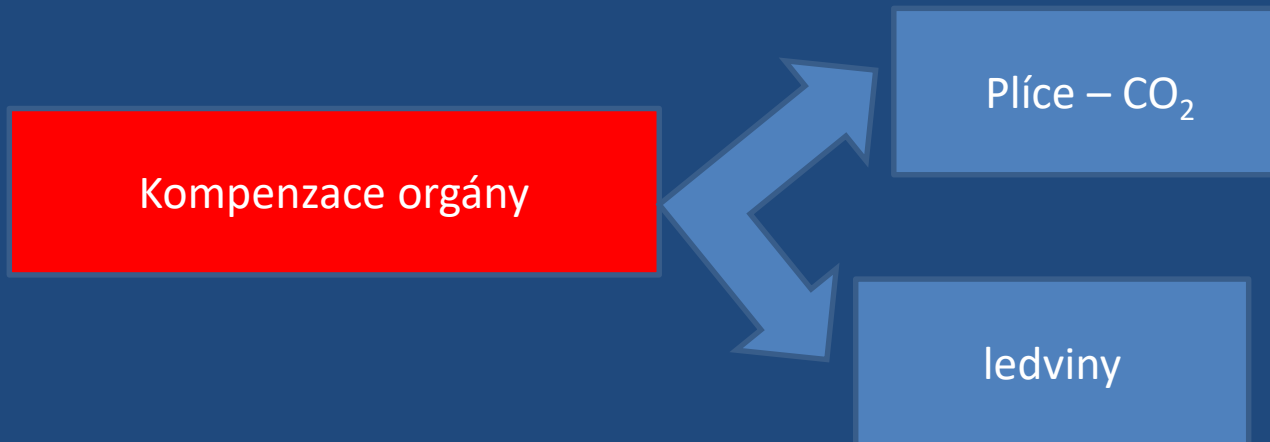
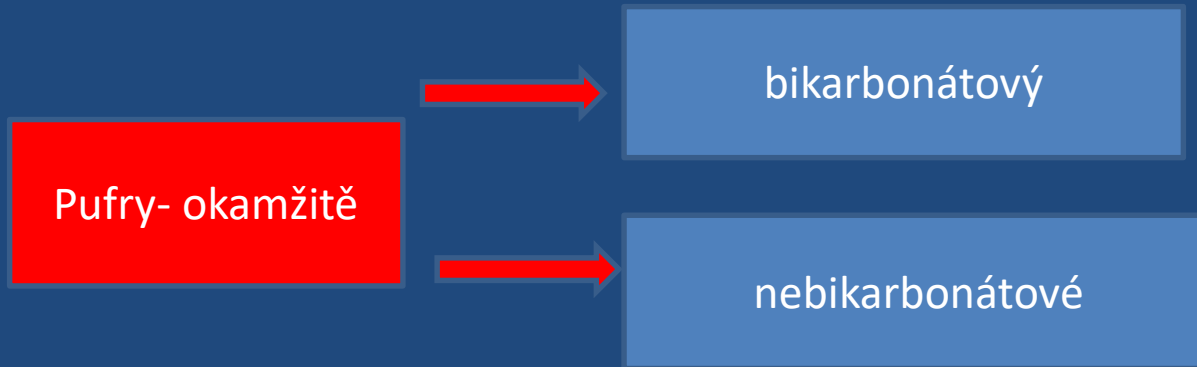
Alkalémie

respirační



metabolická

# Poruchy ABR



# Na udržení ABR se dále podílejí:

- **Játra** – příklad amoniak ( přeměna buď na močovinu nebo glutamin)
- **Myokard**- ovlivňuje ABR oxidací laktátu či ketolátek

# Metabolická acidóza

## 1. Příčina – nadměrná produkce / příjem $H^+$

- DM, hladovění (  $\beta$ - oxidace MK – ketokyseliny)
- Fyzická zátěž, hypoxie ( anaerobní glykolýza)

## 2. Příčina – porucha v ledvinách

Kompenzace MAC

- ❖ Pufr – bikarbonátový
- ❖ Plíce – hyperventilace
- ❖ Ledviny – zvýšená eliminace  $H^+$ , zvýšená resorpce  $HCO_3$

důsledek – hyperkalémie

*(Výměna  $H^+$  za  $K^+$  v buňkách)*

# Metabolická alkalóza

Příčina :

- Přívod bází ( infuze  $\text{HCO}_3$ )
- Zvracení ( ztráta  $\text{H}^+$ )

důsledek – hypokalémie

Kompenzace MAL

- Hypoventilace není možná !
- Ledviny – zvýšená eliminace  $\text{HCO}_3$

# Respirační acidóza

Příčina:

- Onemocnění plic a hrudníku ( retence  $\text{CO}_2$ )

Kompenzace RAC

- Pufrování : nebikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace  $\text{H}^+$ ,  $\text{NH}_4$ , zvýšená resorpce  $\text{HCO}_3$



# Respirační alkalóza

Příčina:

Hyperventilace, nadmořská výška

Kompenzace RAL

- Pufrování : nebikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace  $\text{HCO}_3$ , snížená sekrece  $\text{H}^+$

# Laboratorní vyšetření ABR

- **Parametry ABR:** pH, pCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, pO<sub>2</sub> a BE
- **Vyšetření ostatních látek s vlivem na ABR:**
  - 1, koncentrace kationtů: Na, K, CA, Mg
  - 2, koncentrace aniontů: Cl, La, albumin
  - 3, koncentrace metabolitů: urea, kreatinin

ASTRUP – kapilární krev ( nesrážlivá – heparin)

