



MASARYKOVA UNIVERZITA



Fyziologie zátěže



MUDr. Kateřina Kapounková



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



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_2 max, La_{max} ad., Wingate test: Pmax, 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)
- Rychlostní disciplíny. Silové disciplíny
- Rychlostně vytrvalostní disciplíny. Rychlostně silové disciplíny. Silově vytrvalostní disciplíny
- Vytrvalostní disciplíny
- Koordinačně estetické sporty. Úpoly
- Sportovní hry

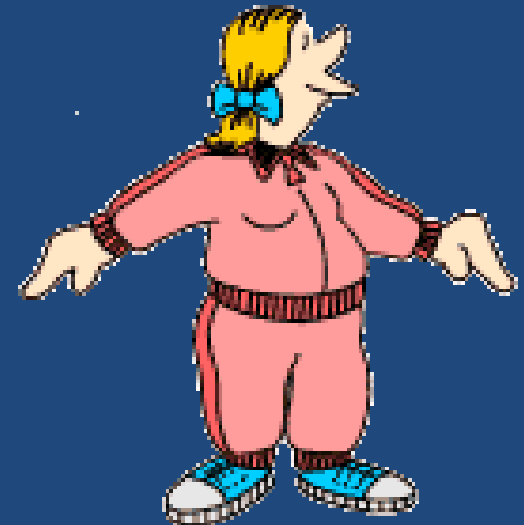
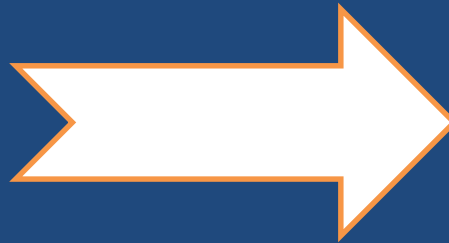
Charakteristika sportovních disciplín

