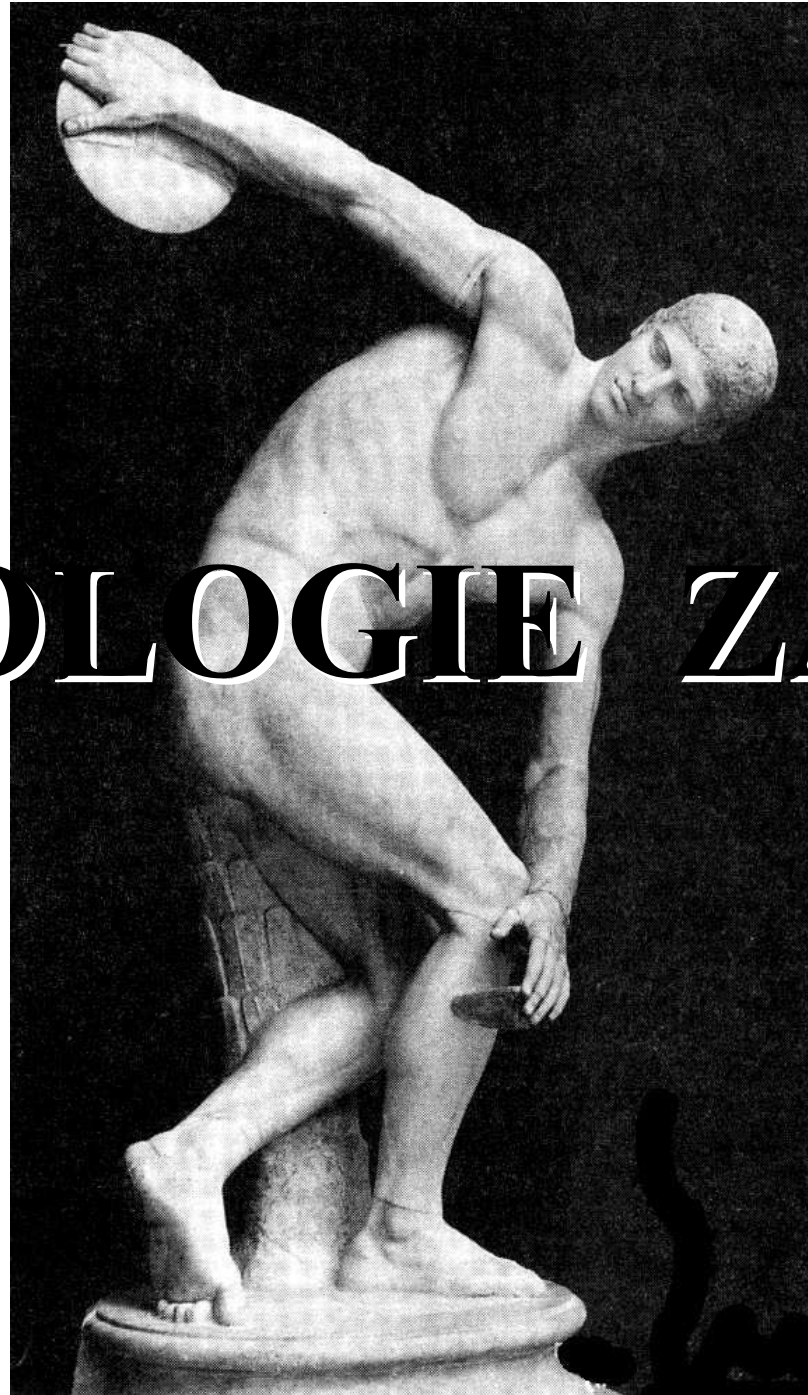


# FYZIOLOGIE ZÁTĚŽE



# FYZIOLOGIE TĚLESNÉ ZÁTĚŽE

disciplína zabývající se vlivem tělesné zátěže na stavbu a funkci lidského těla



# REGULACE

**Regulace** - soubor fyziologických procesů udržujících stálost vnitřního prostředí organismu

*nervové*

*humorální*

**Zpětná vazba** - děj při němž odpověď na signál zpětně ovlivňuje činnost signálu

*Negativní zpětná vazba* - původní vyvolávací signál je působením odpovědi zmenšen.

Realizuje se udržování určitého parametru na konstantní úrovni

*Pozitivní zpětná vazba* - odpověď původní signál zesiluje, což vede k zesílení dopovědi.

# REAKCE A ADAPTACE

**Reakce** - bezprostřední odpověď na zevní podnět, vždy stejná, geneticky zakotvená

**Adaptace** - schopnost živé hmoty přizpůsobovat se různým vlivům prostředí při opakování stejných stimulů

- biologicky výhodné funkční změny organismu směřující k udržení homeostatické rovnováhy v daných podmínkách

- po oslabení podnětů postupně mizí

# ADAPTAČNÍ SYNDROM

- *soubor adaptačních mechanismů*

**1. Etapa** - *poplachová reakce* - bezprostřední reakce při prvním setkání se stresorem, organismus reaguje nepřiměřeně, většinou ve větším rozsahu, než je účelné

**2. Etapa** - *stadium adaptace* - při opakovaném působení stejného stresoru se reakce omezuje na systémy významné pro účelnou odpověď na danou situaci

**3. Etapa** - *stadium destrukce* - intenzivní působení stresoru za nepříznivých podmínek, nestačí-li organismus působení stresoru potlačit, nastupuje selhání a organismus hyne

# SVALY

```
graph TD; SVALY --> Kosterni_sval[Kosterní sval]; SVALY --> Srdečni_sval[Srdeční sval]; SVALY --> Hladký_sval[Hladký sval];
```

**Kosterní sval**

**Srdeční sval**

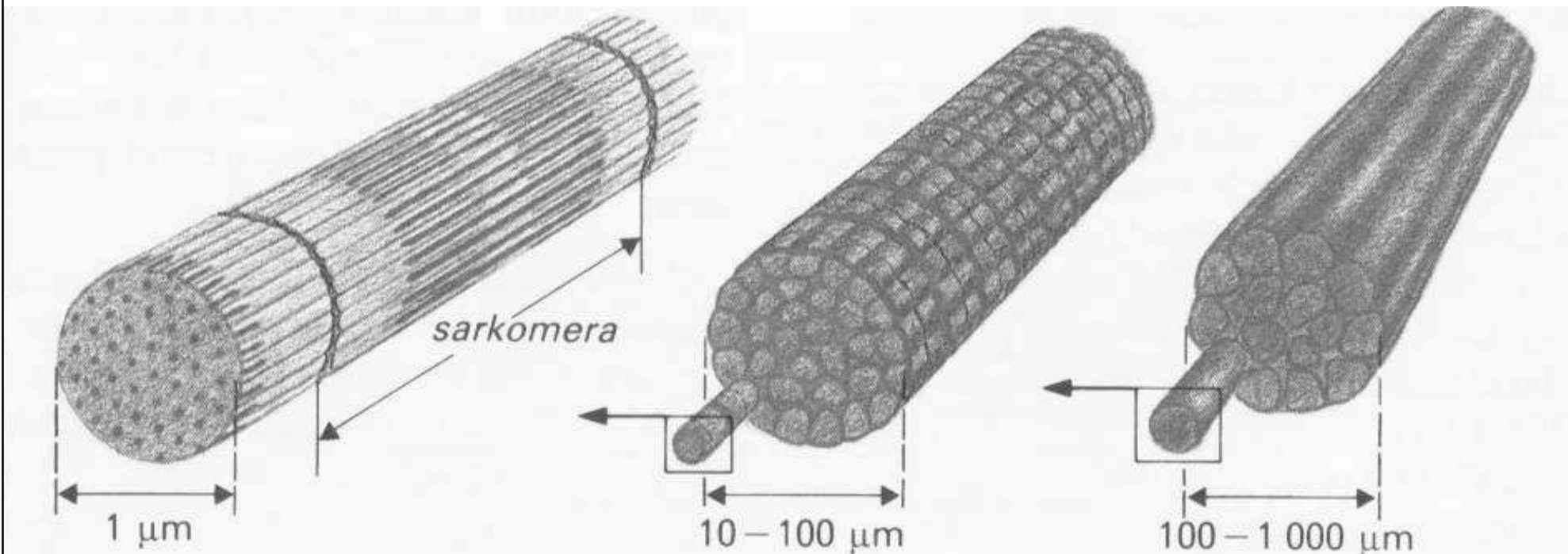
**Hladký sval**

EXCITABILITA - schopnost svalu odpovědět na stimulus vytvořením a vedením akčního potenciálu