# Normální hodnoty ASTRUP

- pH: 7,35 – 7,45
- pCO<sub>2</sub>: 4,80 – 5,90 kPa ( 35 – 45 mmHg)  
nižší = hypokapnie  
vyšší = hyperkapnie
- pO<sub>2</sub>: 9,9 – 13,3 kPa ( 80 – 100mmHg)

Pak se vypočítají ( software- Henderson- Hasselbachovy rovnice) hodnoty:

- HCO<sub>3</sub> : 24 mmol/l
- BE: 0 ± 2,5 mmol/l

**BE**= přebytek bází ( jedná se o počet molů silné kyseliny, kterou je třeba přidat do 1 l okysličené krve, aby bylo dosaženo pH 7,4 při teplotě 37°C)

**Záporné hodnoty** – nadbytek kyselin ( metabolická acidóza)

**Kladné hodnoty**- nadbytek bází( metabolická alkalóza)

# Adaptace

= biologický děj, představující soubor změn :

- morfologických
  - biochemických
  - funkčních
  - psychologických
- v organismu jako celku i v jednotlivých orgánech

# Adaptace

= přizpůsobení organismu na změny prostředí

liší se od reakce na jednorázový podnět :

- má pomalejší průběh
- může být vyvolána pouze dlouhodobým kontinuálním nebo přerušovaným tréninkem
- jedná se o biologicky výhodné změny organismu / zachování homeostázy /

**! Ale aby k adaptaci došlo je nutné opakované narušení homeostázy !!!!!**

# Regulace adaptačních pochodů

- CNS
- Hormonální vlivy
  - princip zpětné vazby –podnět

Podnět musí být :

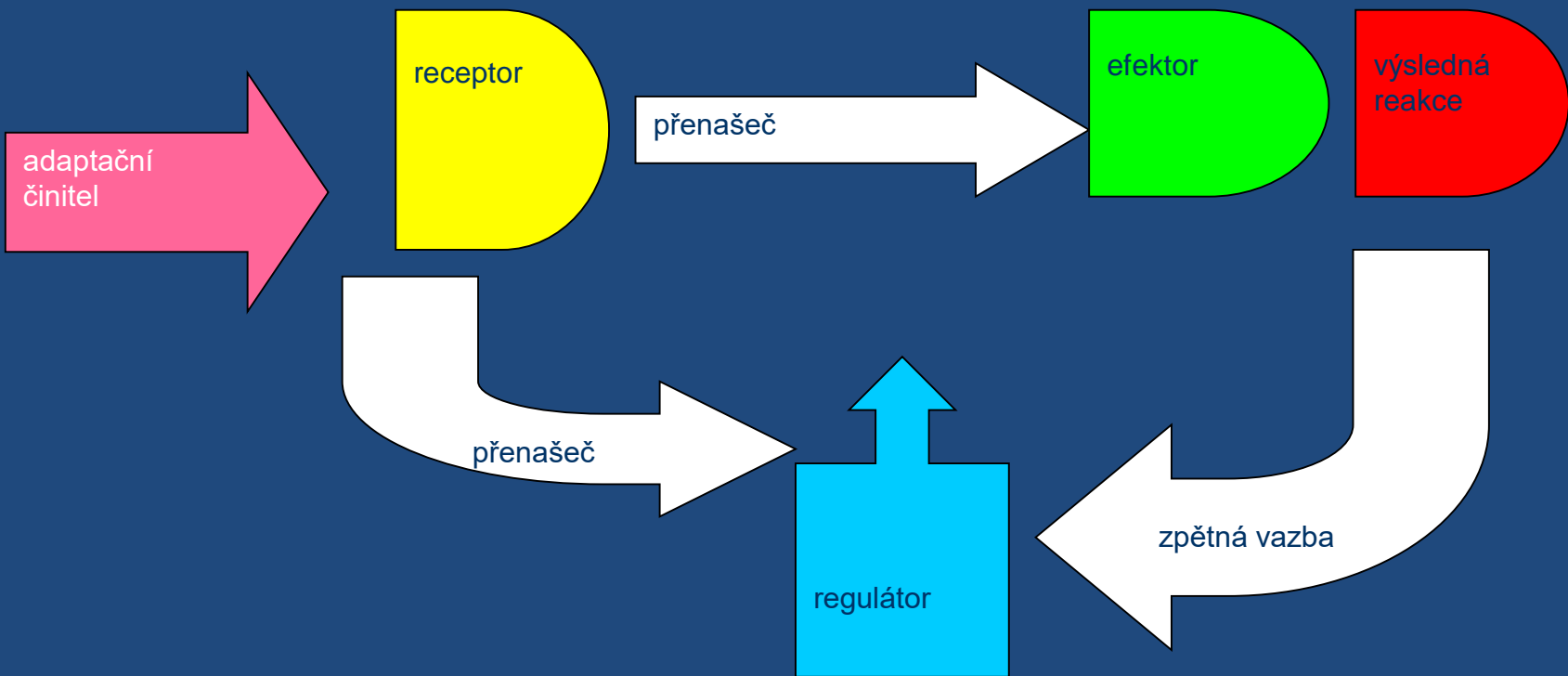
A, nadprahové intenzity

B, působit dostatečně dlouho

Individuální adaptace : se uskuteční v rámci **genetického vybavení buňky**. Adaptační proces rozšiřuje využití genetické výbavy