- 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

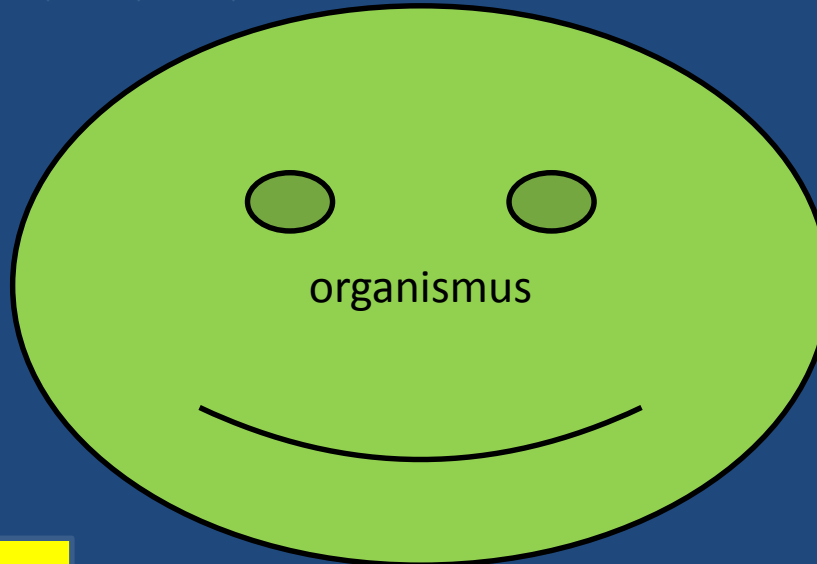
homeostáza

adaplace

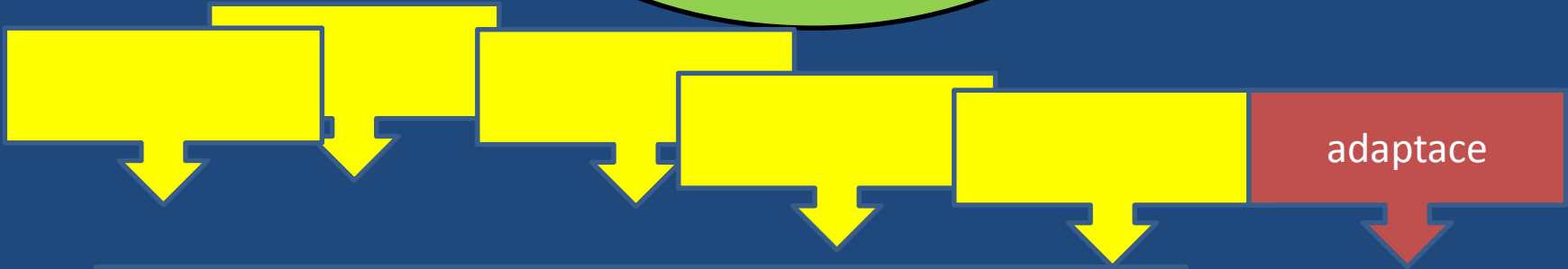
přežití

- 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

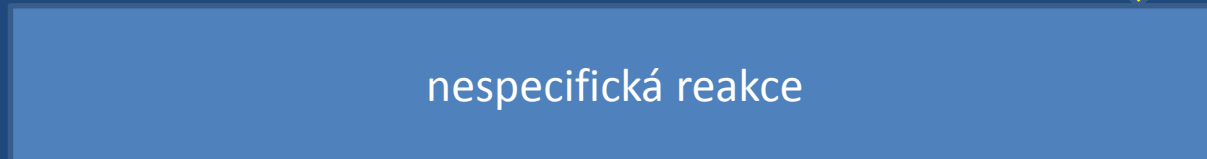


organismus



adaptace

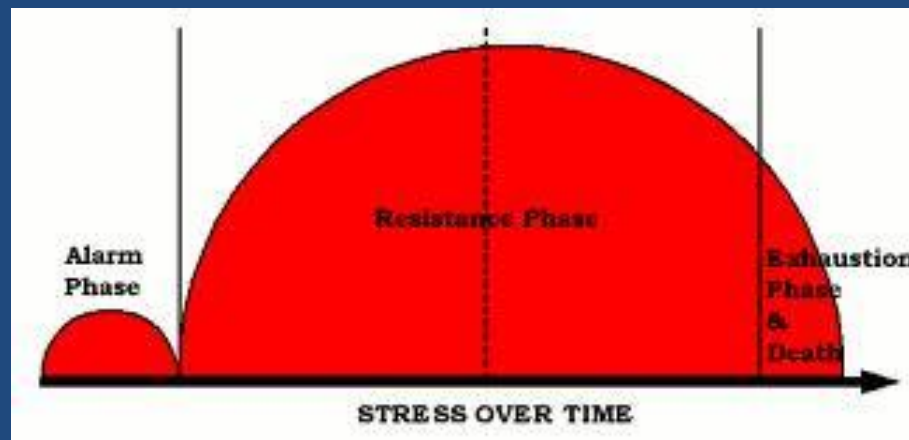
nespecifická reakce



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**

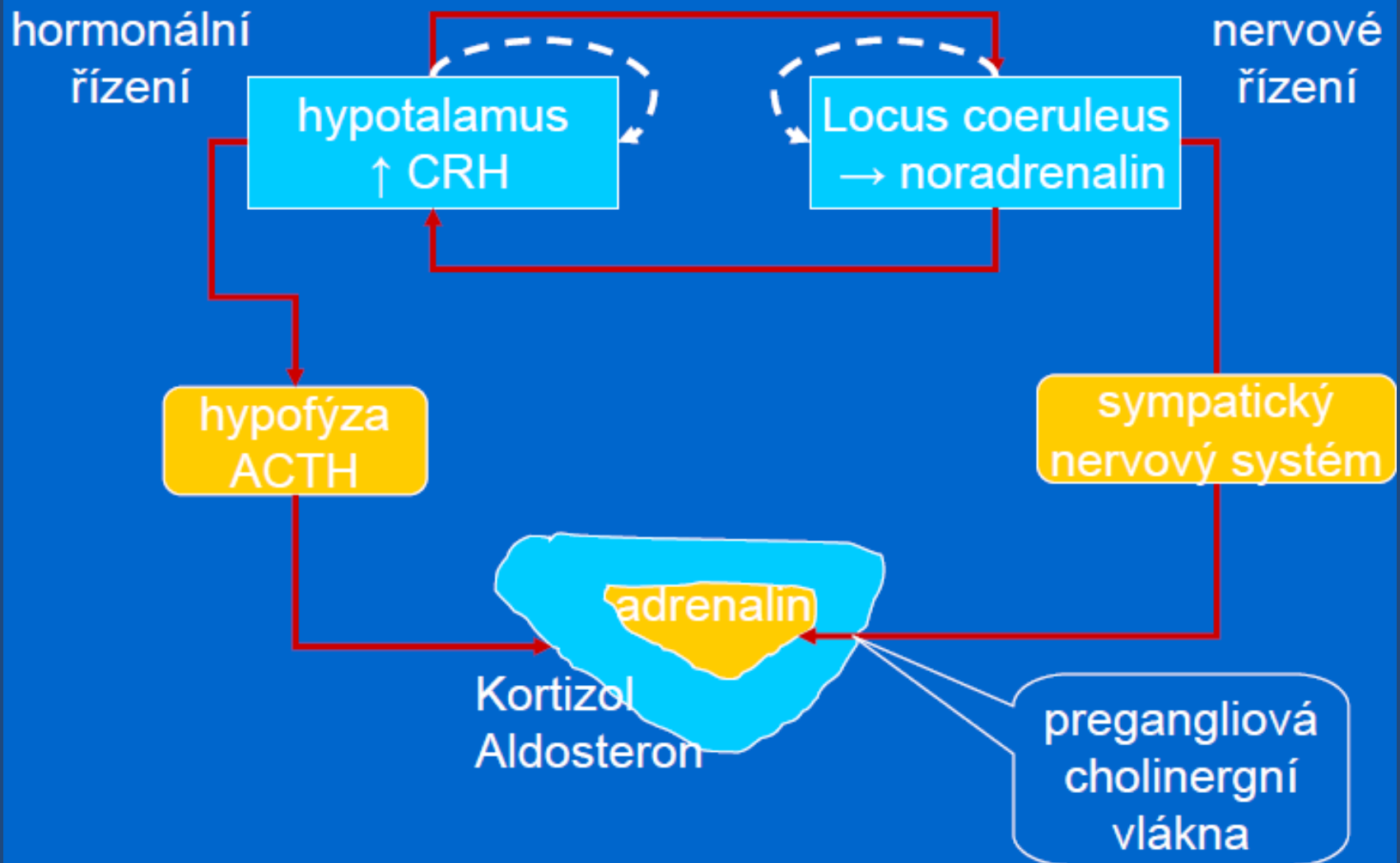
aktivace sympatoneurgních neuronů v hypotalamu a v locus ceruleus mozku kmene

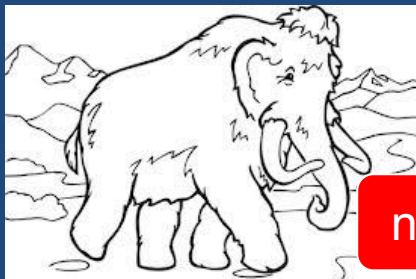
→ A, NA z dřeně nadledvin (ve vteřině) → mobilizace energie

