



# MASARYKOVA UNIVERZITA



## Fyziologie zátěže



MUDr. Kateřina Kapounková



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Inovace studijního oboru  
Regenerace a výživa ve sportu  
(CZ.107/2.2.00/15.0209)



# 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)
- Rychlostní disciplíny. Silové disciplíny
- Rychlostně vytrvalostní disciplíny. Rychlostně silové disciplíny. Silově vytrvalostní disciplíny
- Vytrvalostní disciplíny
- Koordinačně estetické sporty. Úpoly
- Sportovní hry

# Zkouška

	RVS	ASAK, TR
<b>1.termín</b>	<b>písemný test</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• obecná část – fyziologie zátěže</li><li>• 2 sportovní disciplíny</li></ul>	<b>písemný test:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• obecná část – fyziologie zátěže</li><li>• sportovní disciplína</li></ul>
<b>Další termíny</b>	Pouze <b>ústní zk</b> : 4 otázky : <ul style="list-style-type: none"><li>• obecná ( TF,VO2max,...)</li><li>• typická poškození ve sportu</li><li>• reakce a adaptace organismu</li><li>• sportovní disciplína</li></ul>	<b>Ústní zkouška</b> 4 otázky : <ul style="list-style-type: none"><li>• obecná ( TF,VO2max,...)</li><li>• typická poškození ve sportu</li><li>• reakce a adaptace organismu</li><li>• sportovní disciplína</li></ul>

# Doporučená literatura

- P.Dobšák, J.Sieglová, H.Svačinová, P.Homolka, L.Dunklerová, M.Sosíková, Z.Placheta *Klinická fyziologie tělesné zátěže( 1.vyd) Brno 2009*
- 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.
- 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)

# 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

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

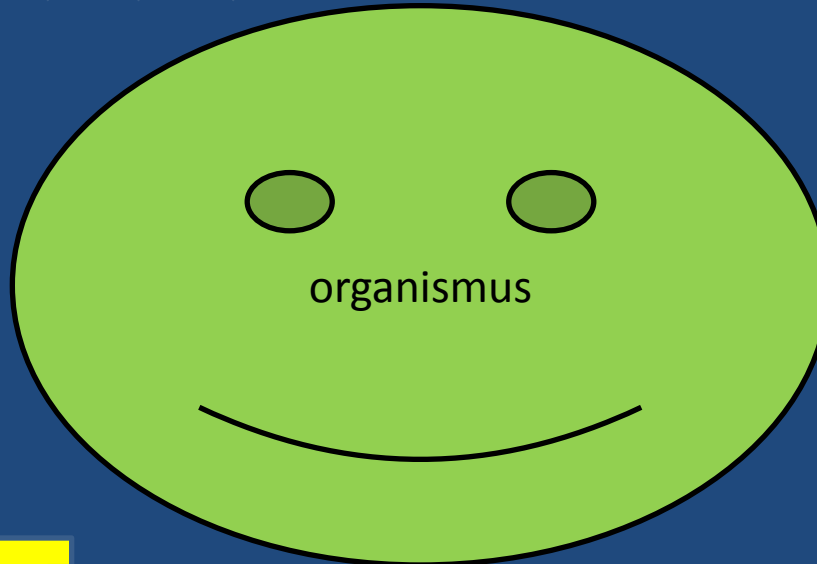
adaplace

přežití

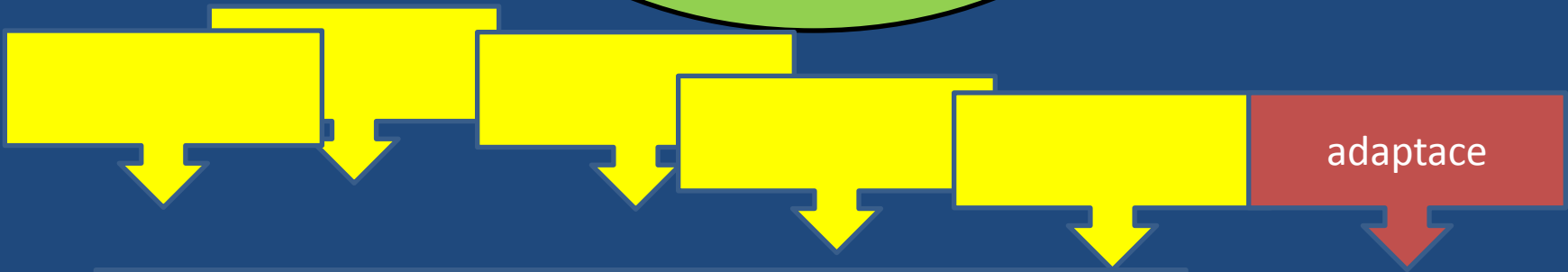


- Mezi **fyziologickou adaptací** ( snad specifickou na určitý typ podnětu ) a **stresem** ( reakce odolnosti organismu ) nelze vést ostrou hranici
- Není jasné zda nespecifická poplachová reakce ( typická pro stres ) je nutnou podmínkou specifické adaptační odpovědi
- Přizpůsobování organismu na opakovanou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