KONTRAKTILITA - schopnost svalu se stahovat a vyvíjet napětí za současného výdeje energie

EXTENSIBILITA - schopnost svalu být natažen

ELASTICITA - schopnost svalu se vrátit do klidové délky buď po natažení nebo zkrácení



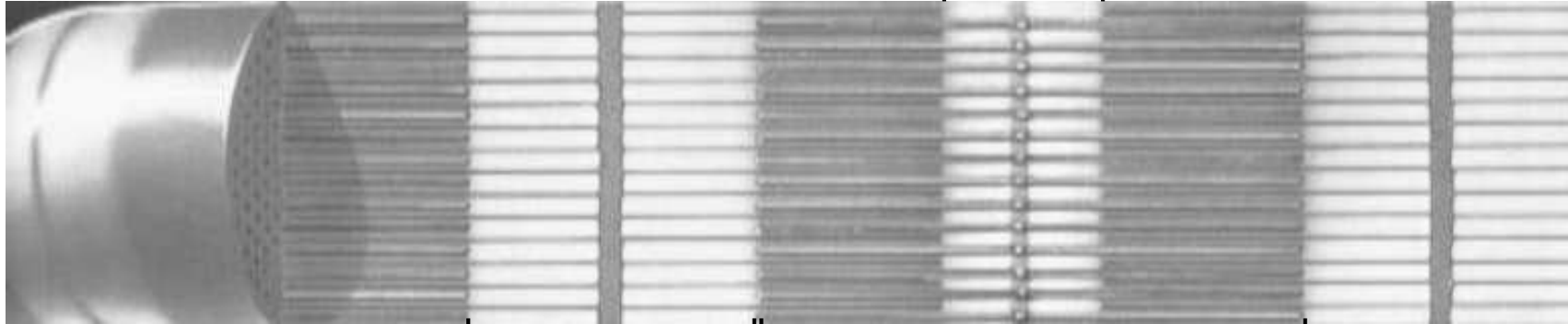
**myofibrila**

**svalové vlákno  
= buňka**

**svazek vláken**

sarkomera

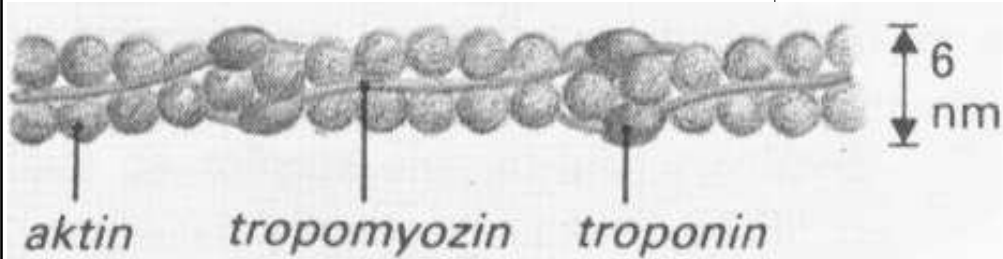
pruh H



pruh I

pruh A

linie Z



sarkomera

proužek H

~ 1,2 μm

ploténka Z

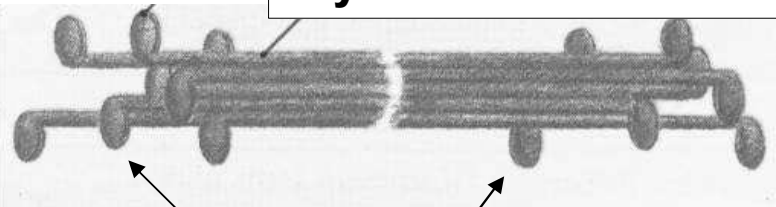