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

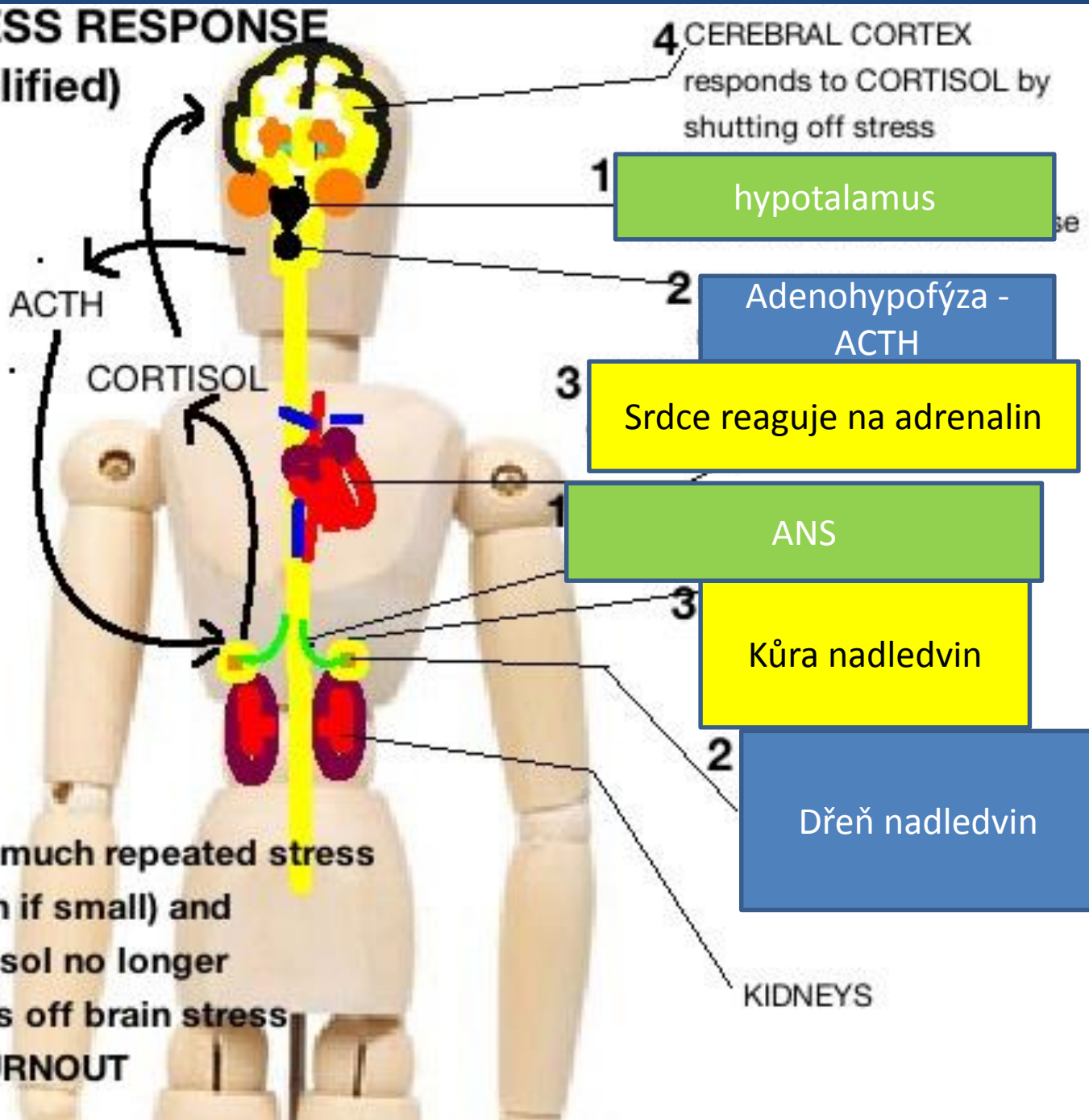
dřeň nadledvinek

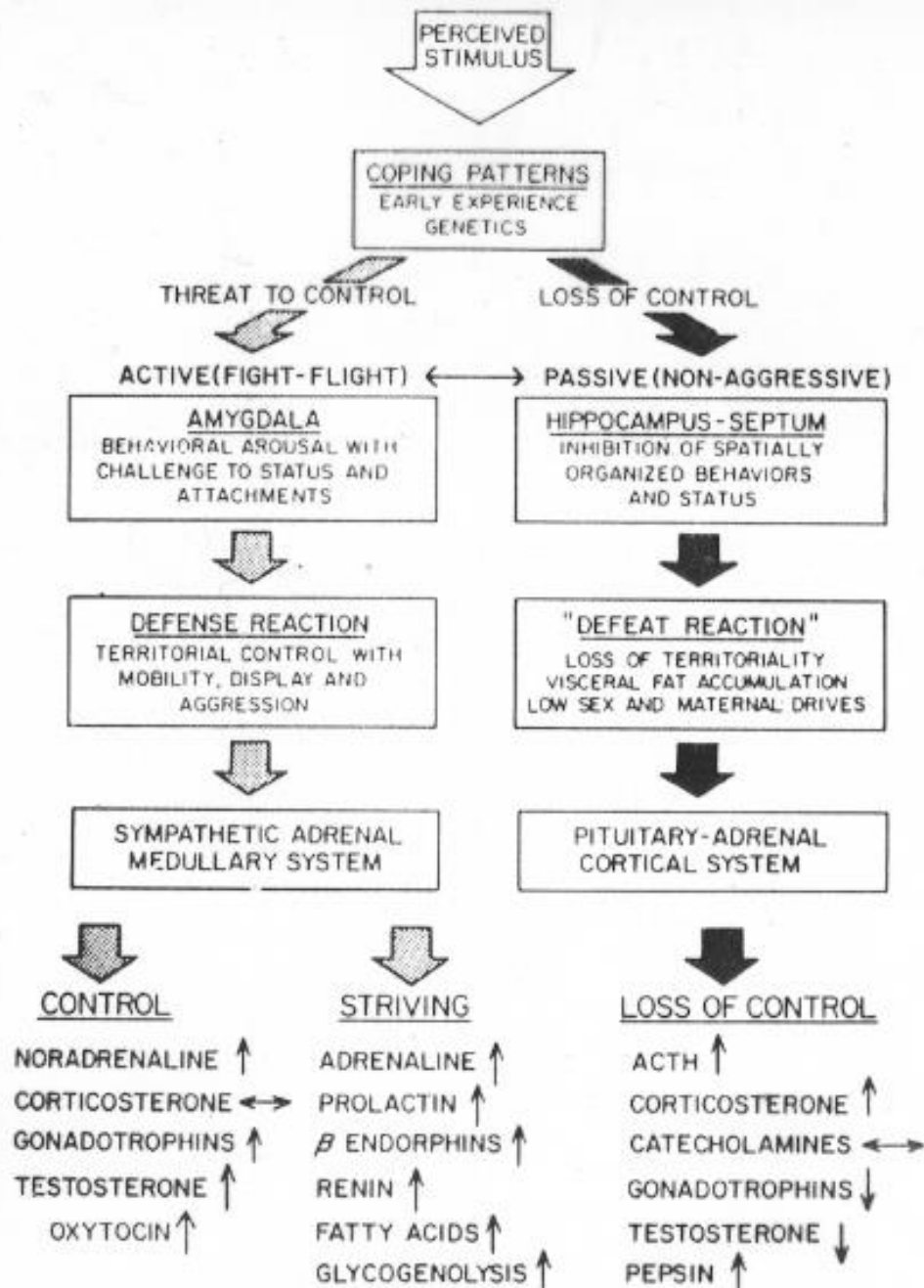
kůra nadledvinek

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

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

STRESS RESPONSE (simplified)





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

Porážková 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:

α - cévy- konstrikce

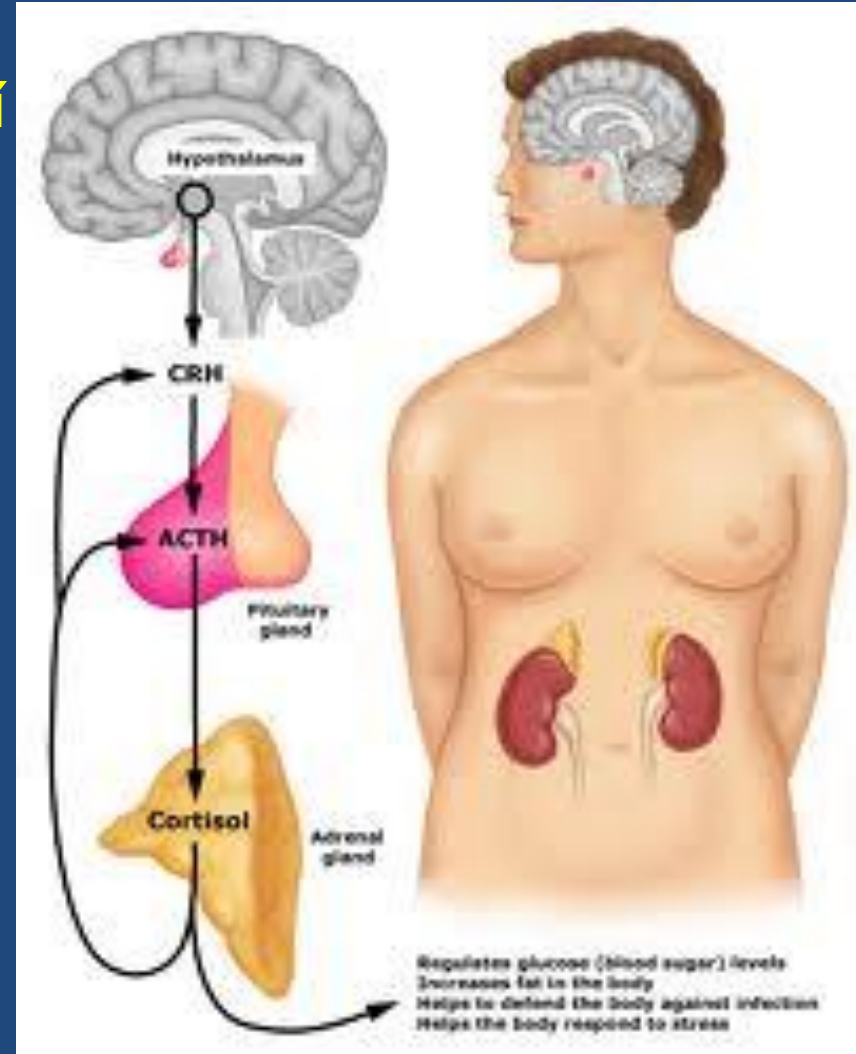
B1- srdce (zvyšuje kontraktilitu a frekvenci)