podnět

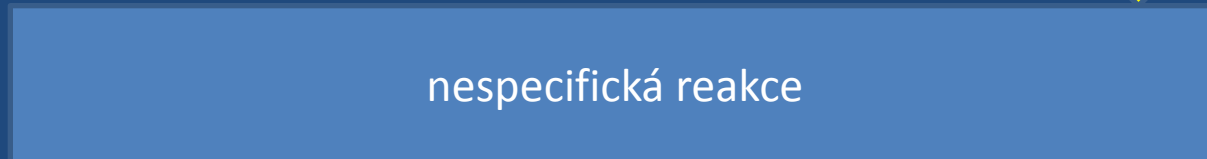


organismus



adaptace

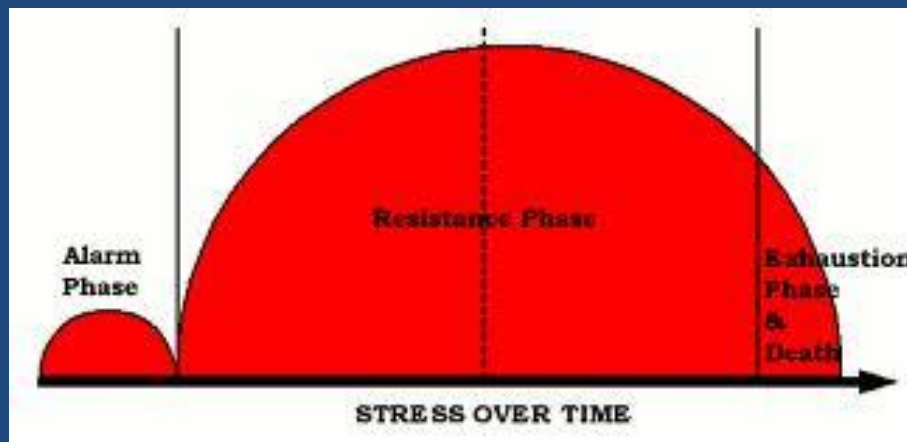
nespecifická reakce



# 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**)



# STRESOVÁ REAKCE

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

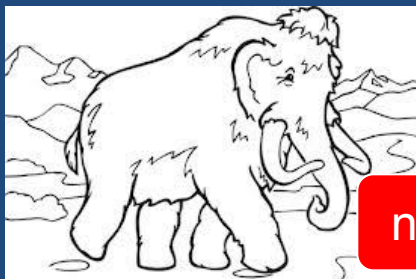
1. **poplachová reakce** – okamžitá reakce
  - sympato-adrenálního systému
  - hypotalamo-hypofýzo-nadledvinová cesta