# Adaptace mohou nastat na úrovni :

- metabolismu jako celku
- orgánů
- buněk



# Posloupnost v dějích adaptace organismu :

1. Aktivují se procesy souvisící s **hromaděním energie** v buňkách / zákon superkompenzace /-zásoby
2. **tvorba enzymů** metabolických cyklů / př. ve svalech dojde ke zvýšené produkci mDNA specifických pro syntézu oxidativních enzymů / = **zlepšené využívání rezerv v buňce**
3. **Akumulace bílkovin** za účelem hypertrofie orgánu / myokard /



# Podmínky adaptace organismu na tělesnou zátěž

- **Frekvence zátěže** -pravidelné opakování zátěže

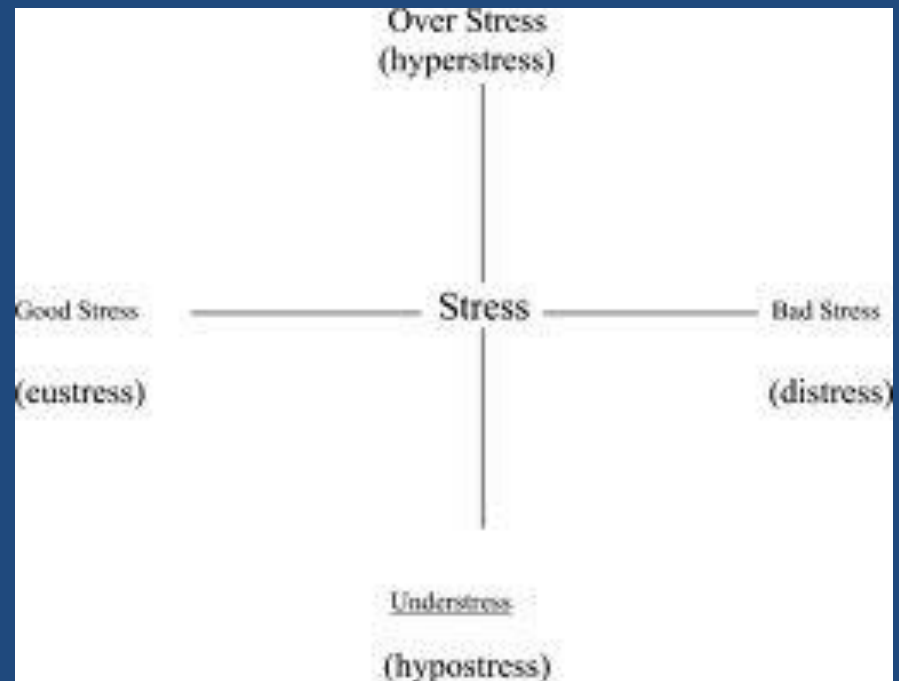
- **Intenzita podnětů :**

hyperstres

(překračuje hranici adaptability )

hypostres

(nedosahuje toleranci stresu)



- **Doba trvání** ( u silových nemusí být dlouhá)

# Charakter podnětu

- Podněty z vnějšího prostředí – adaptační činitelé / stresory /
- Dostatečně **silný podnět**
- Působící po **dostatečně dlouhou dobu**
- **Opakující** se v určité frekvenci

**Slabé podněty** - nevedou k adaptaci

**Silné podněty** – nevedou k adaptaci, únava,  
přepětí, přetrénování

Účinná intenzita adaptačních podnětů : **80 – 100% maximální možné intenzity**

**Pro rozvoj adaptace je nutné zintenzivňovat podněty se stupněm trénovanosti jedince / přídatné zatížení : teplo , hypoxie,.../**

## Intenzita podnětu

- rychlost, síla / vysoká intenzita /
- Nižší intenzita , vyšší objem – vytrvalost

## Frekvence tréninkových podnětů – častá

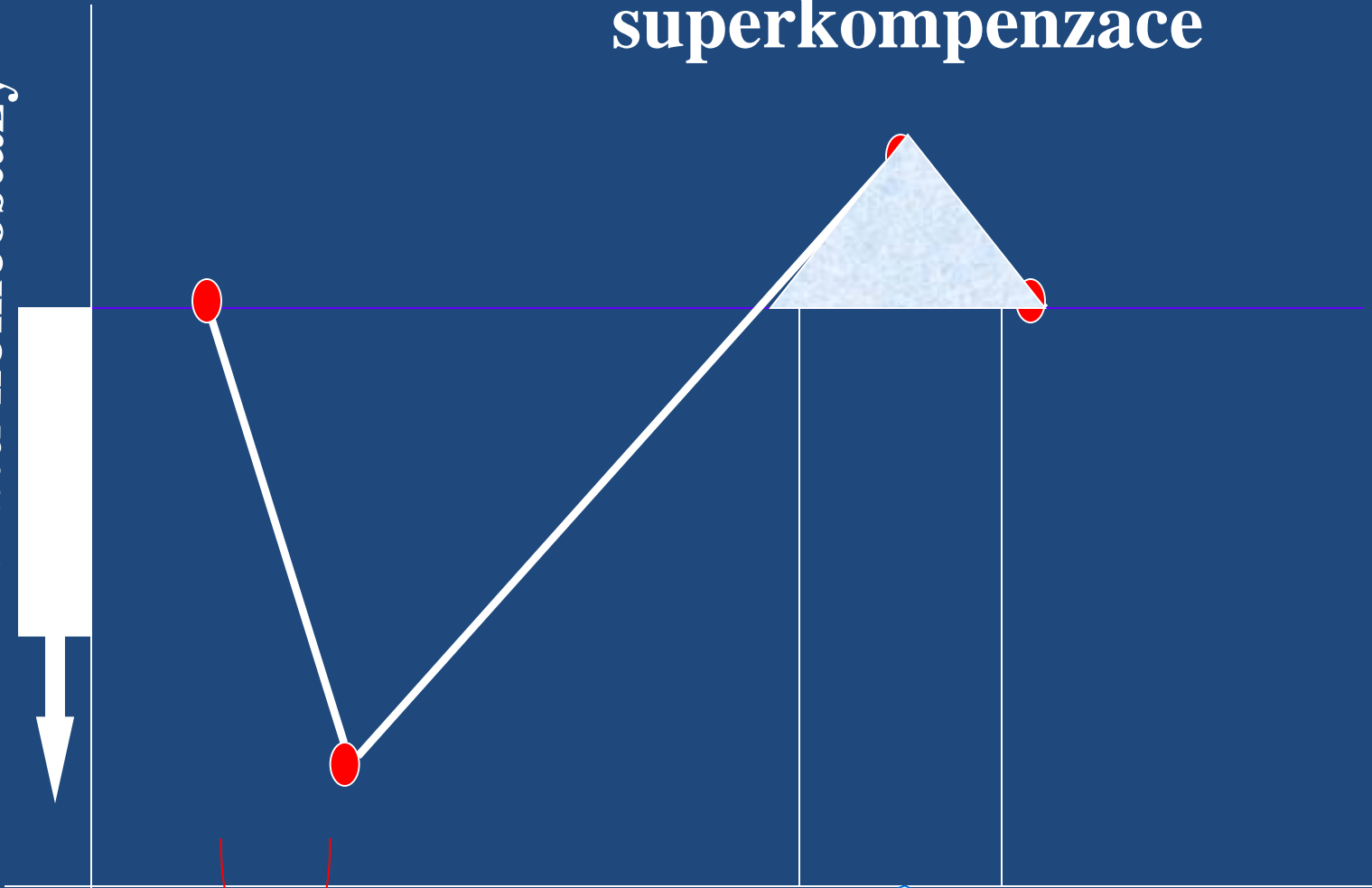
- všeobecná zdatnost : 3 – 4 x týdně
- trénovanost : 4 – 6 x týdně, denně, i několikrát za den