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

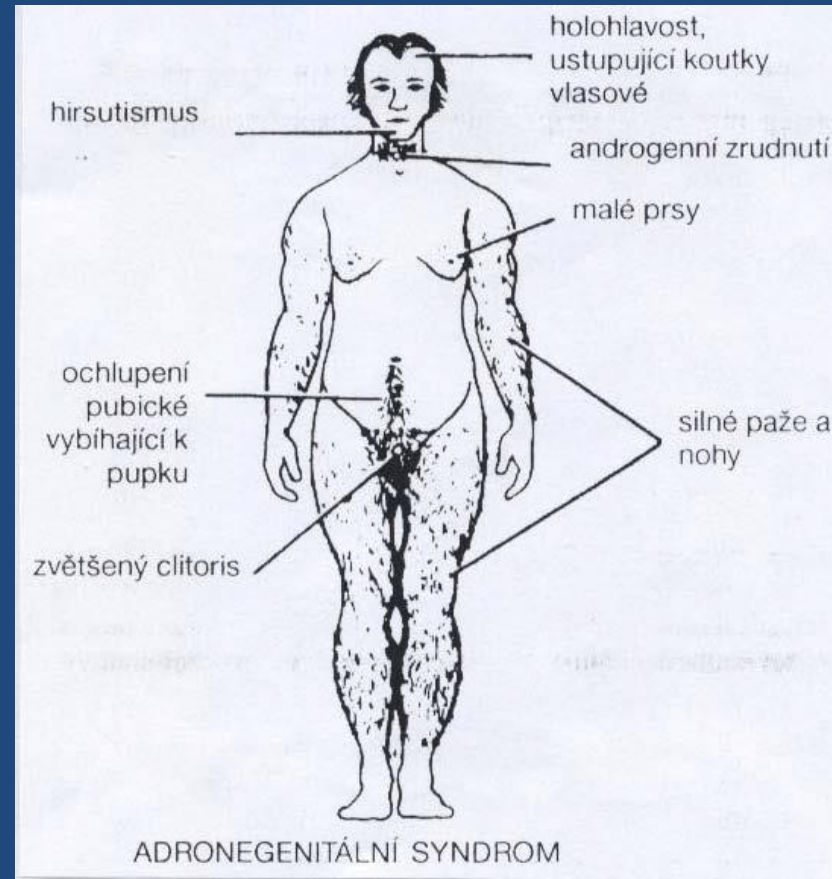
+ potní, slinné žlázy, střevo

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

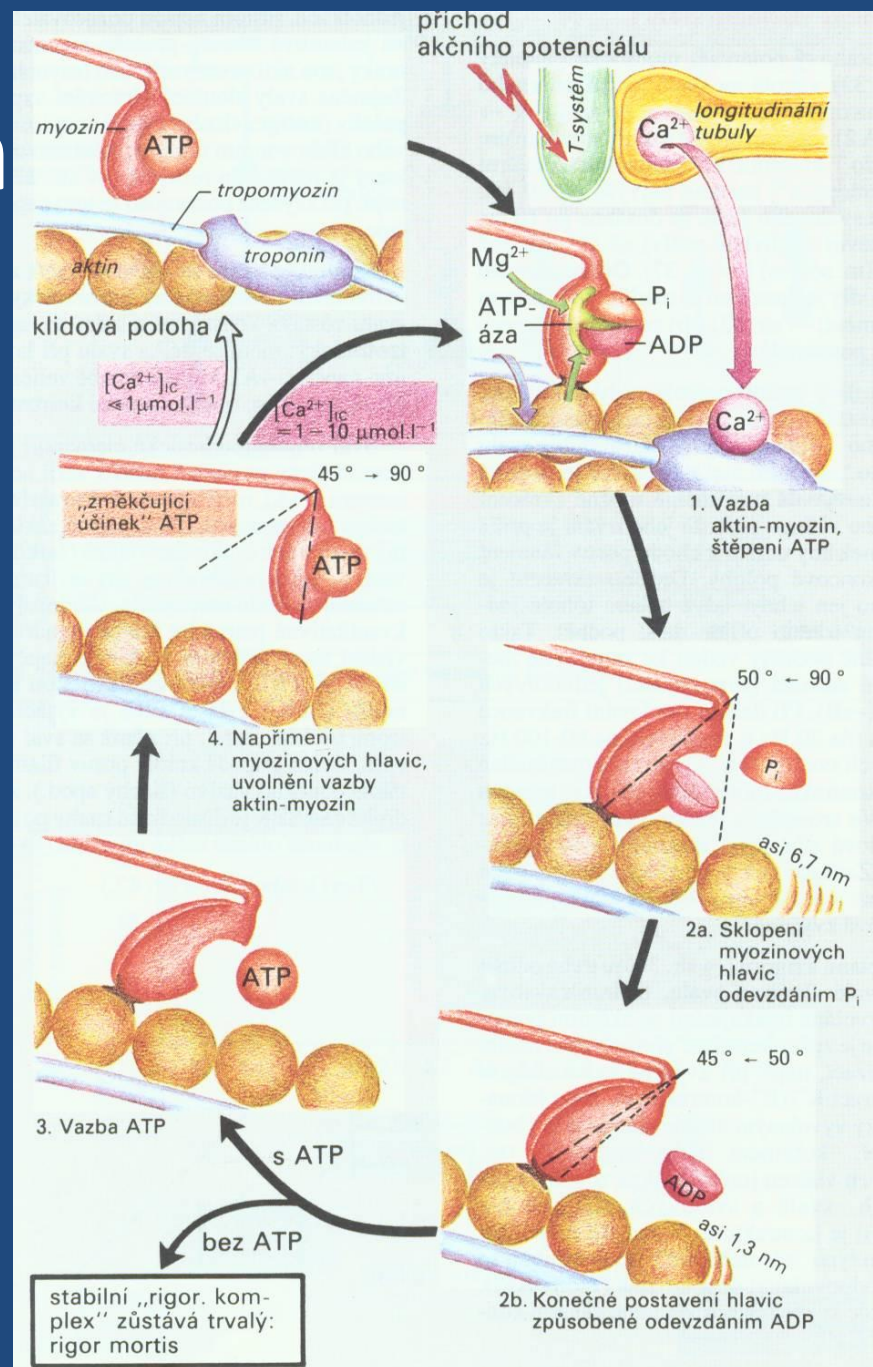
- Zvýšení **dechové frekvence**
- Zvýšení **příjmu kyslíku a výdeje oxidu uhličitého** (zpočátku téměř lineárně)