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



nebezpečí

CNS – mozková kůra-retikulární formace

ANS - sympatikus

hypothalamus

adenohypofýza

dřeň nadledvinek

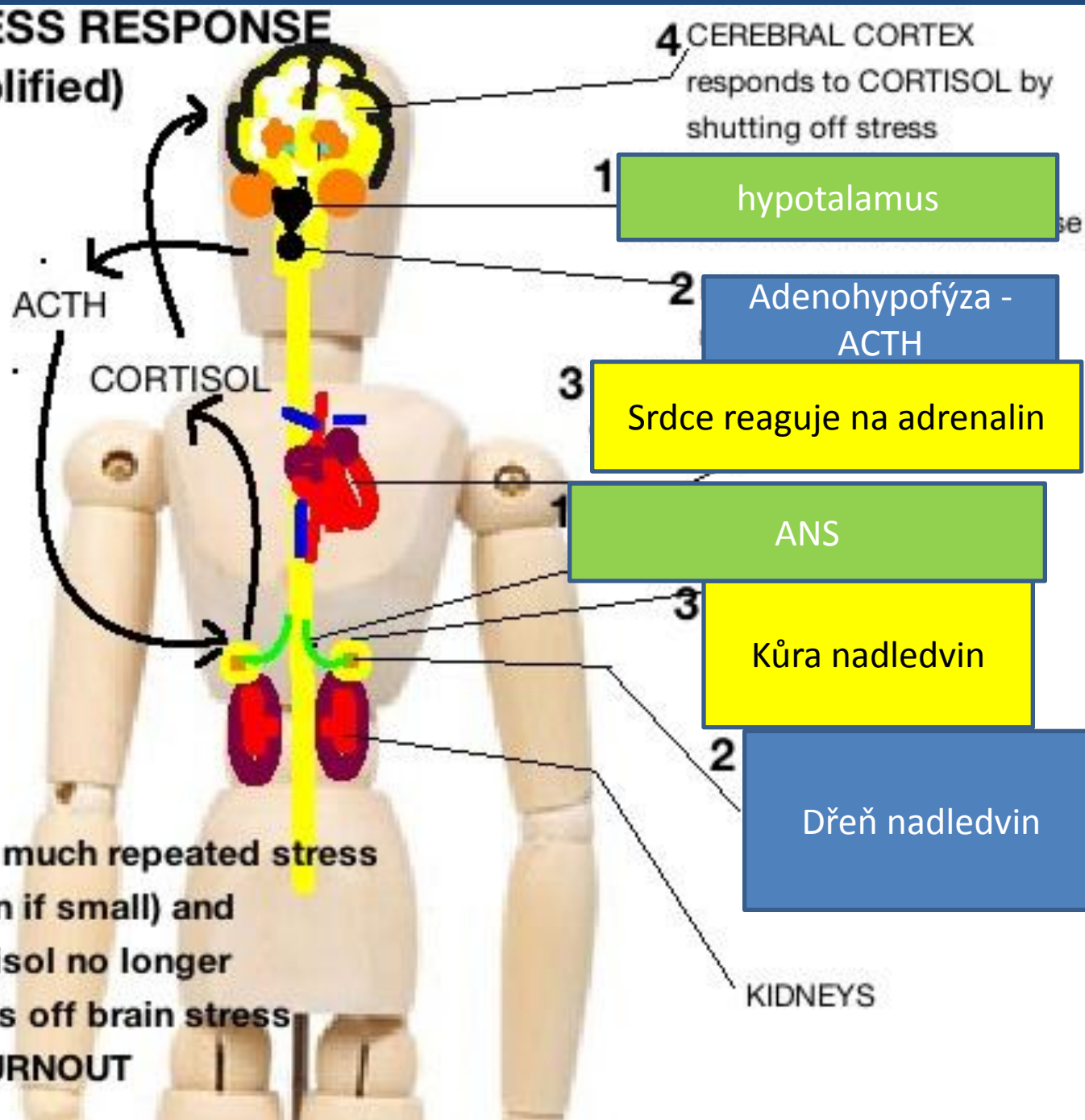
kůra nadledvinek

Úkol : udržení stálého  
objemu tekutin a minerálů

- 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

# 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
- 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- konstriktace

B1- srdce ( zvyšuje kontraktilitu a frekvenci )

