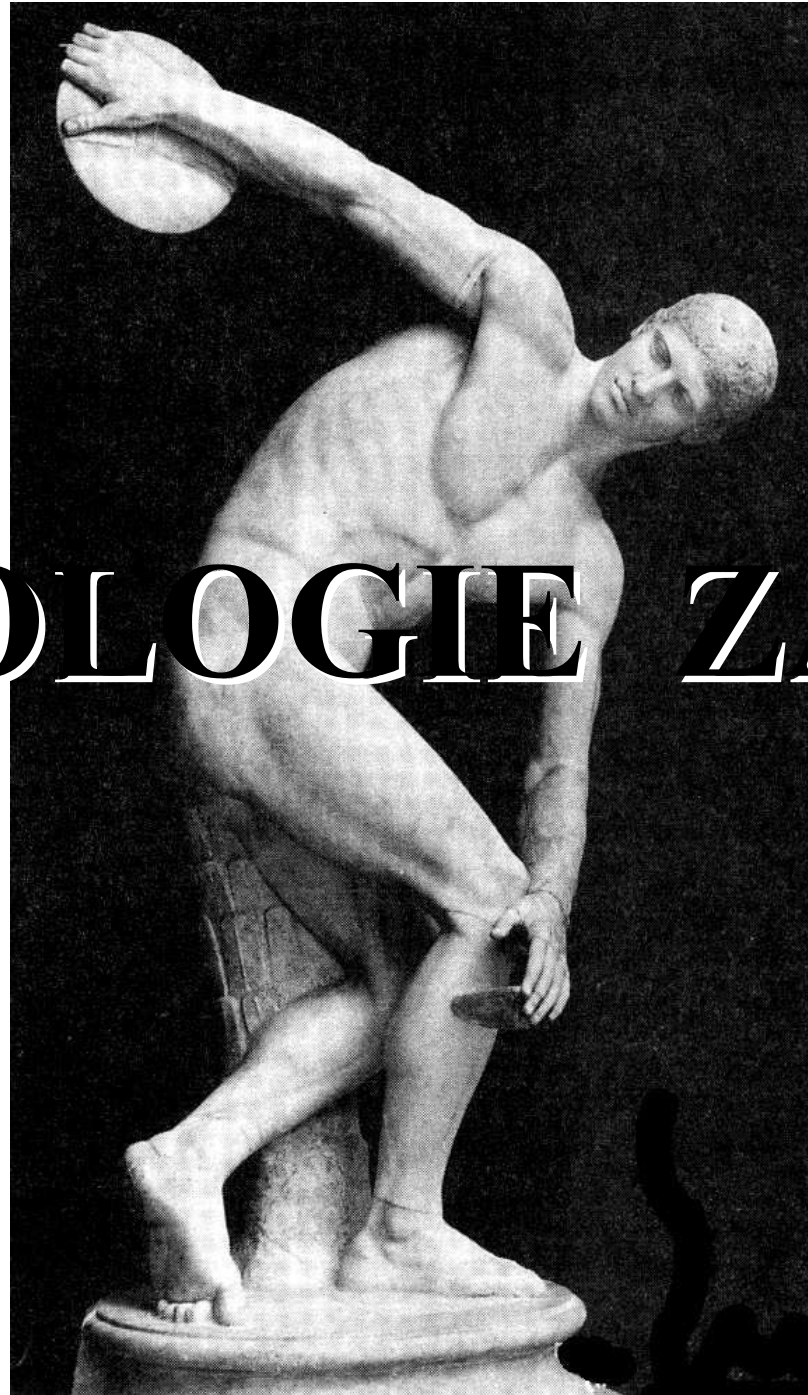


FYZIOLOGIE ZÁTĚŽE



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

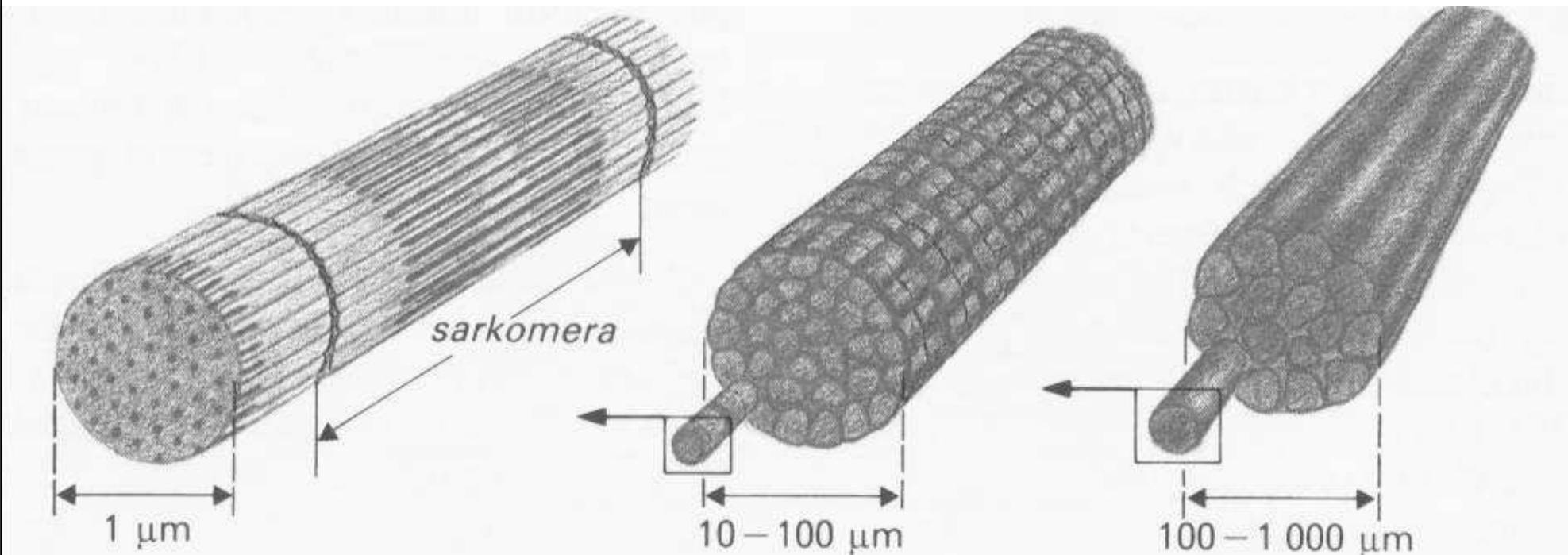
Hladký sval