aktinové filamentum

myozinové filamentum

ploténka Z

proužek A 1,6 μm

myozinová molekula

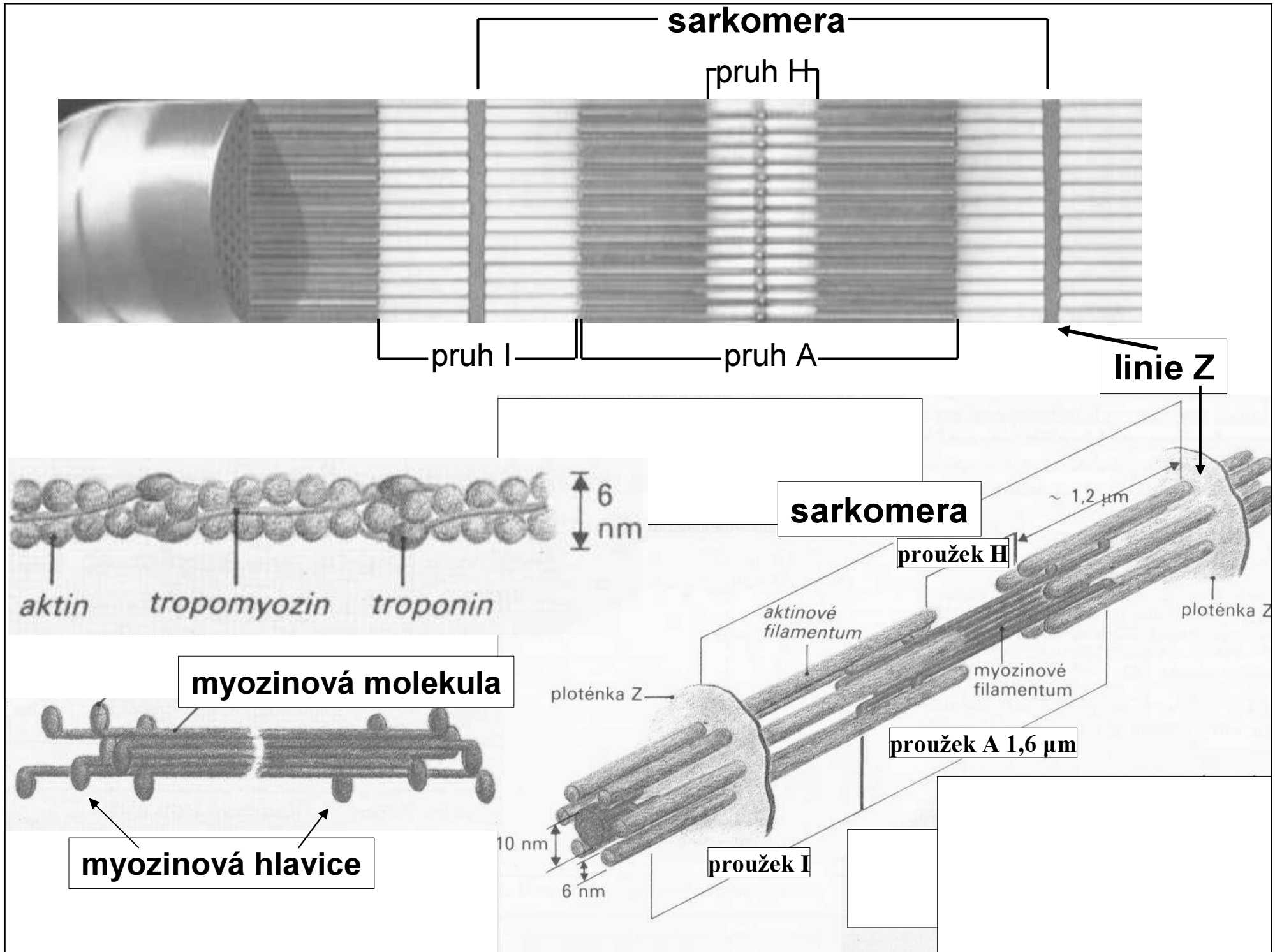


myozinová hlavice

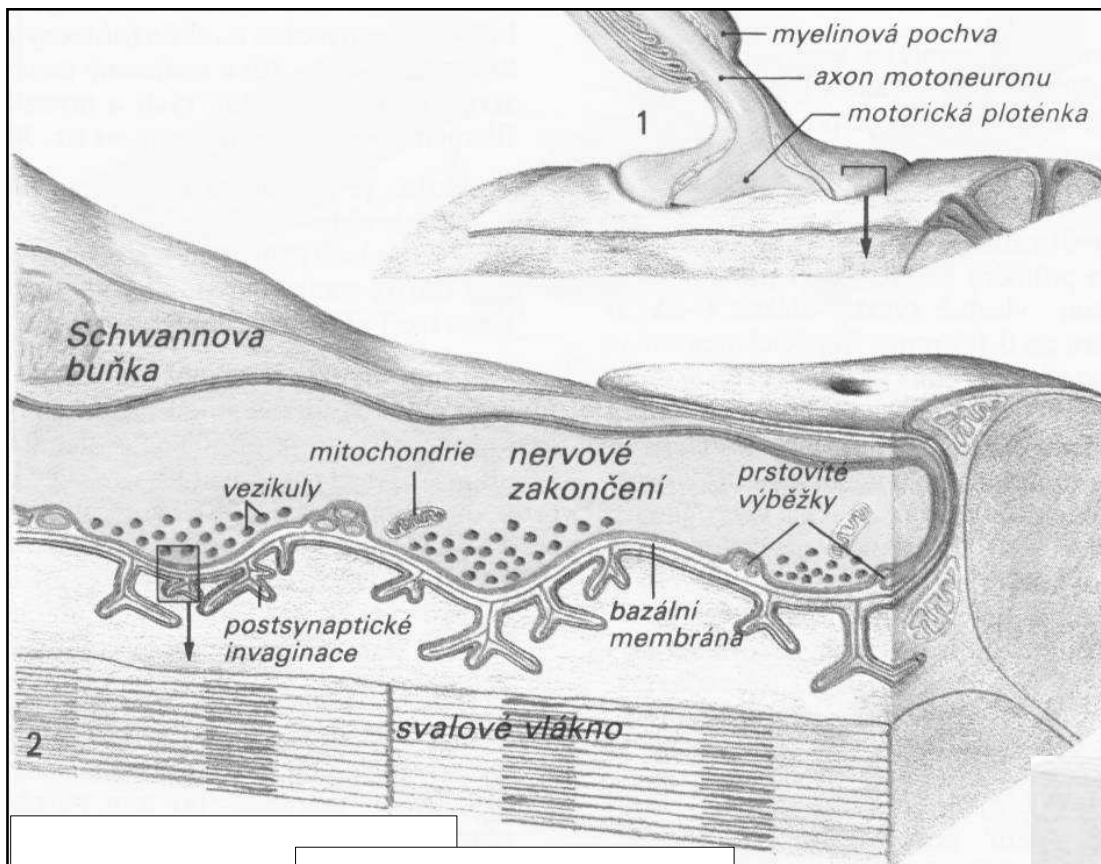
10 nm

6 nm

proužek I







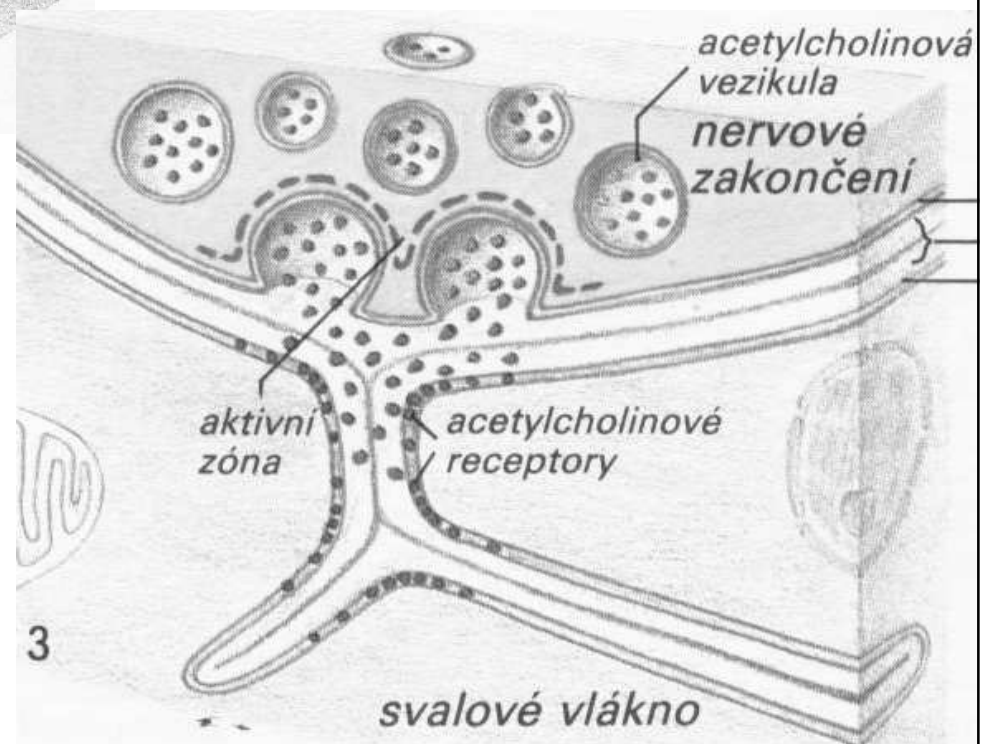
## MOTORICKÁ JEDNOTKA

počet vláken  
inervovaných jedním  
motoneuronem

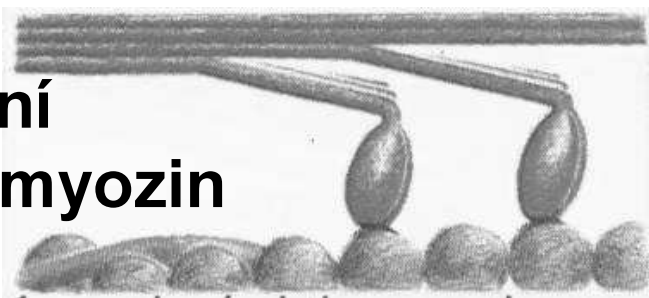
## MOTORICKÁ PLOTÉNKA

(*synapse*)

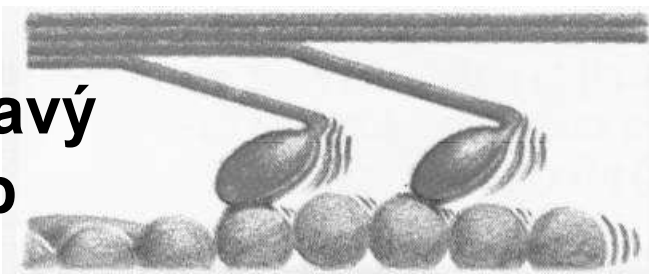
přenos vzruchu  
motoneuronu na  
svalové vlákno