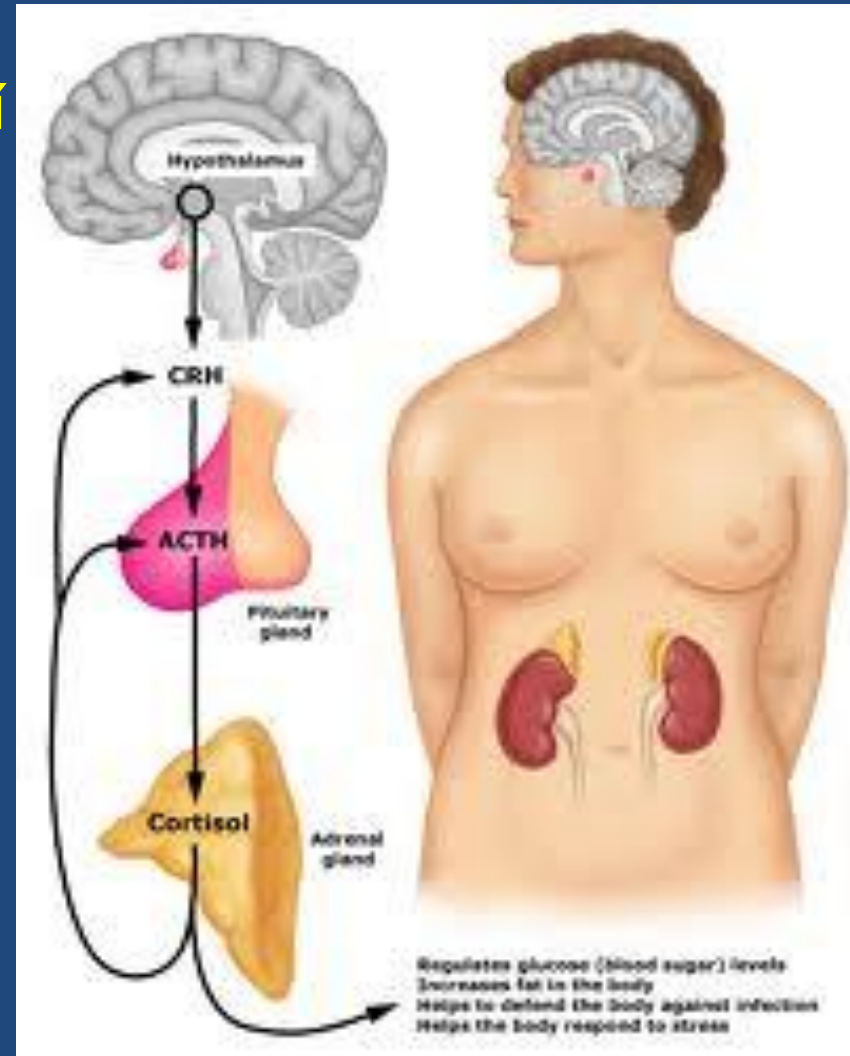
B2- bronchy, cévy - dilatace

- 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 kůry nadledvinek
- Produkce kortizolu, aldosteronu
- Dochází k mobilizaci energie



# Účinky kortizolu

Účinek nastává za 1-2 hodiny

- 1, **glukoneogeneze**, glykogenolýza, lipolýza
- 2, **proteokatabolismus** ( inhibice proteosyntézy)
- 3, protizánětlivé účinky, **imunosupresivní vliv**  
(snižuje se počet lymfocytů, eozinofilů )

# Účinek aldosteronu

- Zvyšuje resorpci Na a exkreci K v ledvinách (brání kumulaci K)
- Zvyšuje ECT – zvyšuje TK
- R-A-A

# 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

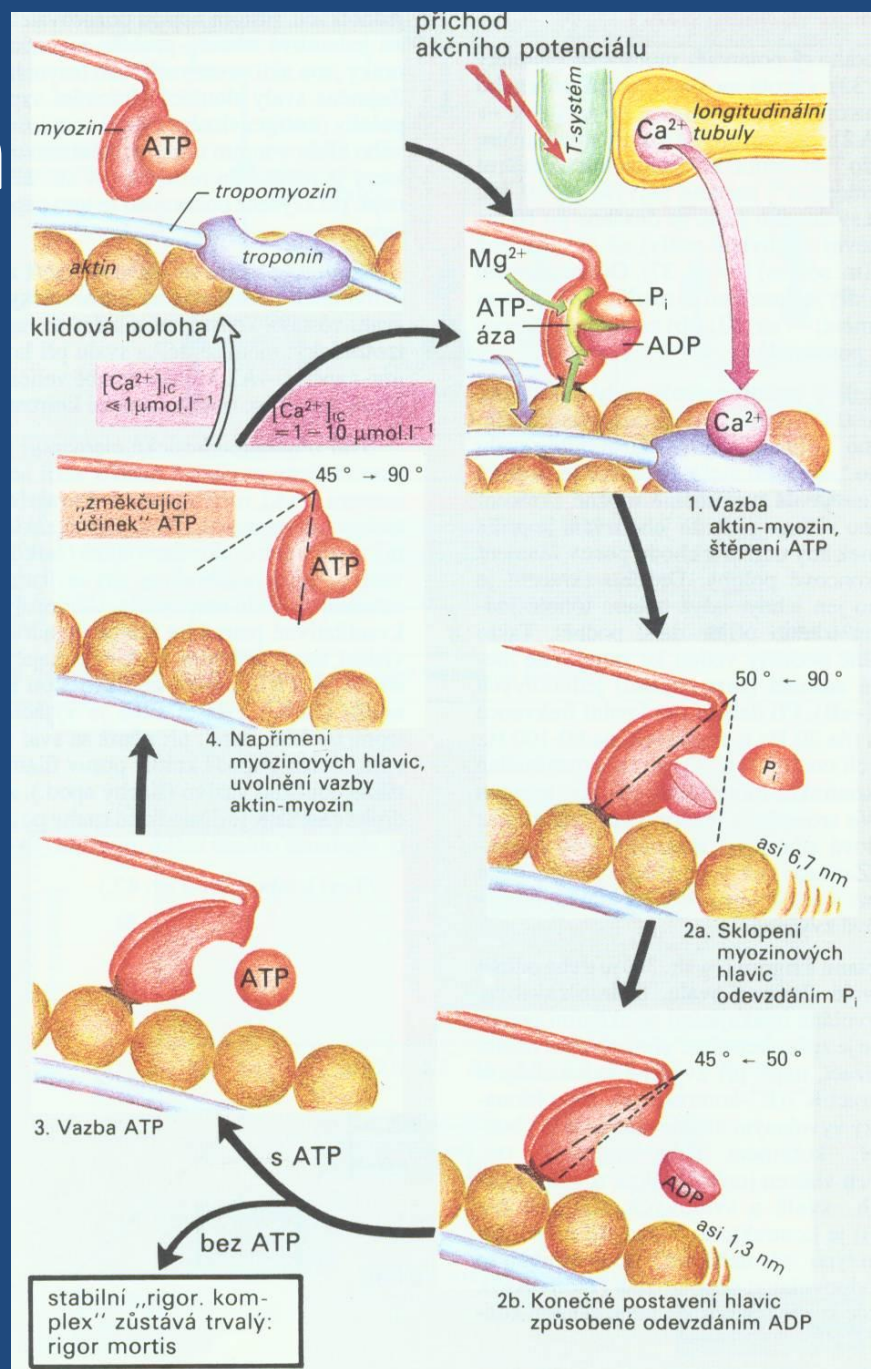
- Zvýšení **dechové frekvence**
- Zvýšení **příjmu kyslíku a výdeje oxidu uhličitého** ( zpočátku téměř lineárně)