U 60 -70% VO_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

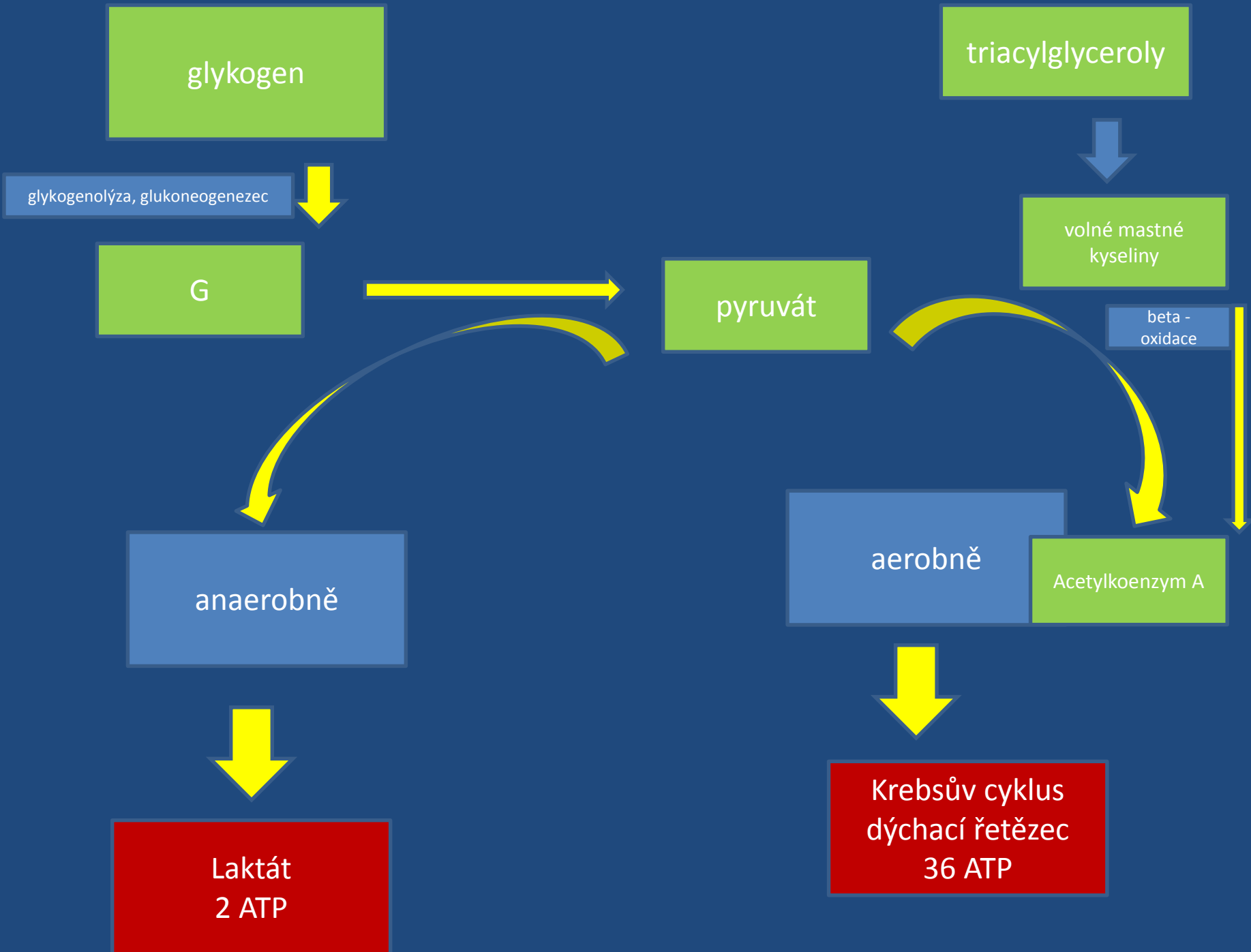


Změny v činnosti ledvin

- Při výkonu **klesá prokrvení ledvin**
- Zvyšuje se **tvorba erytropoetinu**
- 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?

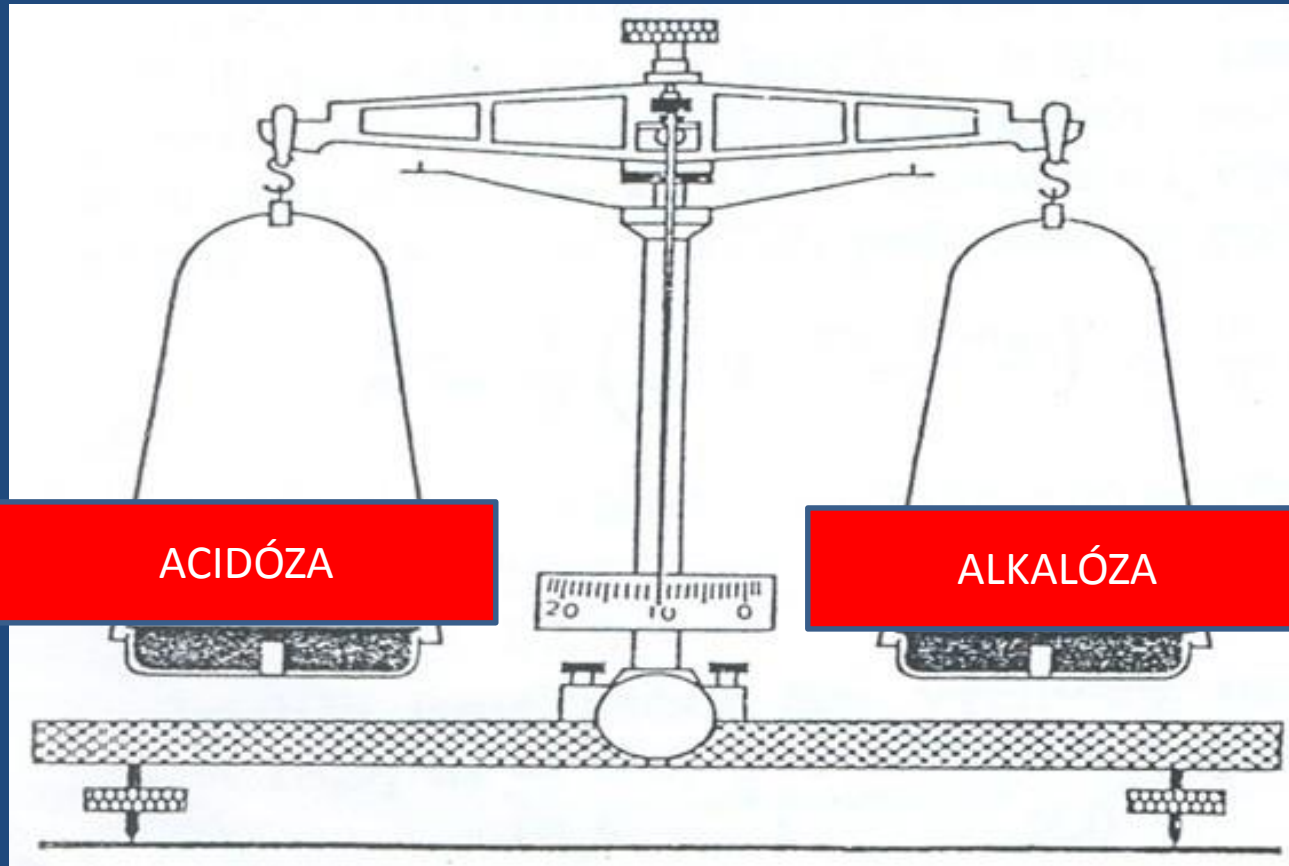
= rovnováha mezi acidifikujícími a alkalizujícími vlivy

nerovnováha znamená, že se:

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



Poruchy ABR



ACIDÓZA

ALKALÓZA

Acidémie

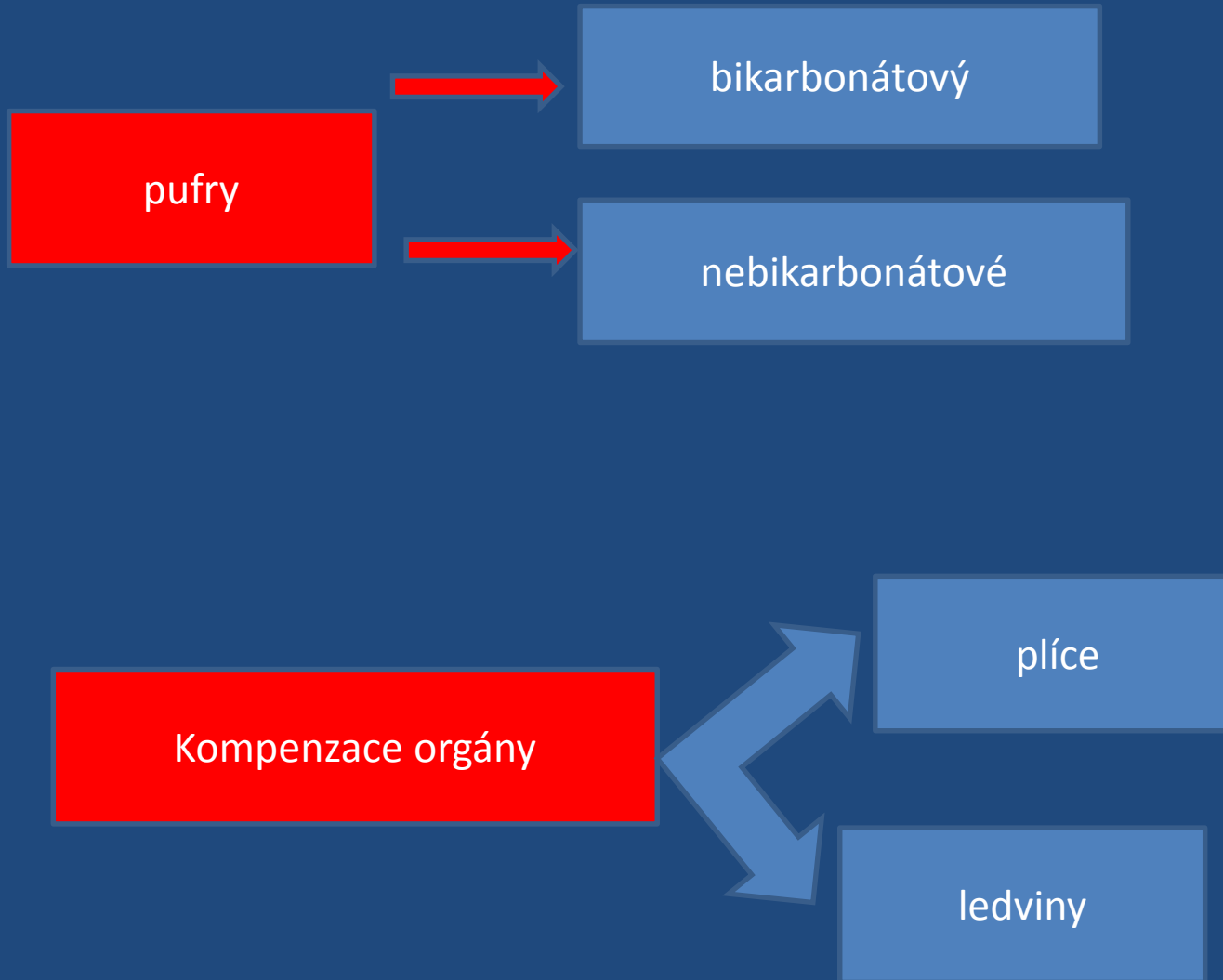
Alkalémie

respirační

metabolická



Poruchy ABR



Metabolická acidóza

1. Příčina – nadměrná produkce / příjem H^+

- DM, hladovění (β - oxidace MK – ketokyseliny)
- Fyzická zátěž, hypoxie (anaerobní glykolýza)

2. Příčina – porucha v ledvinách

3. Příčina – důsledek – hyperkalémie

Kompenzace MAC

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

Metabolická alkalóza

Příčina :

- Přívod bází (infuze HCO_3)
- Zvracení (ztráta H)
- Hypokalémie

Kompenzace MAL

- Hypoventilace není možná !
- Ledviny – zvýšená eliminace HCO_3

Respirační acidóza

Příčina:

- Onemocnění plic a hrudníku (retence CO₂)

Kompenzace RAC

- Pufrování : nebikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace H, NH₄, zvýšená resorpce HCO₃

Respirační alkalóza

Příčina:

Hyperventilace, nadmořská výška

Kompenzace RAL

- Pufrování : nebikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace HCO_3 , snížená sekrece H

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 :