V přestávkách mezi výkony musí dojít k úplnému odstranění následků akutní únavy

Přestávka musí být tak dlouhá, **aby došlo k dalšímu zatížení ve fázi superkompenzace**

# superkompenzace

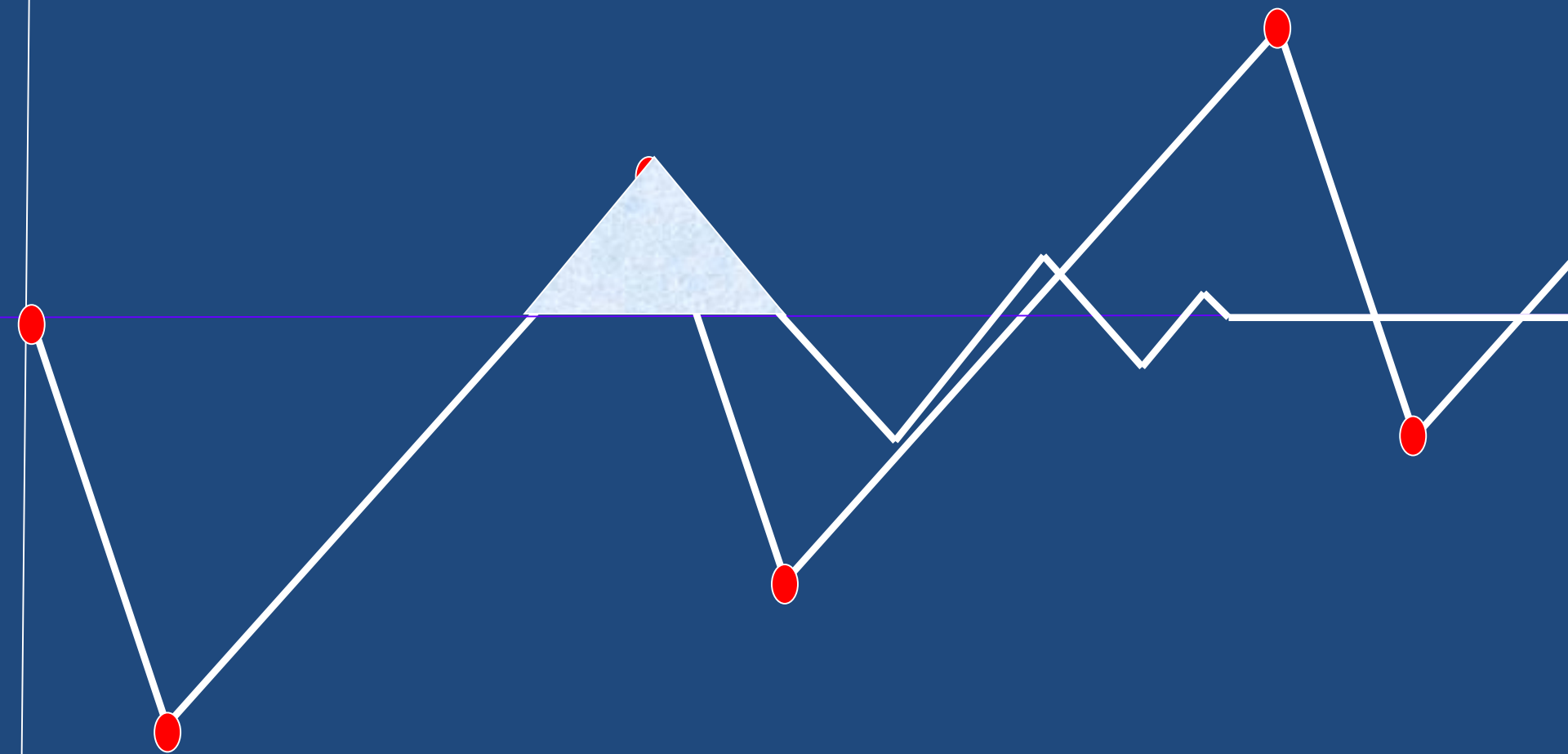
Míra rozvratu homeostázy



**zátěž**

**Období optimálního  
zahájení dalšího tréninku**

- 1) Pokud nepřijde další podnět (stresor, zatížení)
- 2) Pokud přijde další podnět v optimální čas