U 60 -70%  $\text{VO}_2$  max ( ventilační anaerobní prah – nesoulad v dodávce  $\text{O}_2$  )

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

# Změny ve svalech

- Svalová kontrakce

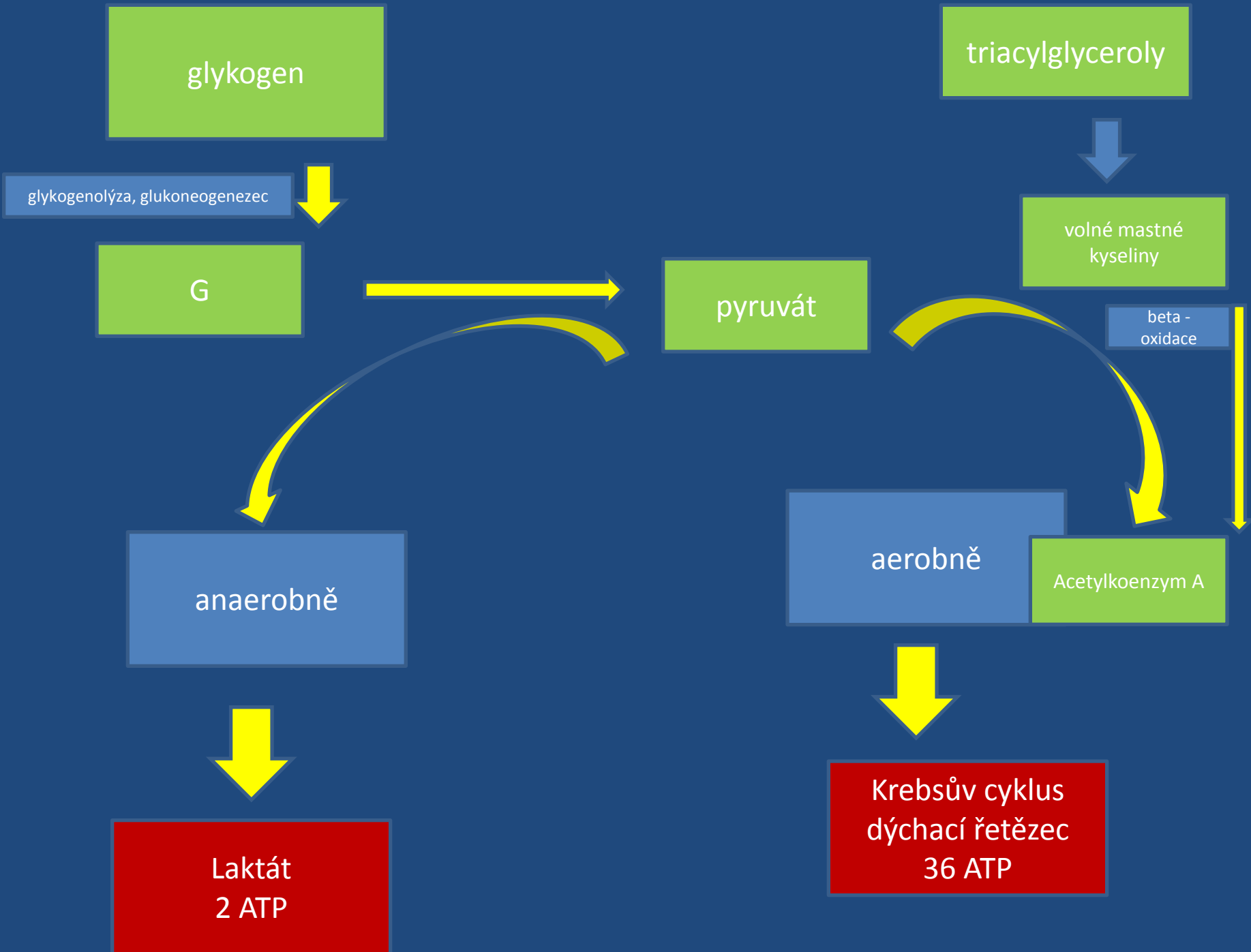


# Změny v činnosti ledvin

- Při výkonu **klesá prokrvení ledvin**
- Zvyšuje se **tvorba erytropoetinu**
- Při výkonu se zvyšuje **vyučování 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 makroenergetických vazeb kyseliny fosforečné (ATP)
- Energetické nároky pohybové zátěže – variabilní
- Energetické substráty : sacharidy, tuky (bílkoviny)