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



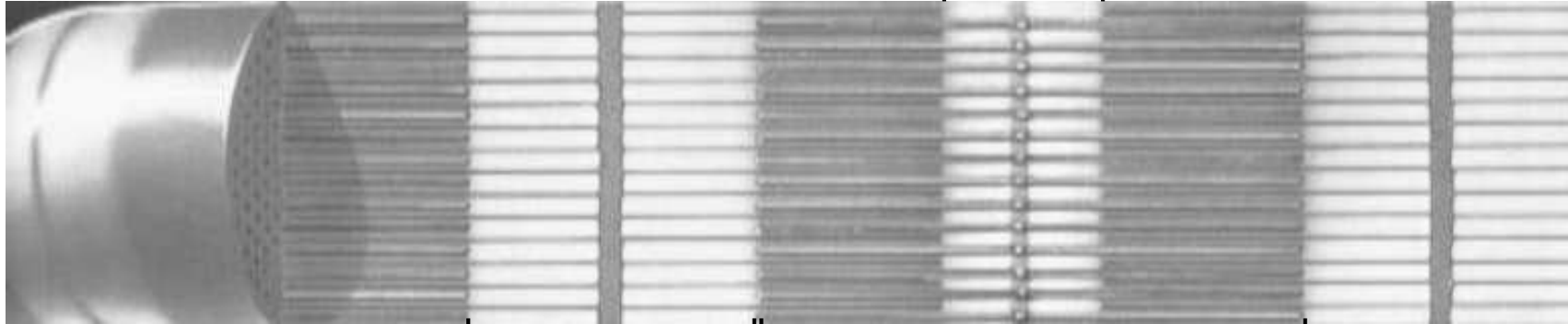
myofibrila

**svalové vlákno
= buňka**

svazek vláken

sarkomera

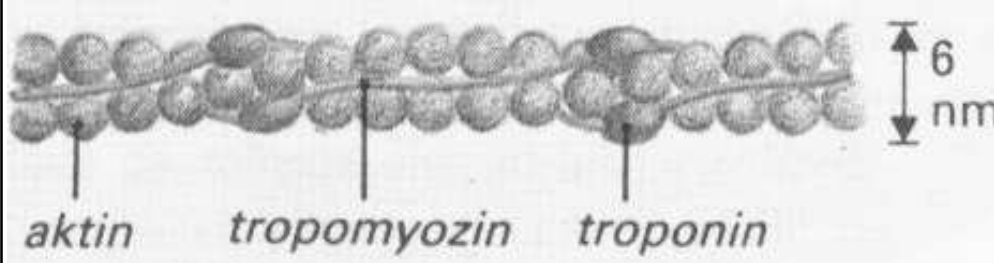
pruh H



pruh I