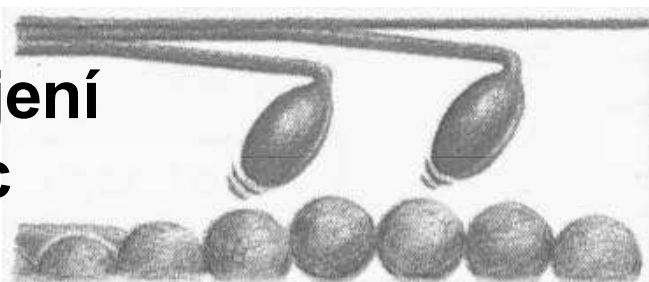
spojení  
aktin-myozin



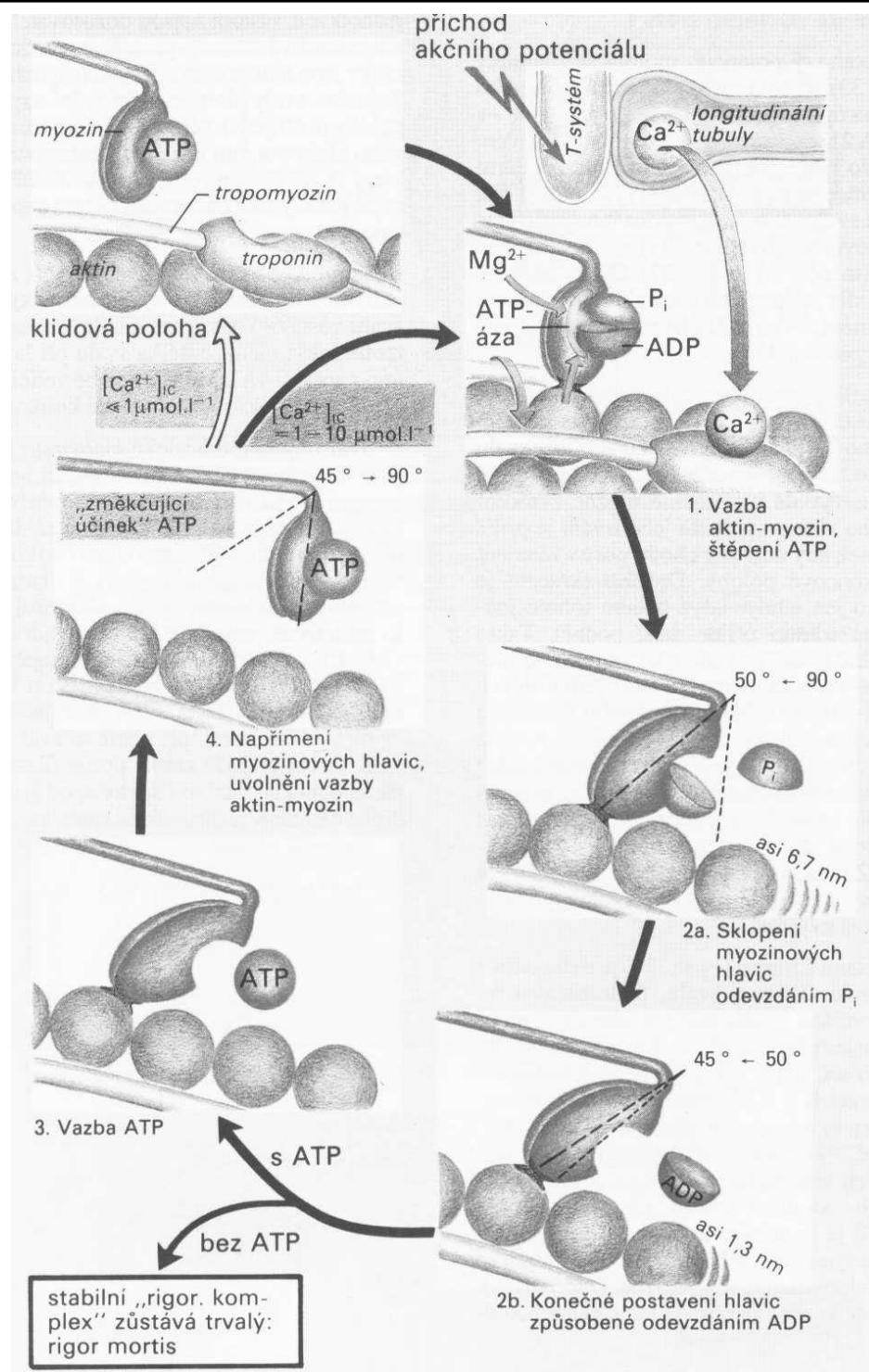
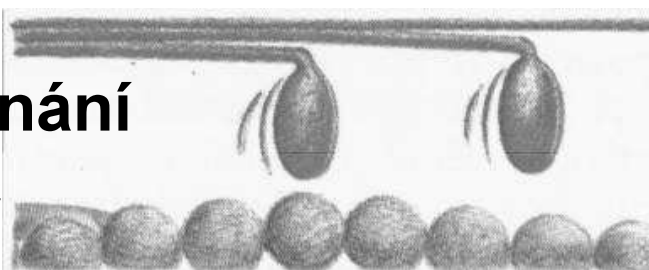
klouzavý  
pohyb