# 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

# 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 :

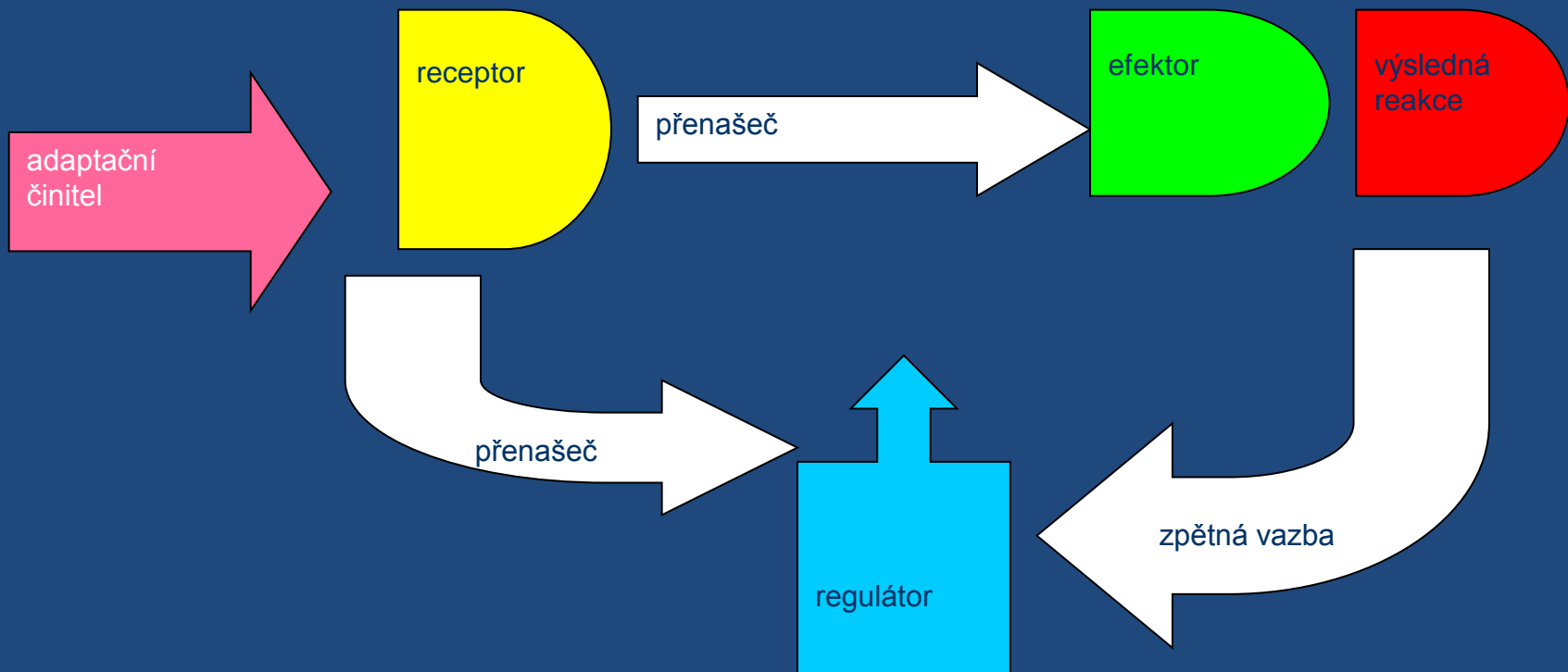
A, nadprahové intenzity

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 mRNA 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