pruh A

linie Z



sarkomera

proužek H

~ 1,2 μm

ploténka Z

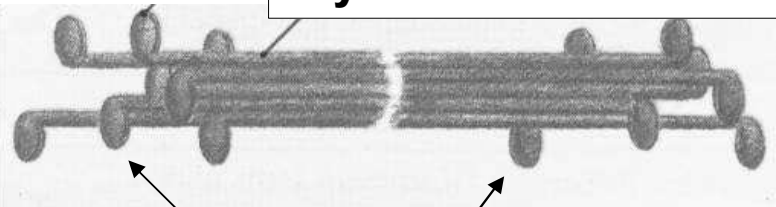
ploténka Z

aktinové filamentum

myozinové filamentum

proužek A 1,6 μm

myozinová molekula

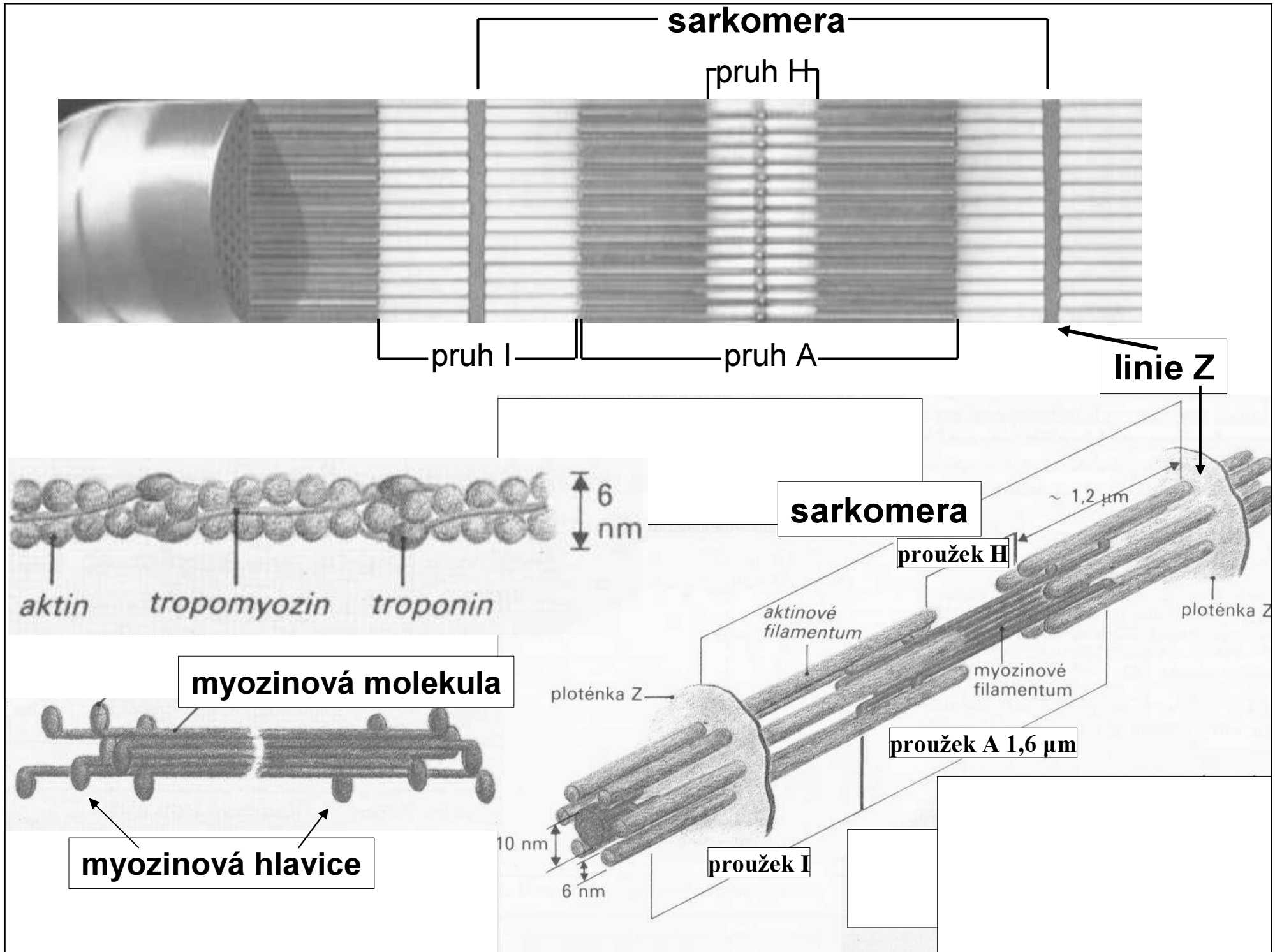


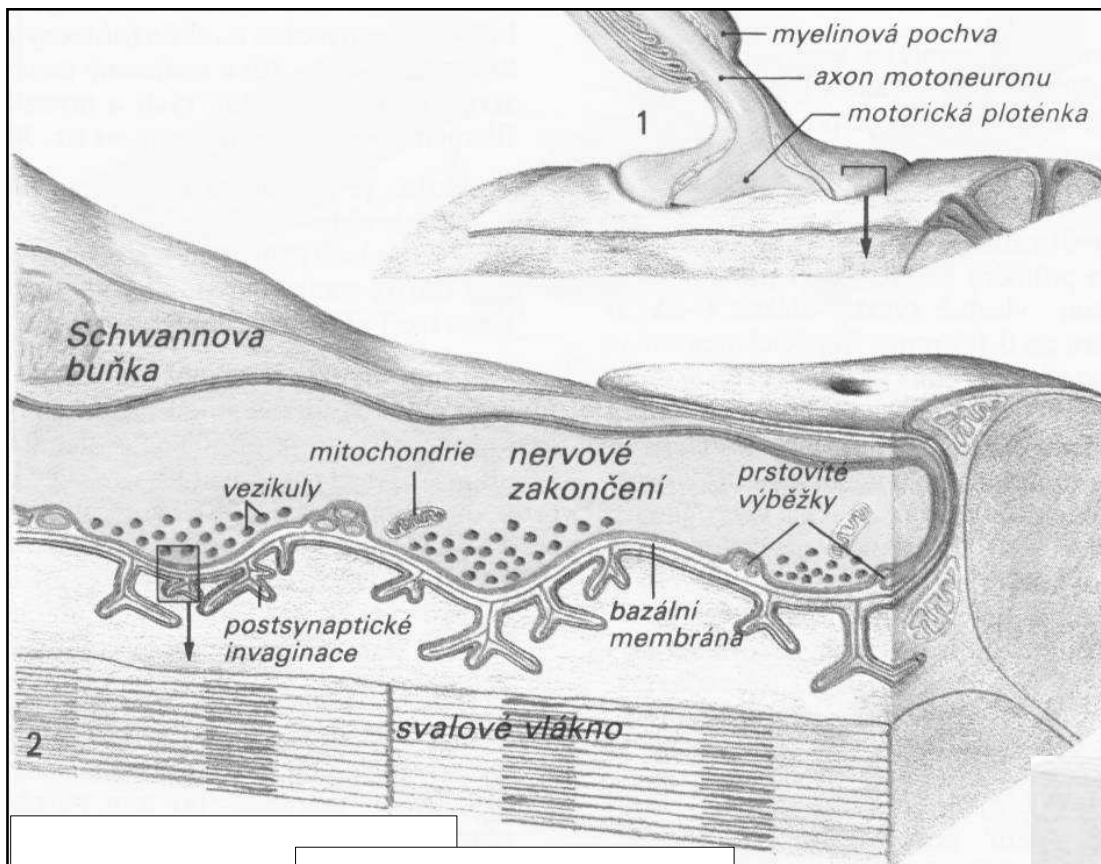
myozinová hlavice

10 nm

6 nm

proužek I





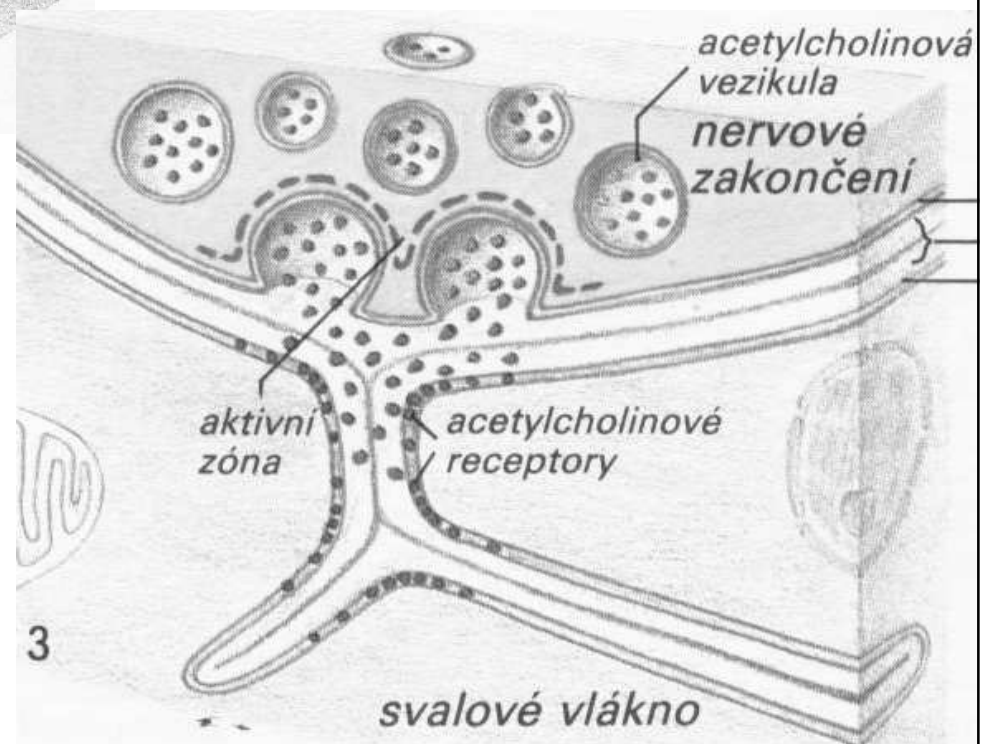
MOTORICKÁ JEDNOTKA

počet vláken