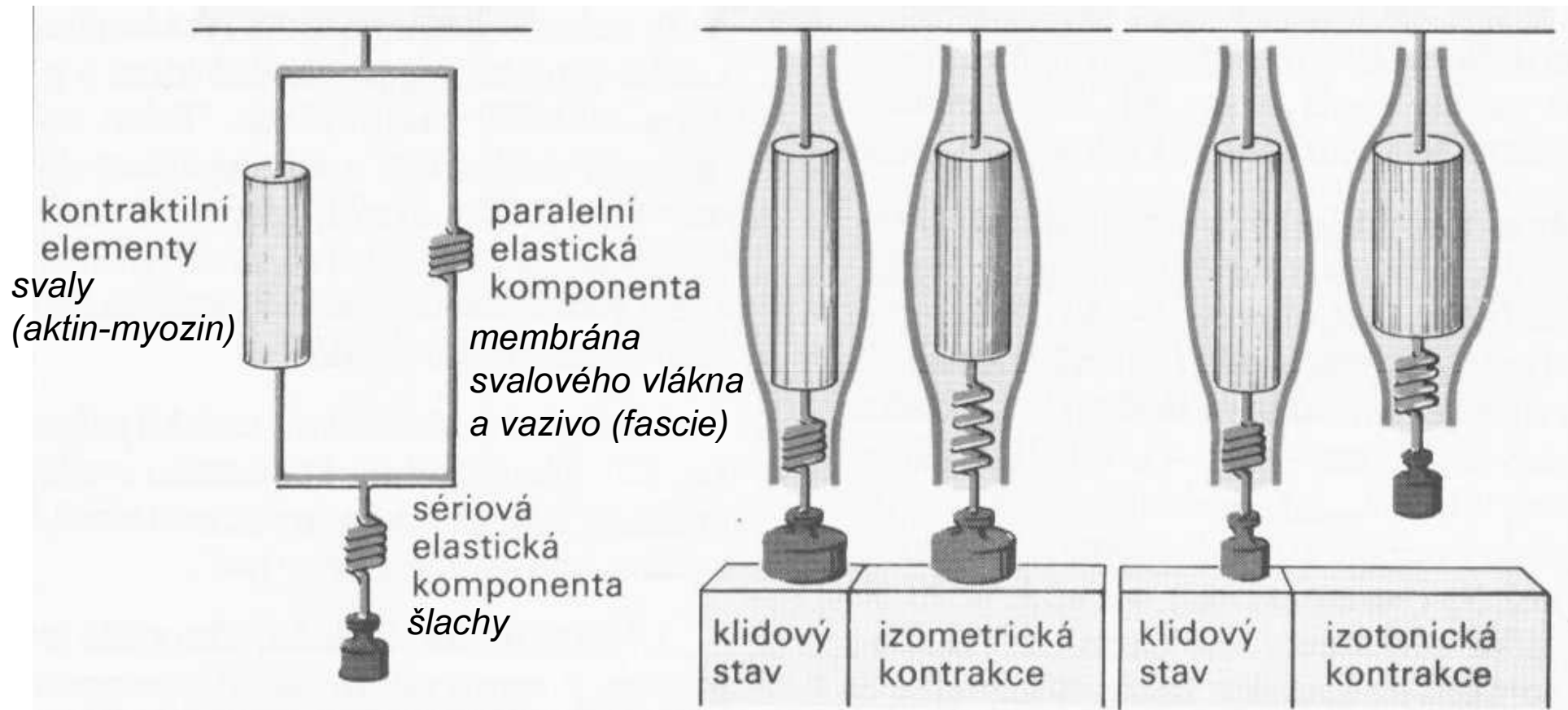


odpojení  
hlavic



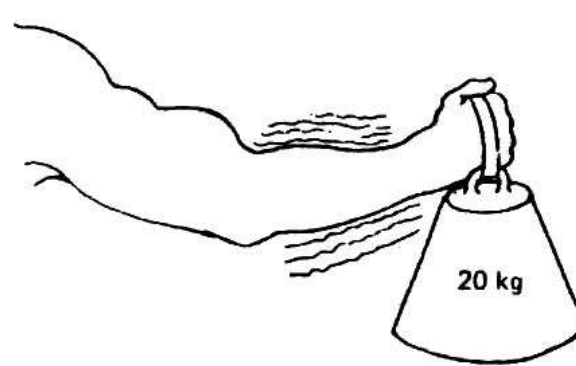
narovnění  
hlavic



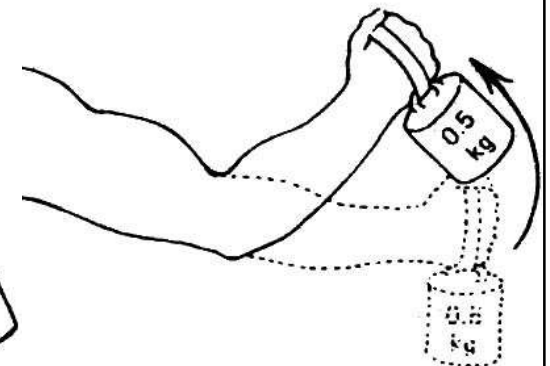


**auxotonická kontrakce**

izometrická + izotonická  
kontrakce



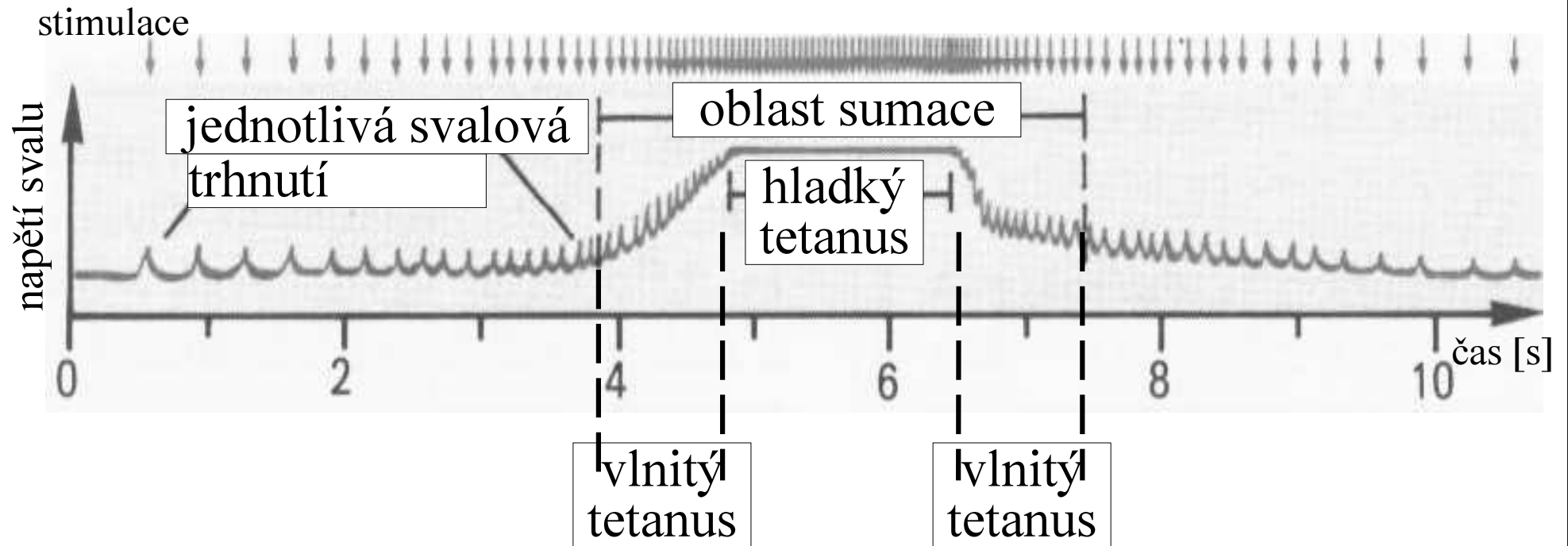
**statická práce**



**dynamická práce**

## Odstupňování svalové síly

- rozdílným nábořem motorických jednotek
- změnou frekvence akčních potenciálů



## Reflexní tonus

- asynchronní aktivace motorických jednotek

## **Kosterní sval**

Příčné pruhování

Myofibrily se sarkomerami

Zdroj  $\text{Ca}^{2+}$ : v sarkoplazmatickém retikulu

Nervový systém

## **Srdeční sval**

Příčné pruhování

Myofibrily se sarkomerami

Zdroj  $\text{Ca}^{2+}$ : v sarkoplazmatickém retikulu a extracelulárně

Vlastní zdroj rytmicity, hormony, autonomní nerv. systém

## **Hladký sval**

Bez pruhování

Rozptýlený aktin a myozin

Zdroj  $\text{Ca}^{2+}$ : extracelulárně (sarkoplazmatické retikulum)

Vlastní zdroj rytmicity, hormony, lokální chem. faktory, autonomní nerv. systém, protažení

# **METABOLISMUS**

*Souhrn veškerých dějů, které probíhají uvnitř organismu a které slouží k tvorbě látek potřebných pro činnost organismu*