intenzita a doba trvání práce	zotavná fáze	změny výchozích hodnot		
		kreatinfosfát	glykogen	bílkovinný dusík
supramaximální – 10s	po práci	- 45%	-	-
	4 min	- 10%	-	-
submaximální - 15 min	po práci	- 138 mg%	-190 mg%	-406 mg %
	po 15 min	-71 mg%	-130 mg%	-400 mg %
	po 30 min	-48 mg%	-64 mg %	- 333 mg %
	po 60 min	+ 23 mg%	+ 11 mg %	- 302 mg %
	po 6 hod	+97 mg%	+143 mg %	+37 mg %
	po 12 hod	+110 mg %	+ 187 mg%	+ 361 mg %
	po 24 hod	-	+ 141 mg %	+ 270 mg %
	po 48 hod	-	+ 15 mg %	- 26 mg %
mírná - 5 hod	po práci	- 89 mg%	- 400 mg %	- 25 mg %
	po 30 min	- 57 mg %	- 322 mg %	- 8 mg %
	po 60 min	+ 11 mg %	- 272 mg %	- 25 mg %
	po 6 hod	- 37 mg %	- 114 mg %	- 23 mg %
	po 12 hod	- 14 mg %	+ 180 mg %	+ 75 mg %
	po 24 hod	+ 13 mg %	+ 216 mg %	+ 46 mg %
	po 48 hod	- 2 mg %	+ 267 mg %	+ 29 mg %
	po 72 hod	+ 17 mg %	+ 168 mg %	+ 8 mg %

Přírůstek % výkonnosti vzhledem k výchozím stavu T a NT	<b>T +5 %</b> <b>NT+12 %</b>	<b>T + 10 %</b> <b>NT + 25%</b>	<b>T + 15%</b> <b>NT + 40%</b>	
Doba potřebná k max.rozvoji energet. systému	<b>7 – 8 týdnů</b>	<b>8 – 12 týdnů</b>	<b>více než 12 týdnů</b>	
Charakter odpočinku	<b>pasivní /</b> <b>aktivní /</b>	<b>aktivní / mírné</b> <b>zatížení /</b>	<b>pasivní</b>	
Intenzita zatížení	<b>maximální</b>	<b>submaximální až</b> <b>maximální</b>	<b>střední</b> <b>/ vyšší než na</b> <b>úrovni iANP /</b>	<b>maximálně na</b> <b>úrovni ANP</b>
Odpočinek :zatížení	<b>1:3 – 6</b> závisí na trénovanosti	<b>1.2 -3</b>	<b>1:1-1,5</b>	
Počet tréninkových jednotek týdně	<b>1 - 3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2 – 3</b> podle délky zatížení
Počet opakování zatížení v TJ	<b>Až 50 x v sérii po</b> <b>8 – 10 zatíženích</b>	<b>4 – 25 x podle doby</b> <b>zatížení ve 4 – 6 sériích</b>	<b>3 – 4 v 1</b> <b>sérii,interval</b> <b>ový trénink</b>	<b>kontinuální trénink</b>
Doba zatížení	<b>10 – 20 s</b>	<b>30 – 120 s</b>	<b>3 – 5 min</b>	<b>30 min a více</b>
Energetický systém	<b>rychlost / ATP –</b> <b>CP systém /</b>	<b>rychlostně – vytrvalostní</b> <b>/ LA systém + O2</b> <b>systém /</b>	<b>vytrvalost</b> <b>/ O2 systém /</b>	

- Základem tréninkových metod je **naladění organismu na určitý pracovní režim** – podkladem pro maximalizaci adaptace metabolického potenciálu potřebného pro rozvoj pohybové schopnosti
- Základem všech metod je **opakování zatížení**:
  - **střídavý trénink** ( zatížení různé intenzity, různého trvání)
  - **intervalový trénink** ( stejná intenzita i trvání )
  - **kontinuální trénink** ( déletrvající zatížení )



## Racionální trénink má 4 komponenty fyziologických mechanismů

- Intenzivní aktivita po několik sekund – **rozvoj síly nebo rychlosti**
- **Intenzivní** aktivita po dobu 60 s a opakovaná v intervalu okolo 5 min/ organismus je v mírné aktivitě / – **rozvoj anaerobních procesů**
- Aktivita **submaximální intenzity** po dobu 3 – 5 min s intervaly odpočinku / aktivního / po stejnou dobu – **rozvoj maximálního aerobního výkonu**
- Aktivita **střední intenzity** po dobu 30 minut a více – **rozvoj vytrvalosti**