inervovaných jedním
motoneuronem

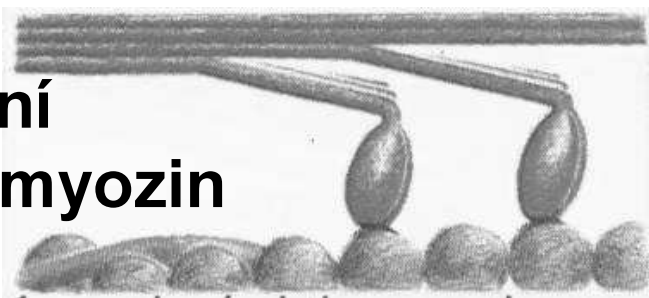
MOTORICKÁ PLOTÉNKA

(*synapse*)

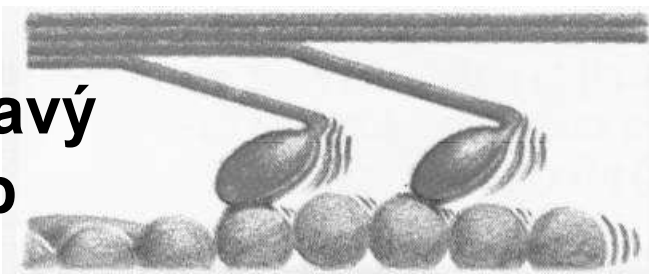
přenos vzruchu
motoneuronu na
svalové vlákno