## **KATABOLISMUS**

rozklad látek za současného uvolnění energie

## **ANABOLISMUS**

tvorba látek za současné spotřeby energie

# ENERGETICKÝ METABOLISMUS

## VYSOKOENERGETICKÉ FOSFÁTOVÉ SLOUČENINY

7 300 kalorií  
30,6 kJ

ATP: adenosin - PO<sub>3</sub> ~ PO<sub>3</sub> ~ PO<sub>3</sub><sup>-</sup>

10 300 kalorií  
43 kJ

CrP: kreatin ~ PO<sub>3</sub><sup>-</sup>

## ZÁKLADNÍ ŽIVINY

**cukry**

*(glukoza)*

**tuky**

*(glycerol,  
volné mastné kyseliny)*

**bílkoviny**

*(aminokyseliny)*

## DEPOTA ŽIVIN

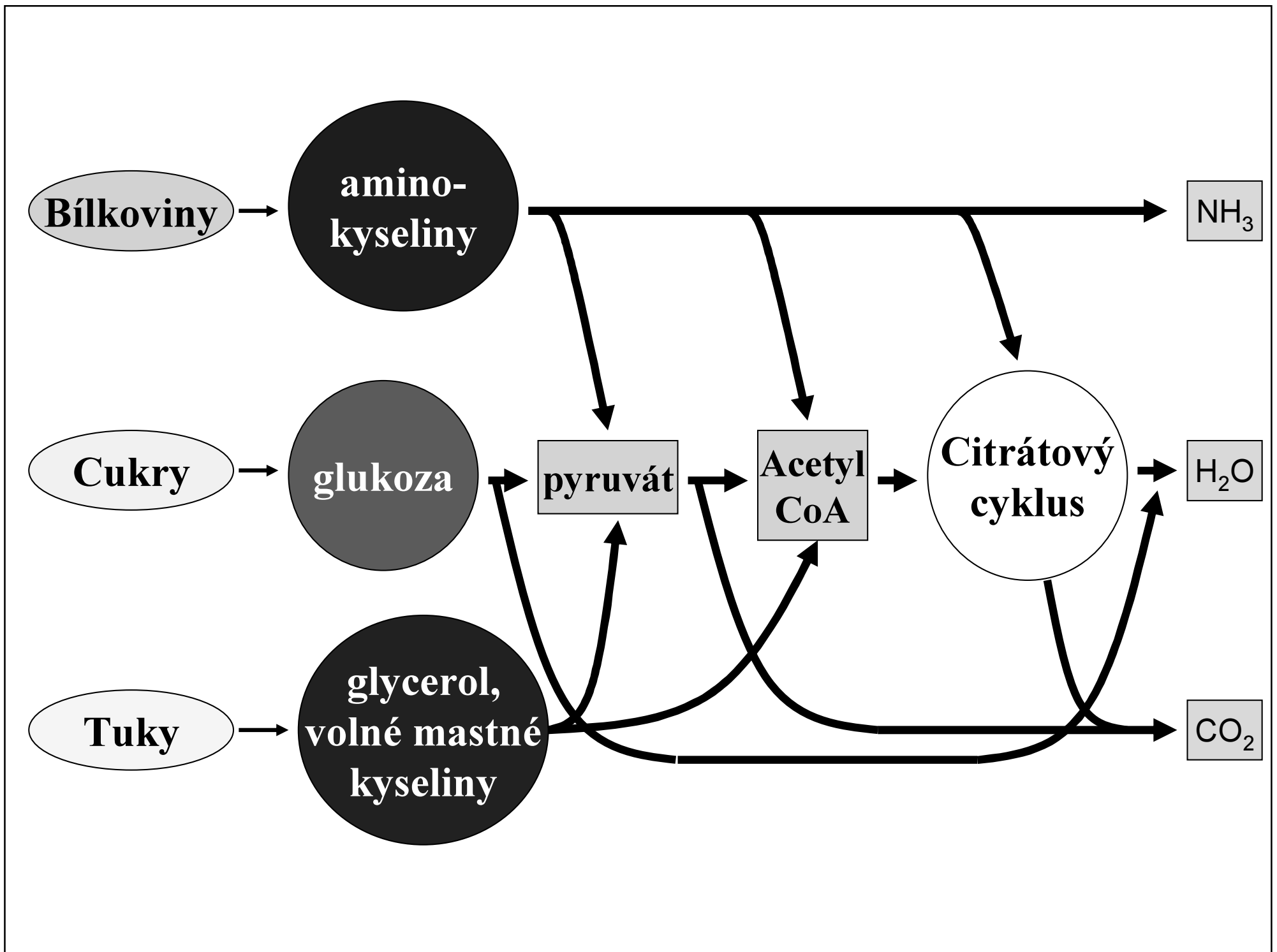
glykogen → játra, svaly

neutrální lipidy → tuková tkáň

*(bílkoviny → játra, svalovina, slezina)*

## GLUKONEOGENEZE

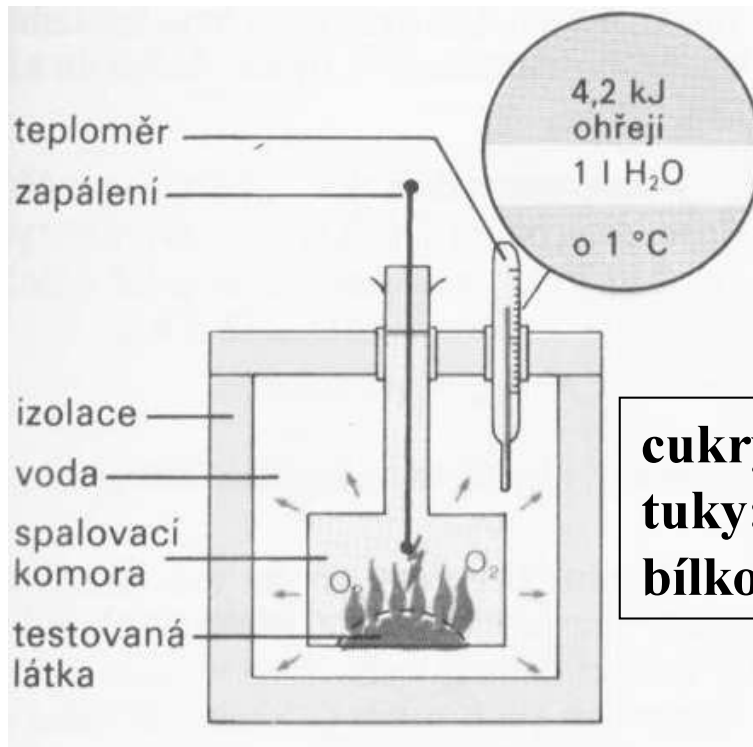
- laktát
- pyruvát
- aminokyseliny
- meziprodukty citrátového cyklu





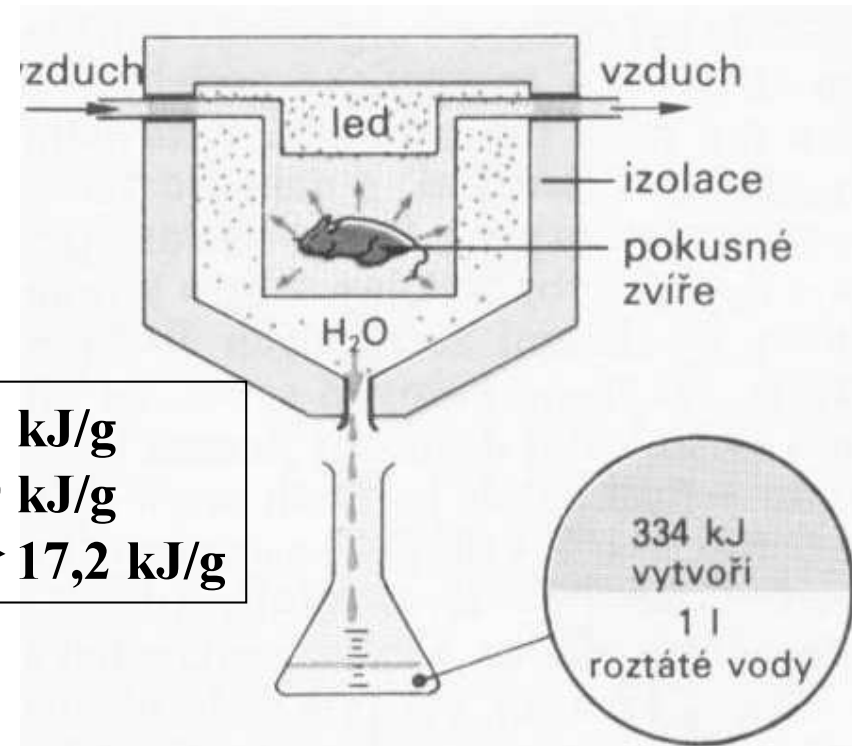
# KALORIMETRIE

## Kalorimetrcká bomba



**cukry: 17,2 kJ/g**  
**tuky: 38,9 kJ/g**  
**bílkoviny: 23 → 17,2 kJ/g**

## Přímá kalorimetrie



## Nepřímá kalorimetrie

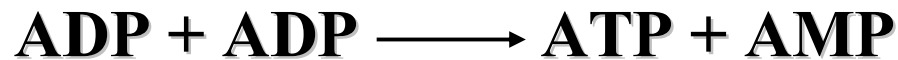
*měřítkem energetické přeměny je spotřeba **kyslíku***

$$\begin{array}{l} \textit{respirační kvocient (RQ)} \\ \textit{poměr respirační výměny (R)} \end{array} = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$$