# Přehled adaptací

Kardiovaskulární systém

Dýchací systém

Energetický metabolismus

Pohybový systém

# Kardiovaskulární systém

- souvisejí s trénovaností
  1. strukturální změny
  2. funkční změny

## Trénovaný jedinec - strukturální změny

### srdce

- fyziologická hypertrofie a dilatace
- ↑ hmotnosti

### cévy

- ↑ množství kapilár ve svalech

# Fyziologická hypertrofie srdce

## u vytrvalostního tréninku

hypertrofie **excentrická** = dilatace komor

## u silového tréninku

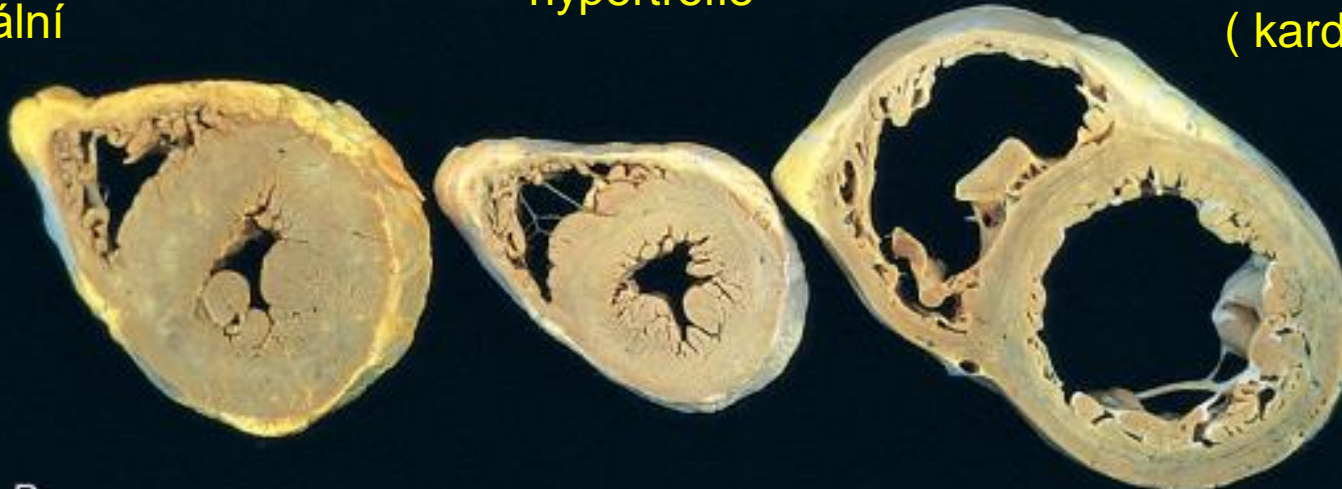
hypertrofie **koncentrická** = ↑ tloušťka stěn, ale zmenšení dutin

Dosažení trvá několik let. Běžné u vrcholových sportovců u rekreačních výjimečné.

normální

koncentrická  
hypertrofie

excentrická  
hypertrofie  
(kardiomyopatie)



B

# Hypertrofie a dilatace srdce



**fyziologický  
myokard**



**koncentrická  
hypertrofie**



**excentrická  
hypertrofie**

# Trénovaný jedinec - funkční změny

↓ klidové TF =

sportovní bradykardie

- extrémní hodnoty 30-35 tepů/min

↑ klidového systolického objemu

na 80-100 ml

- při zátěži až 150-200 ml

↑ max. minutový objem (zátížení)

až 35 l/min

# ADAPTACE NA ZÁTĚŽ

- SRDEČNÍ FREKVENCE ↓
- SYSTOLICKÝ OBJEM ↑ 100-120 ml
- SRDEČNÍ VÝDEJ ↔
- KONTRAKTILITA ↑
- EJEKČNÍ FRAKCE ↑



# Dýchací systém

- lepší mechanika dýchání
- lepší plicní difúzi
- ↓ DF
- ↑ max. DO (3-5 l)
- ↑ VC ♂ 5-8 l, ♀ 3.5-4.5 l
- ↓ minutovou ventilaci při standardním zatížení, vyšší max. hodnotu ♂ 150-200 l, ♀ 100-130 l
- rychlejší nástup setrvalého stavu
- minimální až nulové projevy mrtvého bodu