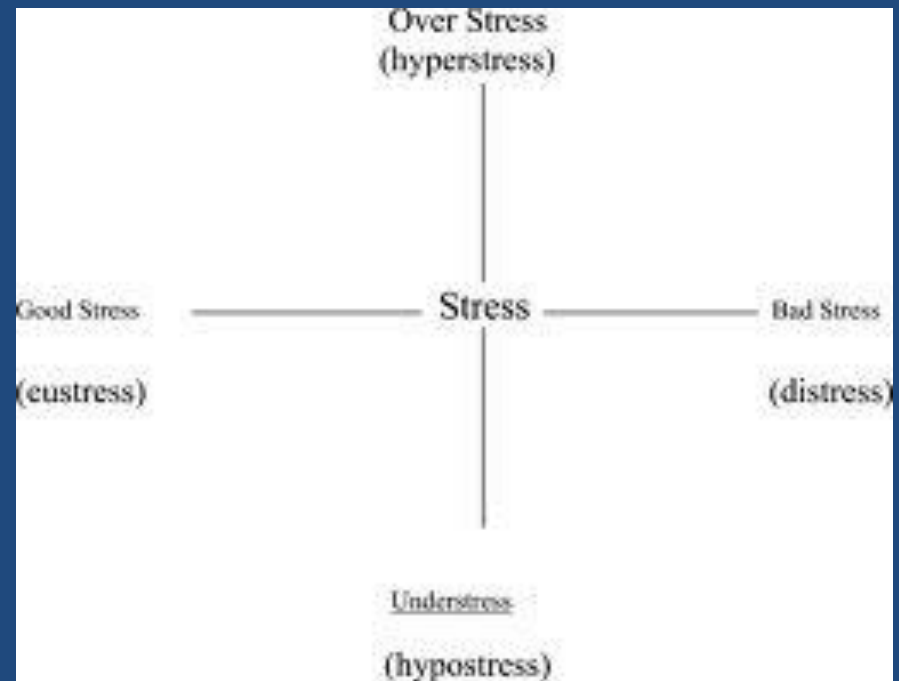
- **Intenzita podnětů :**

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,.../**

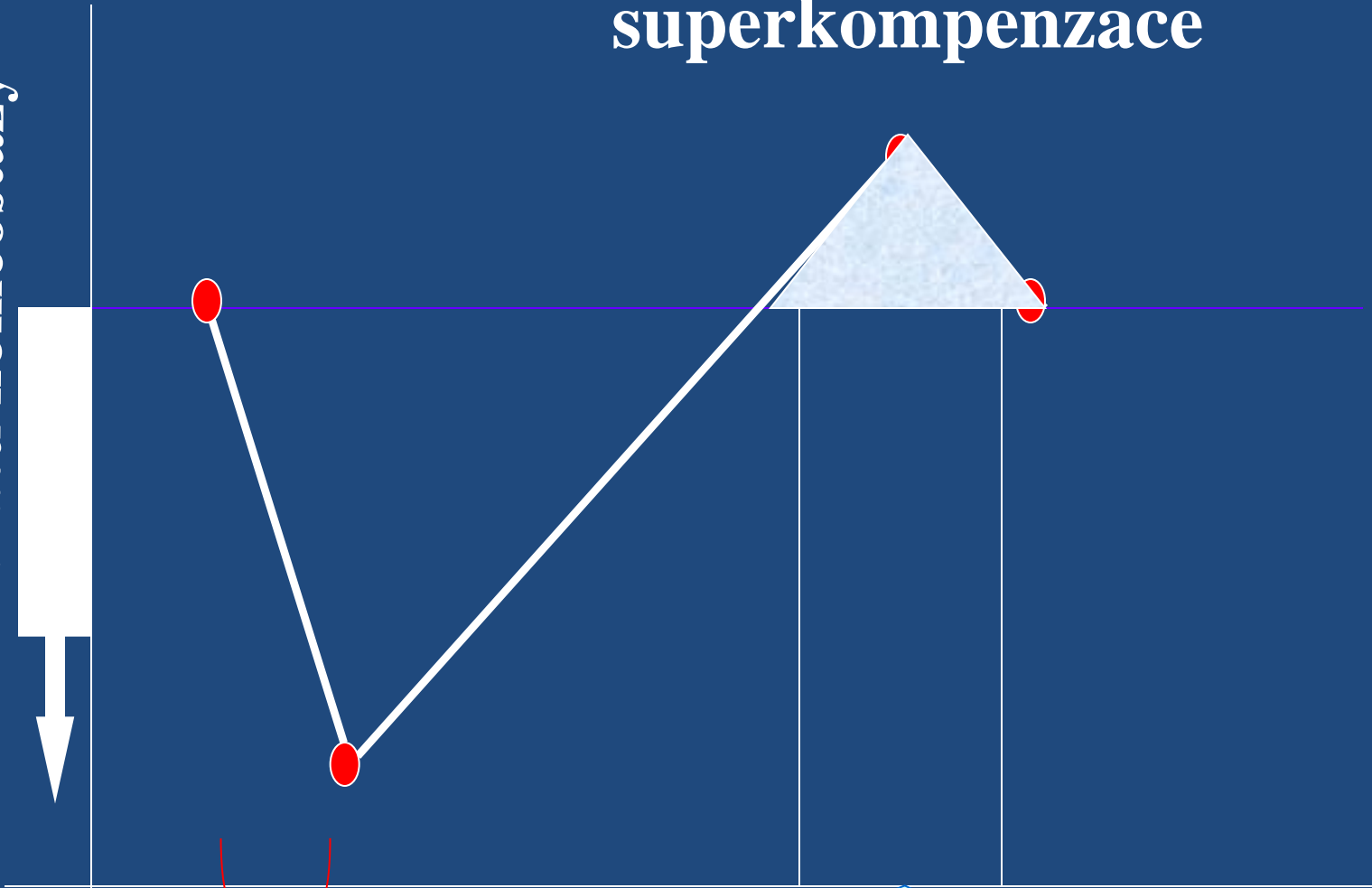
- **Intenzita podnětu je důležitější než objem-rychlost, síla / vysoká intenzita /**
- Nižší intenzita , vyšší objem – vytrvalost
- **Frekvence tréninkových podnětů** – častá
  - všeobecná zdatnost : 3 – 4 x týdně
  - trénovanost : 4 – 6 x týdně, denně, i několikrát za den