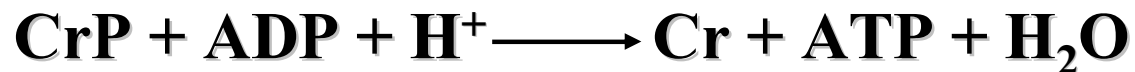
# **METABOLISMUS SVALU**

## **- *restituce ATP***

### **MYOKINÁZOVÁ REAKCE**



### **LOHMANNOVA REAKCE**



### **GLYKOLYTICKÁ FOSFORYLACE (anaerobní)**

Při odbourávání glukózy bez spotřeby kyslíku je uvolněna energie



### **OXIDAČNÍ FOSFORYLACE (aerobní)**

Při odbourávání látek (*glukóza, laktát, volné mastné kys., aminokyseliny*) za přítomnosti kyslíku je uvolněna energie



# ENERGETICKÉ ZÁSOBY SVALU

*Tvorba ATP*

<b>Kosterní svaly</b>	ATP	10 kJ	4,5 mol/min
	CrP	30 kJ	3,0 mol/min
	Glykogen	6 600 kJ	
	-anaerobně	600 kJ	2,0 mol/min
	-aerobně	6 000 kJ	0,75 mol/min
	TAG	11 000 kJ	0,4 mol/min
<b>Krev</b>	proteiny	160 000 kJ	0,01 mol/min
	glukóza	300 kJ	0,75 mol/min
	NEMK	15 kJ	0,4 mol/min
	TAG	150 kJ	0,1 mol/min
<b>Játra</b>	glykogen	1 500 kJ	0,75 mol/min
<b>Tuková tkáň</b>	lipidy	560 000 kJ	0,40 mol/min

# TYPOLOGIE SVALOVÝCH VLÁKEN

rezistentní k  
unavitelnosti

červené vlákno

typ I.

pomalé oxidativní  
vlákno

rezistentní k  
unavitelnosti

červené vlákno

typ II. A

rychlé oxidativně-  
glykolytické vlákno

unavitelné

bílé vlákno

typ II. B

rychlé glykolytické  
vlákno

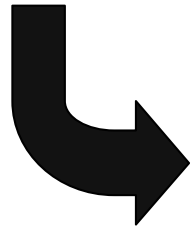
# TYPOLOGIE SVALOVÝCH VLÁKEN

rezistentní k  
unavitelnosti

červené vlákno

typ I.

pomalé oxidativní  
vlákno



- vysoký obsah myoglobinu
- bohatá na mitochondrie
- obsahují méně glykogenů
- obsahují více triacylglycerolů
- bohatá kapilární síť
- trvání kontrakce po impulsu až 100 ms

**VYTRVALOSTNÍ PRÁCE**  
*pomalejší kontrakce s větší silou*

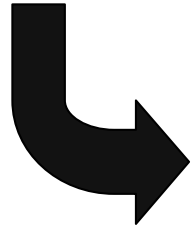
# TYPOLOGIE SVALOVÝCH VLÁKEN

unavitelné

**bílé vlákno**

typ II. B

rychlé glykolytické vlákno



- *nízký obsah myoglobinu*
- *nižší počet mitochondrií*
- *bohatá na glykogen*
- *nízký obsah triacylglycerolů*
- *řidší kapilární síť*
- *trvání kontrakce po impulsu 10 - 40 ms*

## RYCHLOSTNÍ PRÁCE

*rychlé silové kontrakce nedlouhého trvání*

# DRUHY SVALOVÉ ČINNOSTI

## ČINNOST STATICKÁ

převažuje svalová síla ve výdrži s *minimální změnou* svalové délky

## ČINNOST DYNAMICKÁ

rytmické *střídání* kontrakce a relaxace se změnou svalové délky, s různou účastí svalového působení

# DRUHY DYNAMICKÉ SVALOVÉ ČINNOSTI

## ČINNOST SILOVÁ

pohybová činnost se zdůrazněnými *silovými* nároky, kdy trvání kontrakce je delší než trvání relaxace

## ČINNOST RYCHLOSTNÍ

pohybová činnost s velmi *rychlým střídáním* kontrakcí a relaxací

## ČINNOST OBRATNOSTNÍ

pohybová činnost, kde je důležitá *jemná koordinace* svalové činnosti

## ČINNOST VYTRVALOSTNÍ

pohybová činnost, kde se klade důraz na *dlouhodobou* svalovou činnost



	<i>Trvání výkonu</i>	<i>Využití substrátu</i>	<i>Tvorba kys. mléčné</i>	<i>Typy sval. vláken</i>
Rychlostní (maximální)	do 15s	ATP, CrP	střední	Převážně II B
Rychlostně - vytrvalostní (submaximální)	15s - 50s	ATP, CrP, glykogen (glykolýza)	max.	II B a II A
Vytrvalostní - krátkodobá	do 120s	glykogen (glykolýza a oxidace)	velmi vysoká	II B a II A
- střední	do 11 min	glykogen (oxidace)	střední - malá	II A
- dlouhodobá	nad 1 hod	Glykogen, lipidy (oxidace), extracelulární zdroje	velmi malá	I A

# ODPOVĚĎ ORGANISMU NA ZÁTĚŽ

## DYNAMICKÁ SVALOVÁ ČINNOST

### *iniciální fáze*

nízká zátěž do 2 min

střední zátěž do 3 min

### *rovnovážný stav*

funkce jsou stabilizovány na určité úrovni

*(zátěž nízké nebo střední úrovně s převládajícím aerobním způsobem získávání energie)*