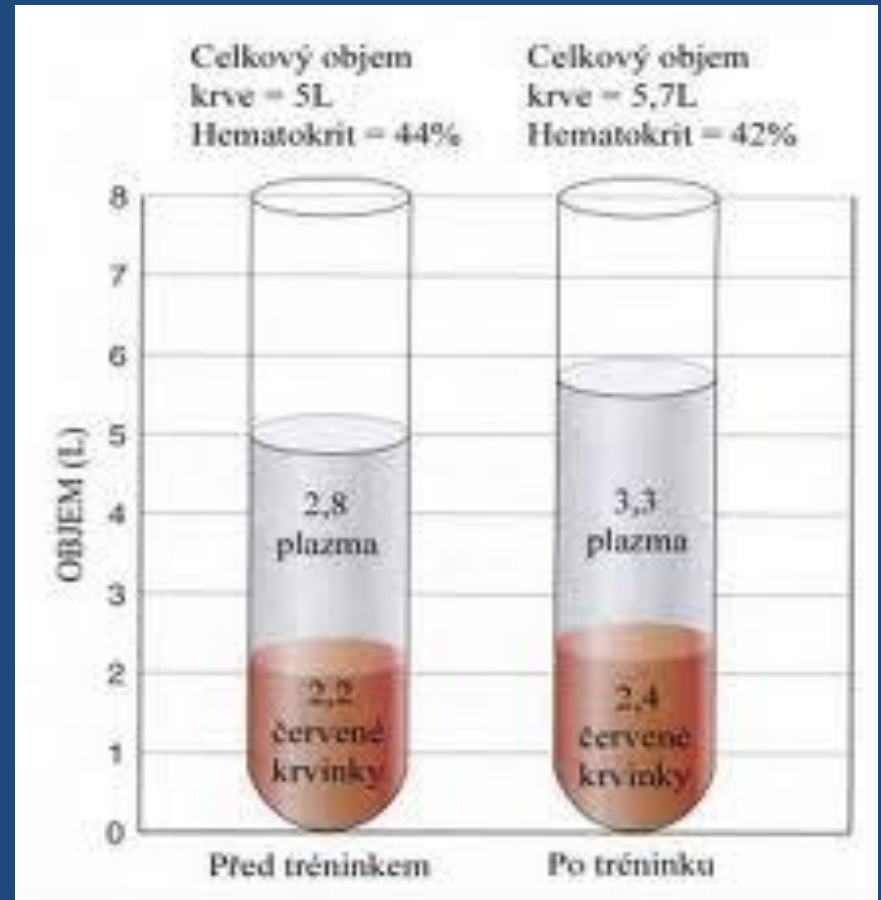
# Krev

- Delší dobu trvající vytrvalostní aerobní trénink vede ke **zvětšení množství krve** :

1. nejprve objem plazmy
2. po 2 až 3 týdnech ↑ erytrocyty a ↑ hemoglobin

Zvýšení objemu plazmy je však výraznější ( to se projeví **snížením hematokritu a snížením viskozity krve** (cirkulace)

- Za adaptační změnu považujeme i zvýšení množství červených krvinek, při pobytu ve vysokohorském prostředí ( 2300 m 4 týdny, po 8 týdnů)
- Zvyšování počtu erytrocytů zlepšuje podmínky pro transport kyslíku z plic



**překročení hodnot hemoglobinu nad 18,5 g/dl muži a 16,5g/dl ženy =  
zákaz startu na 14 dní**

# Termoregulace

- neaklimatizovaný člověk: **do 1l/h**
- aklimatizace (týdny) – profúzní pocení až **3 l/h** (podstatně efektivnější ochlazování)
- aldosteron – pokles Na a Cl v potu
  - neaklimatizovaný ve vedru: ztráta až 15-30g NaCl denně, po několika týdnech 3-5g

# Pohybový systém

Ve svalech trénovaných jedinců ( typ zatížení)

1. **strukturální změny** ( mitochondrie, hypertrofie, vaskularizace)
2. **metabolická reakce** při zatížení ( glykogen, enzymy,..)

Tab.11. Vliv odlišného řízení pohybové aktivity (tréninkového režimu) na strukturní a metabolické vlastnosti kosterního svalu (Howald,1982)

vlastnosti	typ řízené pohybové aktivity (tréninkového režimu)		
	vytrvalostní	rychlostní	silový
<b>strukturní:</b>			
- transformace typu svalových vláken	II C - I	I - II C	-
- počet krevních kapilár na svalové vlákno	zvyšuje se	?	?
- povrch mitochondriálních membrán	zvětšuje se	zvětšuje se	snižuje se
- příčná area svalových vláken	variabilní	zvětšuje se	zvětšuje se
- denzita tubulárního systému	nemění se	?	?
-Ca <sup>2+</sup> transportní kapacita	snižuje se	?	?
<b>metabolické:</b>			
- ATP + CP	zvyšuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- glykogen	zvyšuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- triglyceridy	zvyšují se	zvyšují se	zvyšují se
- myoglobin	zvyšuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- štěpení makroergních fosfátů	?	rychlejší	rychlejší
- glykolýza	snižuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- oxidace glycidů	zvyšuje se	zvyšuje se	zvyšuje se
- oxidace volných mastných kyselin	zvyšuje se	?	?
- syntéza glykogenu	zvyšuje se	?	?
- tvorba alaninu z kys. pyrohroznové	zvyšuje se	?	?

# ADAPTACE NA ZÁTĚŽ

## ČINNOST SILOVÁ

hypertrofie vláken II B, ↑ aktivita myokinázy

## ČINNOST RYCHLOSTNÍ

↑ obsahu a utilizace ATP a CP, hypertrofie vláken II B

## ČINNOST RYCHLOSTNĚ–VYTRVALOSTNÍ (~2min)

↑ aktivita glykolytického systému, ↑ utilizace glykogenu,

↑ pufrovací kapacity

## ČINNOST VYTRVALOSTNÍ

↑ mitochondrií, ↑ aktivita enzymů dýchacího řetězce,

↑ kapilarizace, hypertrofie I, možná konverze z II → I(?),

↑ hladiny svalového glykogenu o 100%, ↑ aktivita lipázy

# Kost

- Fyzické zatěžování organismu podporuje **růst kostí**
- Kost je po celou dobu života metabolicky aktivní (**zvyšuje** se obsah minerálních látek – **Ca**)
- Trénink zvyšuje (i snižuje) **hmotnost kostí** (vlivem působení parathormonu)
- Dlouhodobě neúměrně vysoká intenzita tréninkové zátěže produkuje pokles kostní denzity (**osteoporózu**)
- Úměrná intenzita produkuje vyšší denzitu diafýz

Poznámka: Intenzivní zatížení mladého rostoucího organismu však vede v některých případech snad vlivem androgenů z nadledvinek k omezení růstu dlouhých kostí do délky předčasnou osifikací chrupavčitých růstových zón mezi hlavicemi a tělem kostí. Kosti jsou potom širší a kratší

# Šlachy, vazy, klouby

- Zvyšuje se obsah kolagenu a aktivita enzymů
- Pojivová tkáň je dosti adaptivní
- Zatížení mění pozitivně tj. posiluje kosti, šlachy i vazy