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

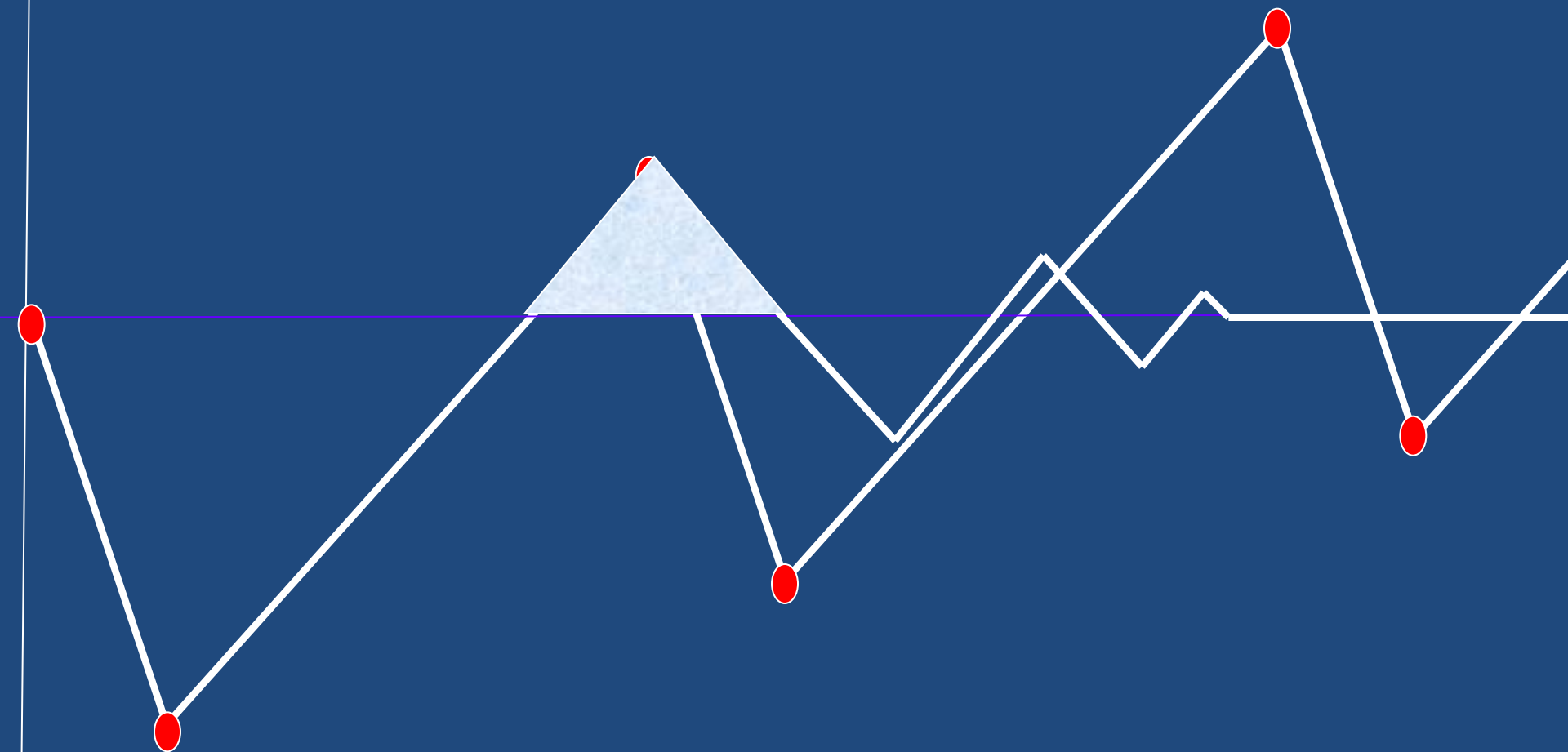
Míra rozvratu homeostázy



**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	<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