### *dlouhodobé zatížení*

více než 20 – 30 min

metabolismus probíhá v rovnovážném stavu za plné dodávky kyslíkem

### *maximální zátěž*

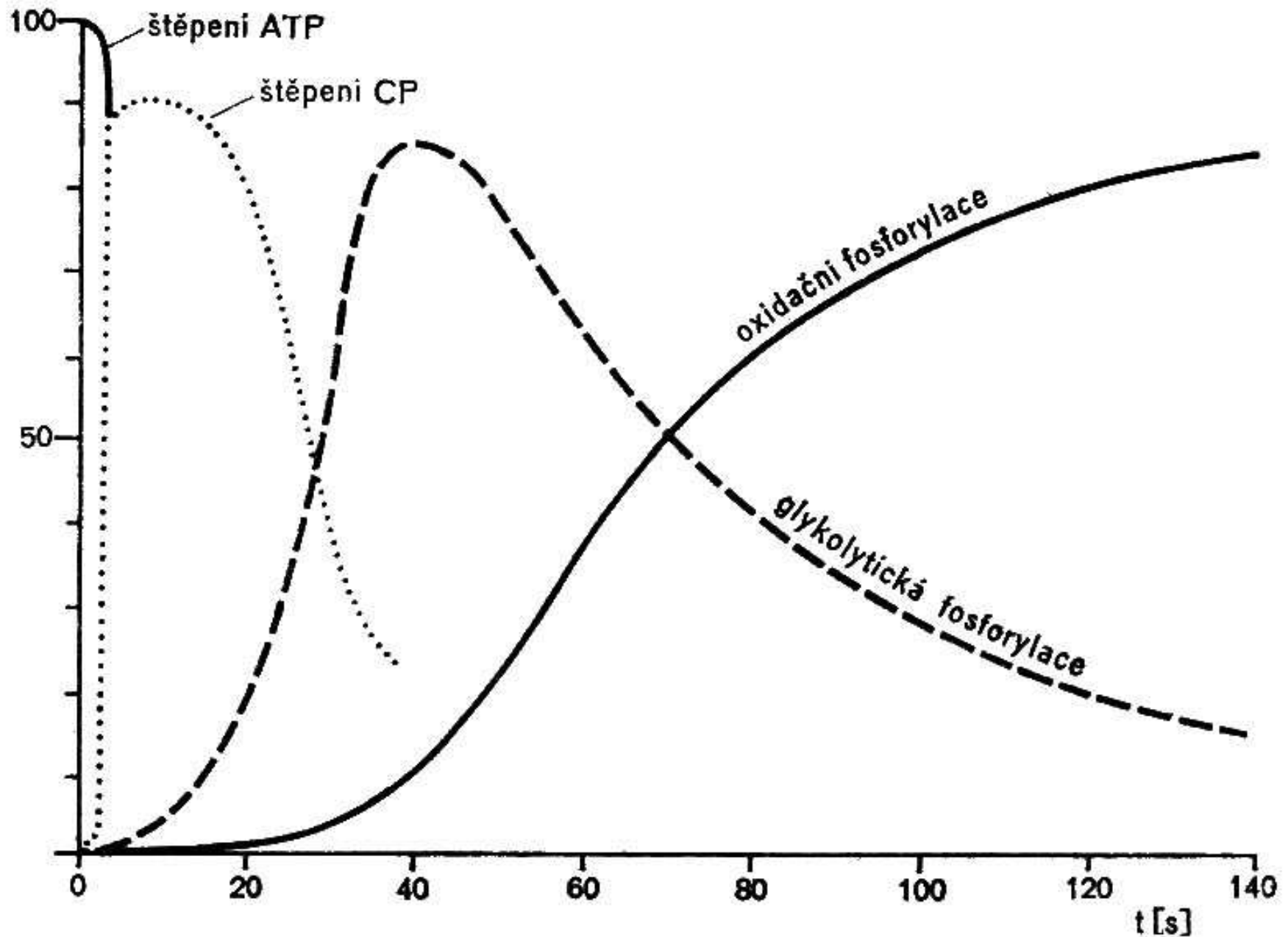
### *zotavení po zátěži*

období následující po skončení tělesné zátěže

## STATICKÁ SVALOVÁ ČINNOST

# INICIÁLNÍ FÁZE

podíl energie [%]



# ROVNOVÁŽNÝ STAV

*převážně aerobní způsob přeměny energie*

70 kg vážící muž:

**tuky** 260 000 – 520 000 kJ

**cukry** 8 500 kJ

*350 g svalového glykogenu*

*80 – 90 g jaterního glykogenu*

*20 g rozpuštěné glukózy v tělních tekutinách*

**bílkoviny** 125 000 – 160 000 kJ (*využitelnou pouze 20%*)

	<b>adaptovaný</b>	<b>neadaptovaný</b>
<b>glukóza v krvi</b>	↔	↑
<i>inzulín</i>	↔	↓
<b>mastné kyseliny</b>	↑	↓
<b>laktát</b>	↔	↑
<i>růstový hormon</i>	↔	↑ 3 – 5 krát
<i>kortizol</i>	↔	↑

# DLOUHODOBÉ ZATÍŽENÍ

střednědobá zátěž (20-30min)

převaha metabolismu cukrů

dlouhodobá zátěž

převaha metabolismu tuků

↓ svalový glykogen (40 – 60 min) → čerpání glukózy z krve

↓ laktát (10 – 15 min) → ↑ lipolýza → ↑ krevní hladina glycerolu  
+VMK

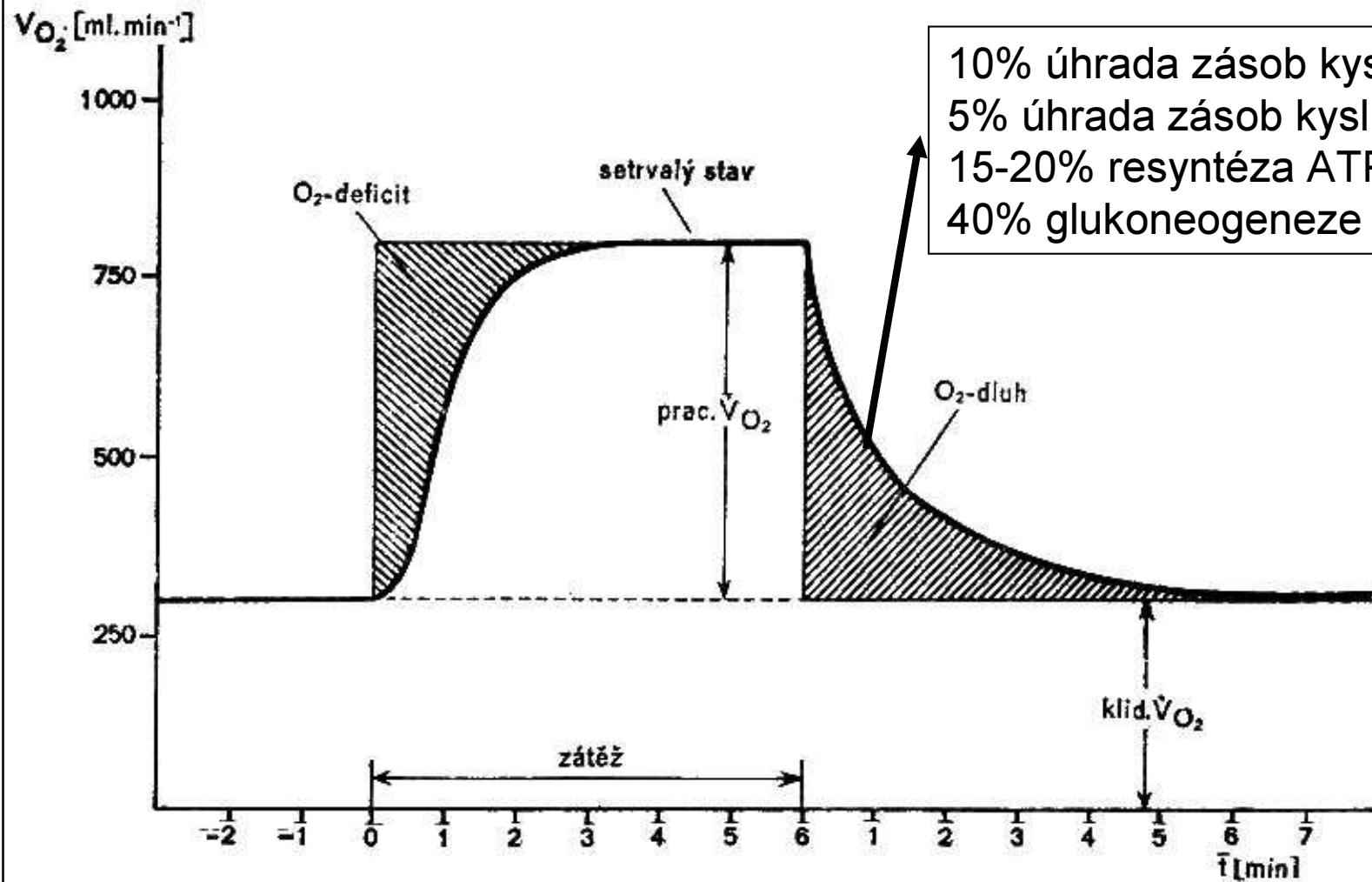
# MAXIMÁLNÍ ZÁTĚŽ

intermitentní zátěž 20 – 30 s → zdroj pouze z makroergních fosfátů

zátěž 2 – 3 min → ↑ glykolytická fosforylace → ↑ laktát

vzestup laktátu nad horní hranici → ↓ pH → zastavení fosforylace → ↓ energie

# ZOTAVENÍ PO ZÁTĚŽI



# STATICKÁ SVALOVÁ ČINNOST

**kontrakce malé síly**  
*do 15% max. kontakční síly*

→ převážně  
**oxidační fosforylace**

**kontrakce střední síly**  
*15% - 60% max. kontakční síly*

→ ↓ **oxidační fosforylace**  
↑ **glykolytická fosforylace**

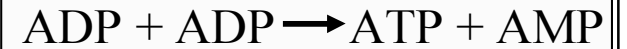
**kontrakce velké síly**  
*nad 60% max. kontakční síly*

→ pouze  
**glykolytická fosforylace**



# 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 v II,  
↑ pufrovací kapacity

## ČINNOST VYTRVALOSTNÍ

↑ mitochondrií, ↑ aktivita enzymů dýchacího řetězce,  
↑ kapilarizace, hypertrofie I, možná konverze z II → I(?),  
↑ hladiny svalového glykogenu o 100%, ↑ aktivita lipázy