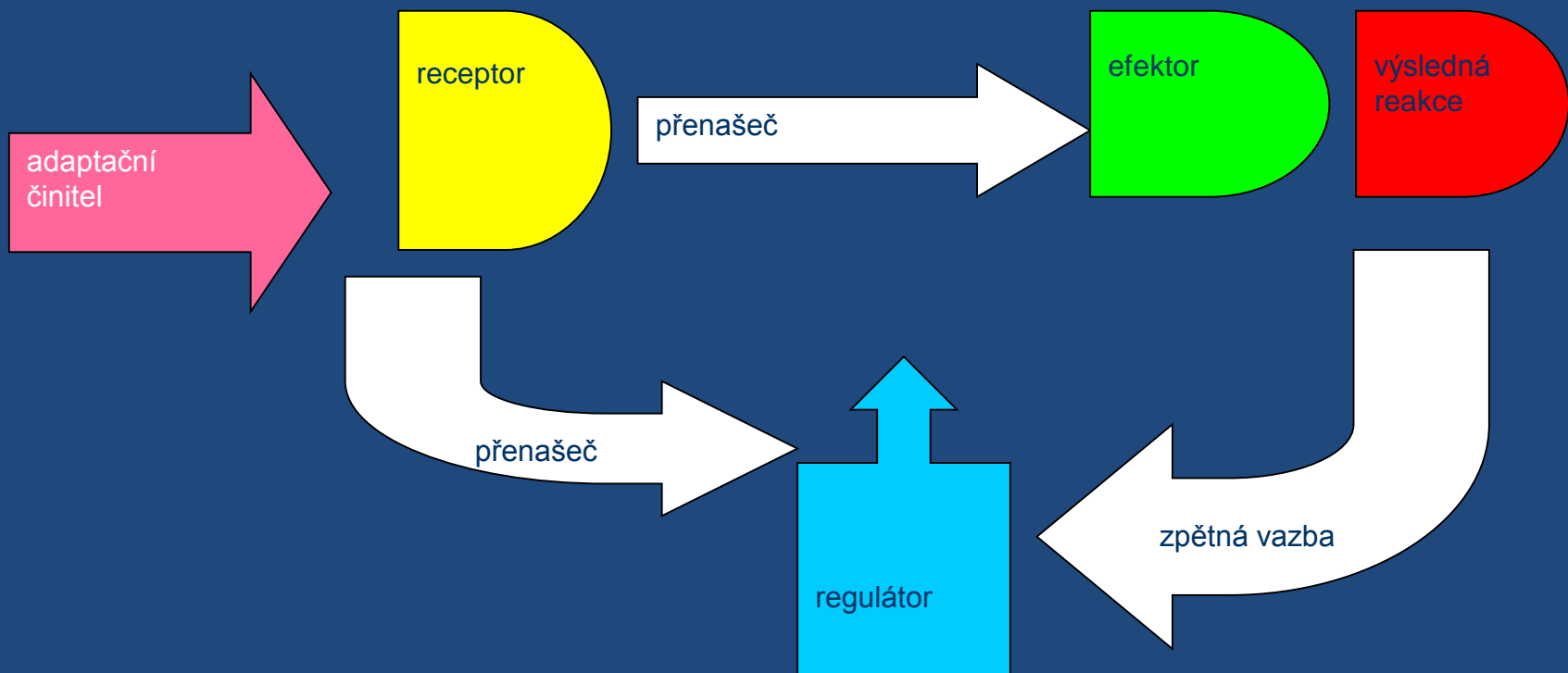
A, nadprahové intenzity

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

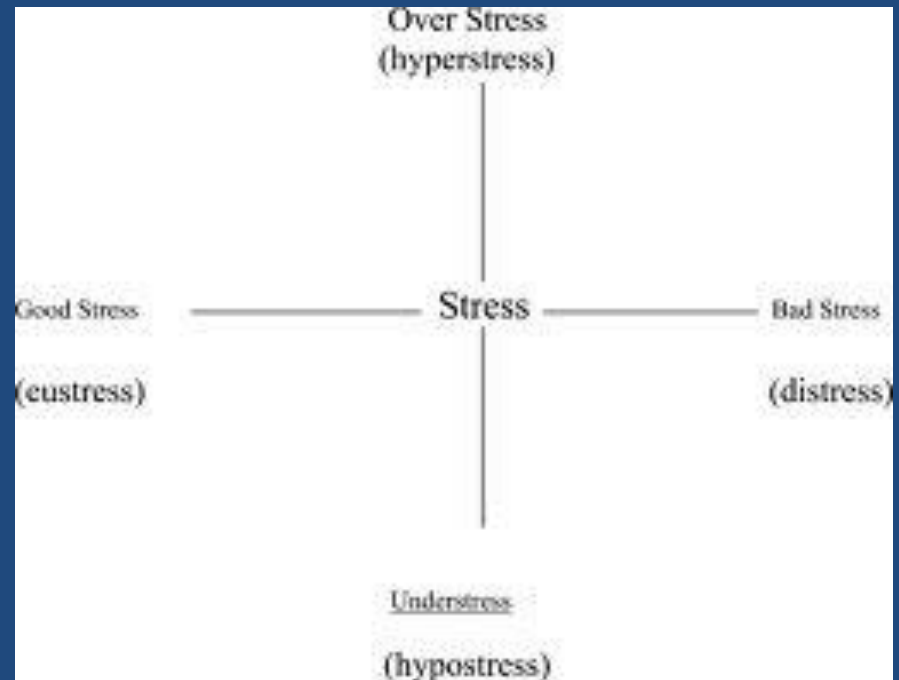
- **Intenzita podnětů :**

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,.../

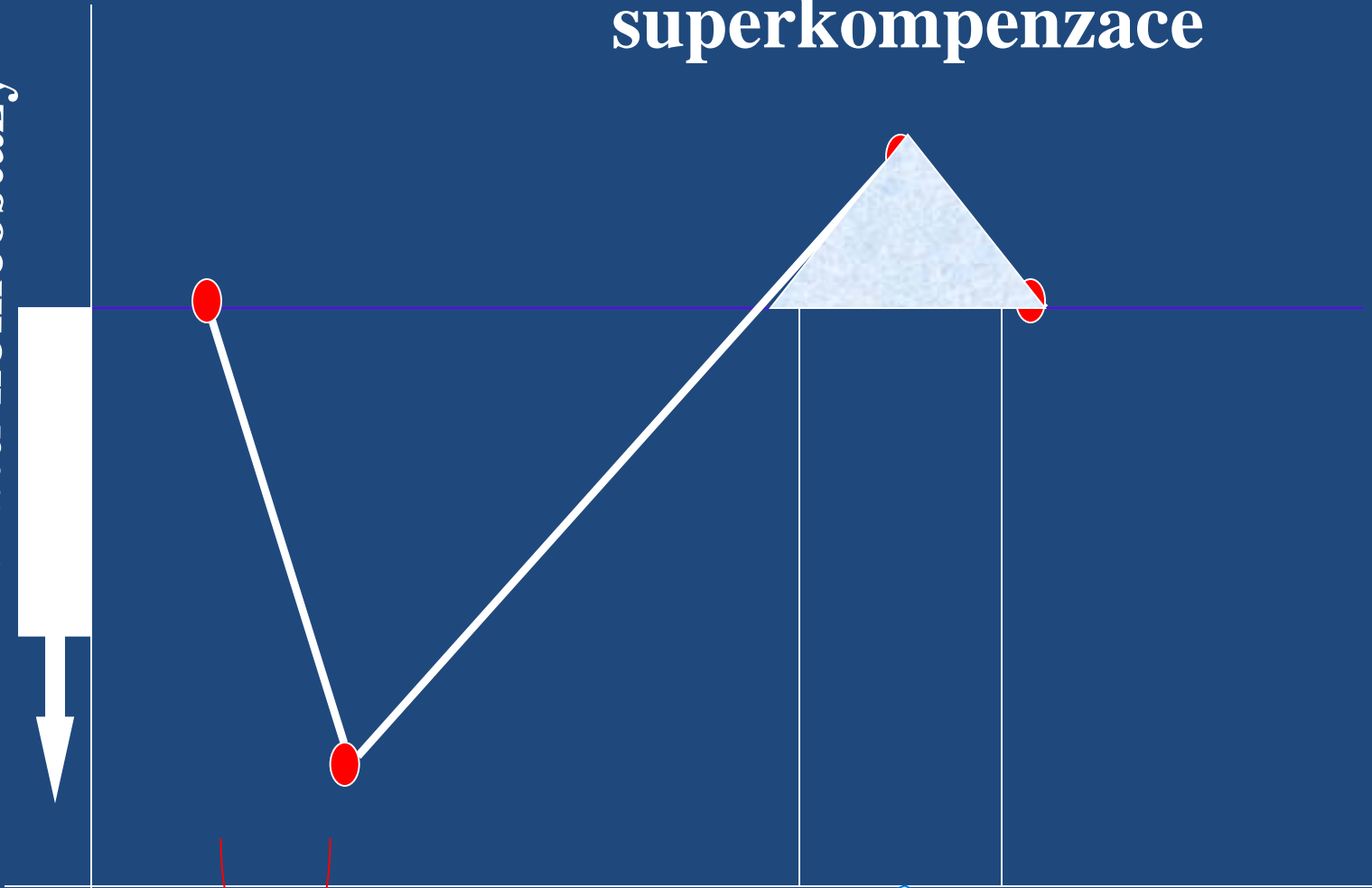
- **Intenzita podnětu je důležitější než objem-rychlost, síla / vysoká intenzita /**
- Nižší intenzita , vyšší objem – vytrvalost
- **Frekvence tréninkových podnětů** – častá
 - všeobecná zdatnost : 3 – 4 x týdně
 - trénovanost : 4 – 6 x týdně, denně, i několikrát za den