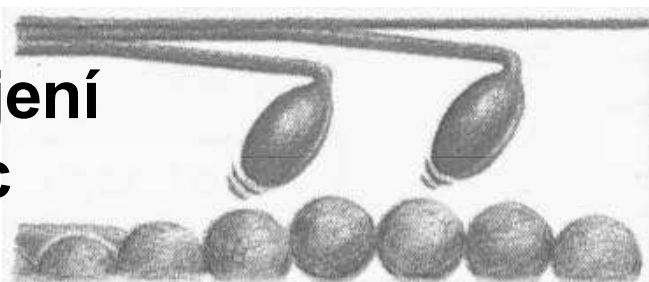
spojení
aktin-myozin



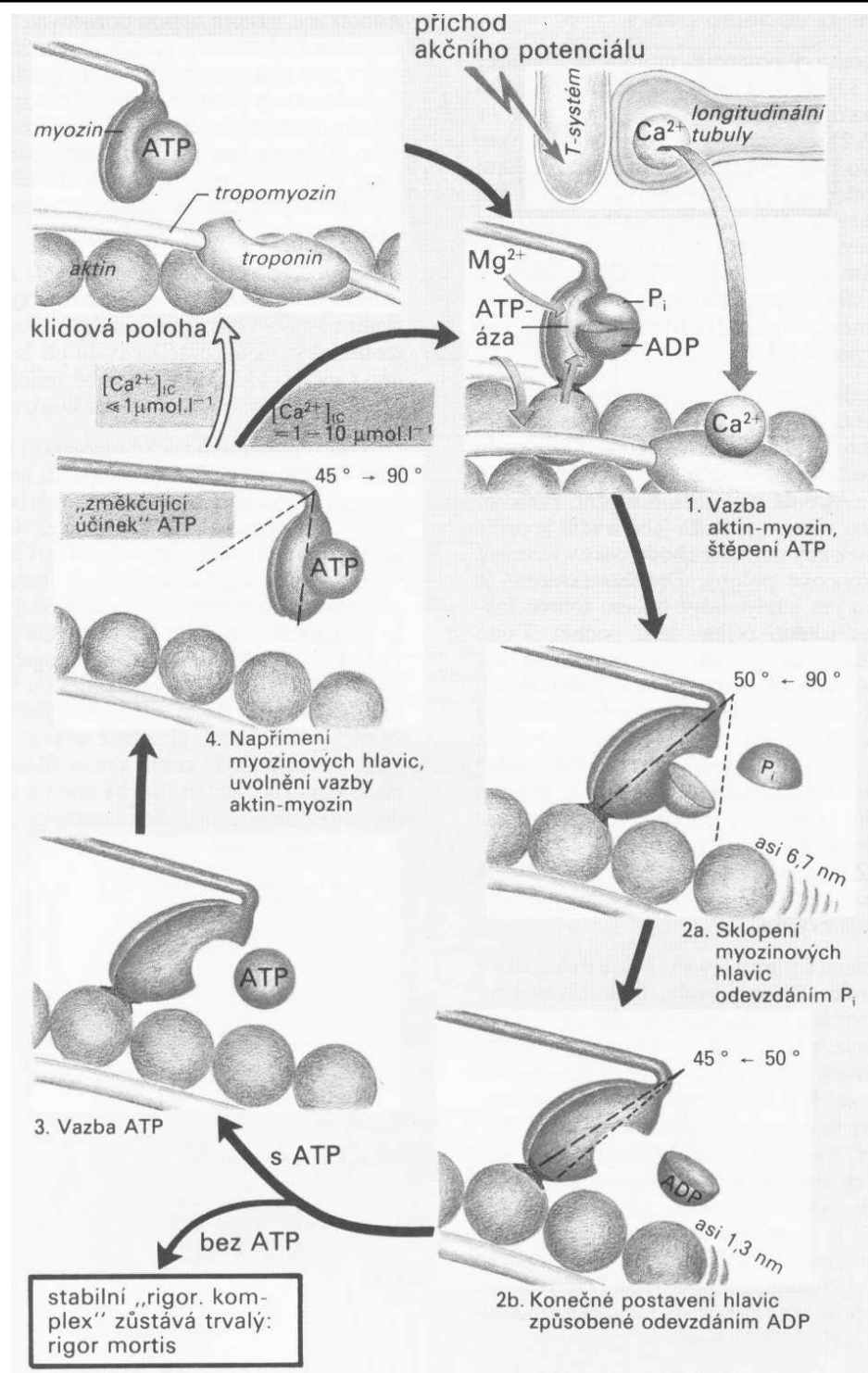
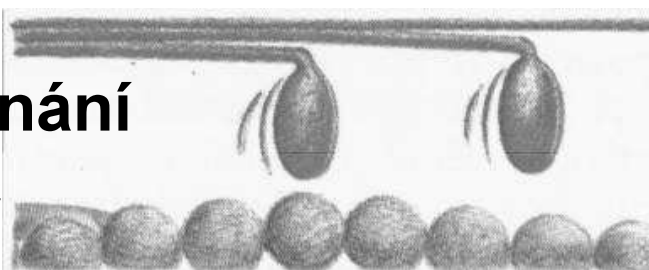
klouzavý
pohyb