# Rychlostní disciplíny

- zvýšení obsahu a utilizace **ATP a CP** ve svalové tkáni ( po 10 s se sníží obsah ATP v činném svalu o 11%,CP o 45%)
- Zvýšená činnost myokinázy a kreatinkinázy
- **hypertrofie** vláken **II B**
- Zvýšené množství **kontraktilních proteinů**
- Plavci- dechová kapacita zlepšena, vyšší VC, lepší žilní návrat, bradykardie ( diving reflex- ponoření obličeje do vody )

# Silové disciplíny

- hypertrofie srdce

hypertrofie *koncentrická* = ↑ tloušťka stěn, ale zmenšení dutin

- hypertrofie rychlých glykolytických vláken, aktivita myokinázy, kreatinkinázy

- zvýšení zásob ATP,CP

- Adaptační změny dýchacího systému minimální, bradykardie 0

- Významný pokles testosteronu a vzestup luteinizačního hormonu / narušeno anaboliky ?/

Maladaptace

fixaci TK -po dlouhodobém silovém tréninku ve formě hypertenze (vzpěrači)

# Vytrvalostní disciplíny

- Zásoby glykogenu o 100%
- aktivita enzymů dýchacího řetězce
- zvýšená aktivita lipázy
- zvýšení počtu mitochondrií
- vaskularizace svalů

# Adaptační změny-krevní oběh

1. strukturální změny
2. funkční změny

## Strukturální změny :

### srdce

- fyziologická hypertrofie a dilatace
- hypertrofie *excentrická* = zvětšení komor + ↑ tloušťka stěn

### cévy

- množství kapilár ve svalech= **vaskularizace**

## Funkční změny :

klidová TF = sportovní bradykardie / pod 60 tepů /

- extrémní hodnoty 30-35 tepů/min

↑ klidového systolického objemu na 80-100 ml / o 50 ml  
vyšší než u netrénovaného /

při zátěži až 150-200 ml

↑ max. minutový objem až 35 l/min/ o 10 l vyšší než u  
netrénovaného /

- SRDEČNÍ FREKVENCE



- SYSTOLICKÝ OBJEM

↑ 100-120 ml

- SRDEČNÍ VÝDEJ



- KONTRAKTILITA



# Adaptační změny-dýchací systém

- lepší mechanika dýchání
- lepší plicní difuze
- ↓ DF
- ↑ max. dechového objemu (3-5 l)
- ↑ VC ♂ 5-8 l, ♀ 3.5-4.5 l
- rychlejší nástup setrvalého stavu při vyšší intenzitě / 150 – 200W /
- minimální až nulové projevy mrtvého bodu

# Adaptační změny – metabolická adaptace

- Snížení celkového cholesterolu  
cholesterol HDL stoupá  
LDL klesá
- Snížení sekrece inzulínu a zvýšení citlivosti jeho receptorů
- Rychlejší utilizace tuků / vyšší aktivita lipázy /



# Koordinačně estetické disciplíny

- Adaptační specifické projevy v oblasti nervově – svalového systému (neuromuskulární koordinace )
- Vysoká úroveň **funkcí analyzátorů** ( kinestetického, statokinetického, zrakového , periferní vidění)
- Zvyšuje se úroveň motorického učení, zlepšení kvality motorického učení
- Schopnost tolerance k metabolické acidóze ( koordinačně náročné cviky jsou schopni provádět za vysoké **laktacidemie** – krasobruslení, SG )
- Mnoho tréninkových hodin= **adaptační změny v kardiovaskulárním systému** ( bradykardie po 7 – 8 letech tréninku, hypertrofie myokardu 0, vyšší VC ,....)

# Úpoly

## cévy

množství kapilár ve svalech= vaskularizace

## Sportovní srdce ( hypertrofie- komor )

Kung-fu, box

Box – zvýšená srážlivost krve

↓ klidové TF = sportovní bradykardie / pod 60 tepů /

Vyjimka – sumo ( klidová TF okolo 86 )

↑ klidového systolického objemu na 80-100 ml / o 50 ml vyšší než u netrénovaného /  
při zátěži až 150-200 ml

↑ max. minutový objem až 35 l/min/ o 10 l vyšší než u netrénovaného /

# Adaptace na zatížení

Dýchací systém- změny minimální oproti normální populaci

- ↑ VC

Rozvoj analyzátorů : vestibulární, zrakový ( periferní vidění, odhad vzdálenosti )

**Snížené taktilní čítí a bolestivá cítivost**

## Rychlostně- silové

- Atletika skoky
- Atletika vrhy a hody
- Alpské lyžování
- Skoky na lyžích



Zvýšení obsahu ATP, CP ve svalové tkáni, hypertrofie rychlých svalových vláken, adaptační změny kardiovaskulárního systému téměř nulové ( klidová TF lehce pod normál)

## Rychlostně – vytrvalostní

- Atletika – střední tratě
- Dráhová cyklistika- stíhači
- Kanoistika rychlostní
- Plavání ( 200 m )



Rozvoj **glykolytického metabolického potenciálu** kosterního svalstva, , zdrojem energie- svalový glykogen, využití glykogenu je 7x vyšší než u vytrvalostního zatížení, periferní vidění, excentrická hypertrofie srdce, vaskularizace svalů

## Silově – vytrvalostní

- Kanoistika -divoká voda
- Veslování



Vysoká funkce analyzátorů ( kinestetický, statokinetický, zrakový ), veslaři – maximální spotřeba kyslíku, velký objem krve ( až 7,8 l ), koncentricko- excentrická hypertrofie srdce, vysoké zastoupení pomalých oxidativních vláken, ale i rychlých oxidativně – glykolytických vláken, vysoký obsah glykogenu ve svalu, zvýšená aktivita enzymů oxidativního metabolismu