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

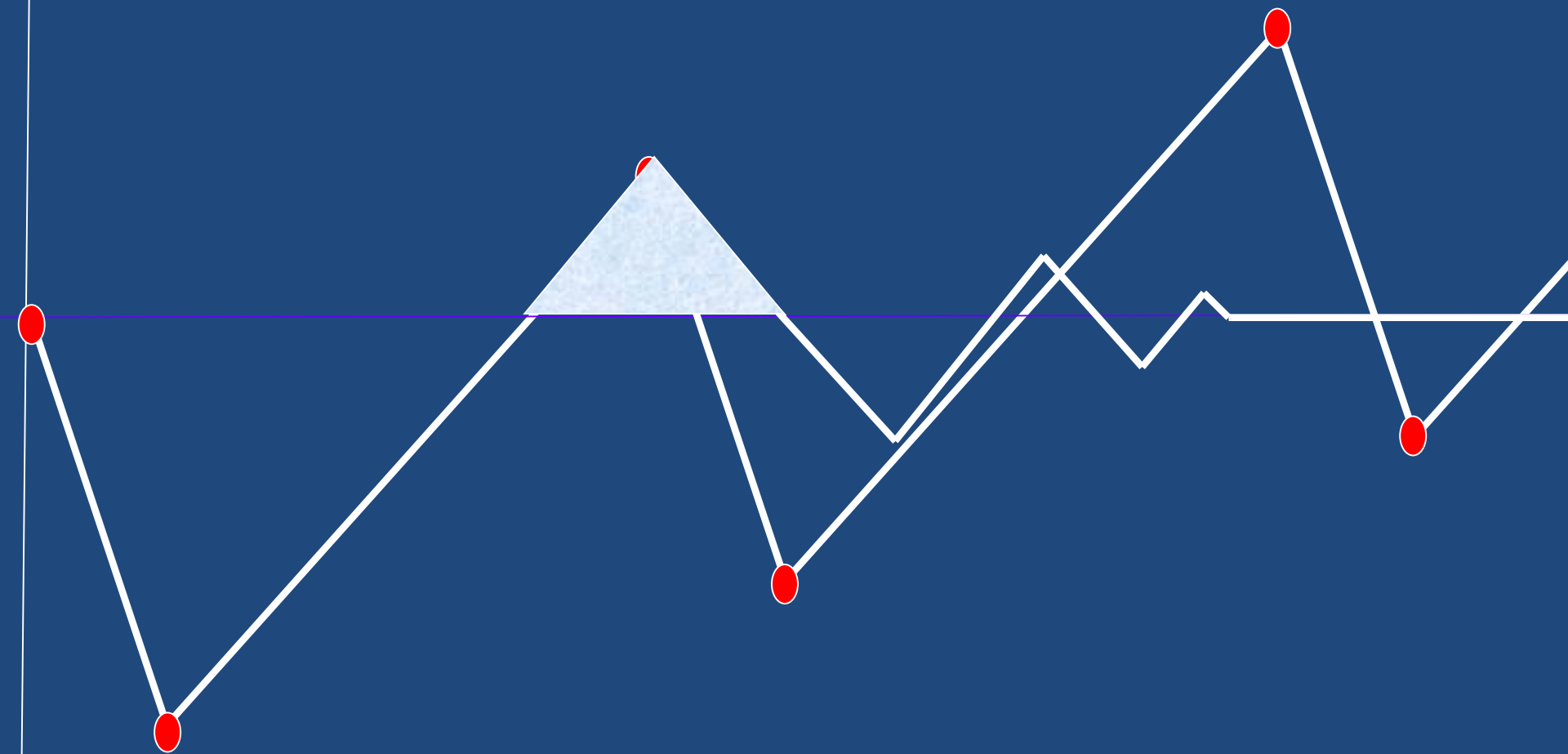
Míra rozvratu homeostázy



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

- 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

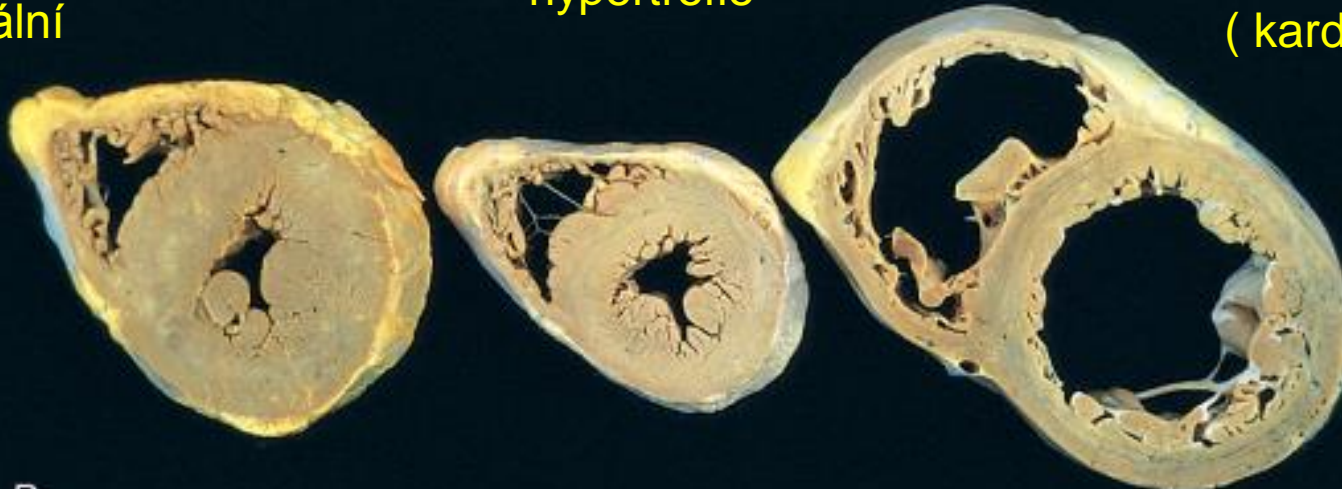
hypertrofie **koncentrická** = ↑ tloušťka stěn, ale zmenšení dutin

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

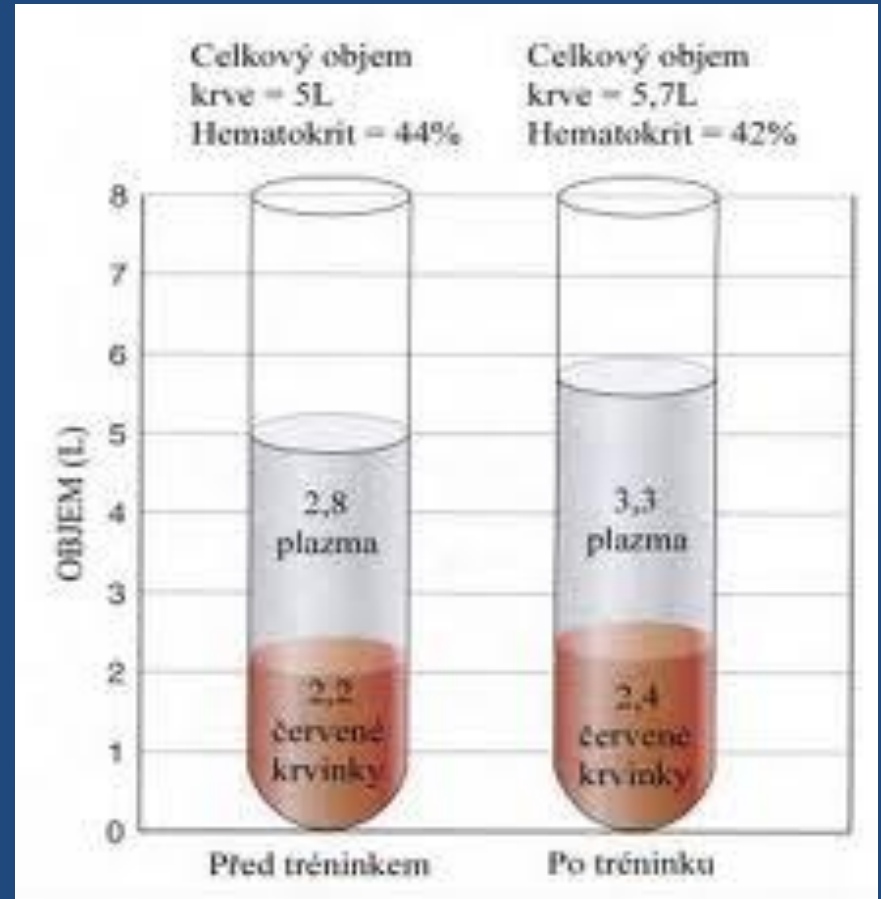
- lepší mechanika dýchání
- lepší plicní difúzi
- ↓ DF
- ↑ max. DO (3-5 l)
- ↑ VC ♂ 5-8 l, ♀ 3.5-4.5 l
- ↓ minutovou ventilaci při standardním zatížení, vyšší max. hodnotu ♂ 150-200 l, ♀ 100-130 l
- rychlejší nástup setrvalého stavu
- minimální až nulové projevy mrtvého bodu

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
strukturní:			
- 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 ²⁺ transportní kapacita	snižuje se	?	?
metabolické:			
- 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