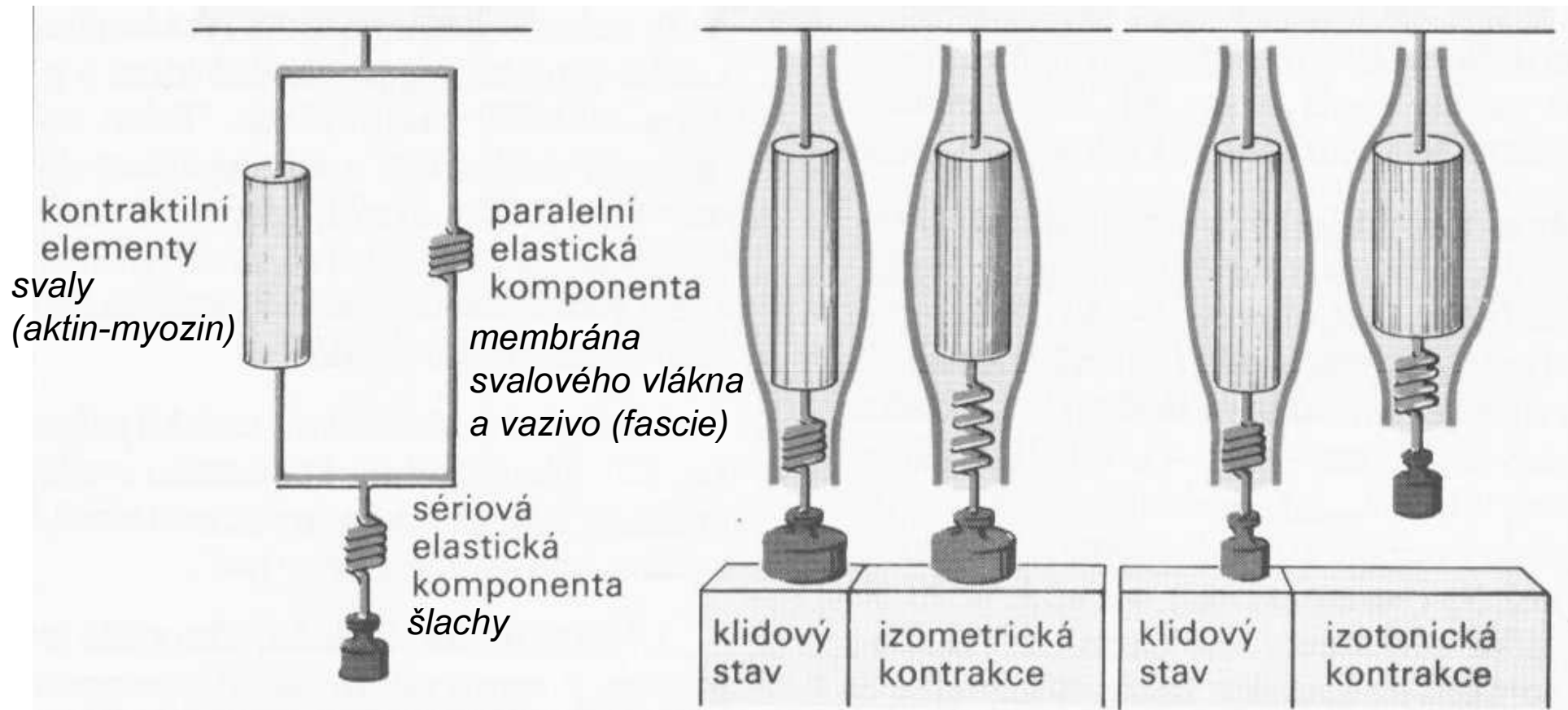


odpojení
hlavic



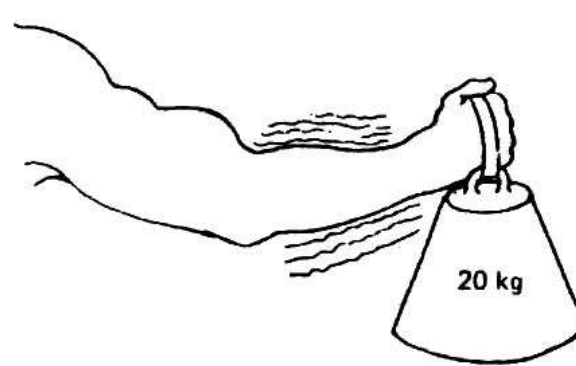
narovnání
hlavic



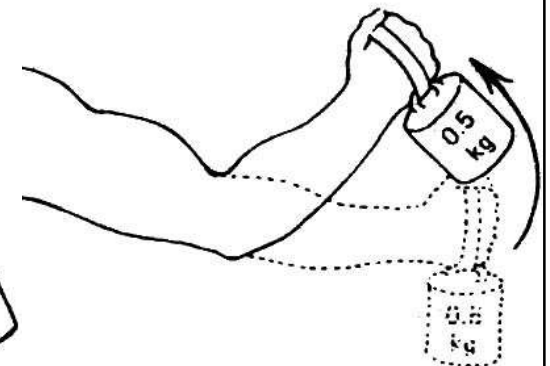


auxotonická kontrakce

izometrická + izotonická
kontrakce



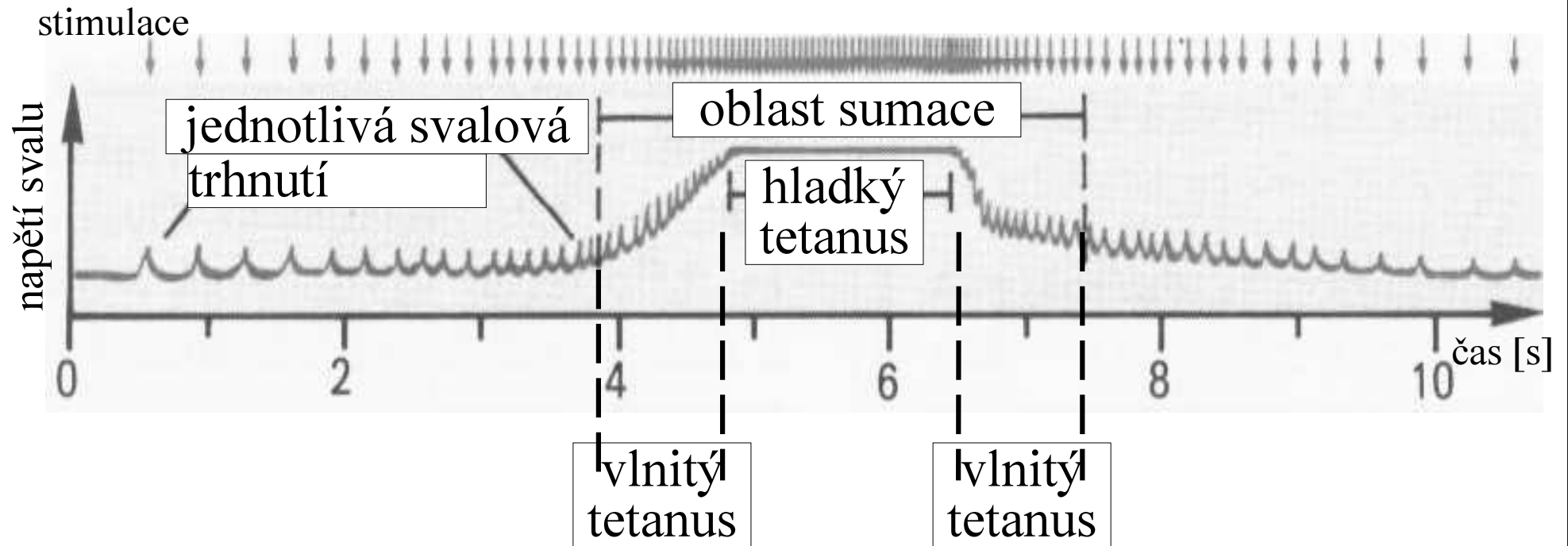
statická práce



dynamická práce

Odstupňování svalové síly

- rozdílným náborem motorických jednotek
- změnou frekvence akčních potenciálů



Reflexní tonus

- asynchronní aktivace motorických jednotek

Kosterní sval

Příčné pruhování

Myofibrily se sarkomerami

Zdroj Ca^{2+} : v sarkoplazmatickém retikulu

Nervový systém

Srdeční sval

Příčné pruhování

Myofibrily se sarkomerami

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

Vlastní zdroj rytmicity, hormony, autonomní nerv. systém

Hladký sval

Bez pruhování

Rozptýlený aktin a myozin

Zdroj 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 - PO₃ ~ PO₃ ~ PO₃⁻

10 300 kalorií
43 kJ

CrP: kreatin ~ PO₃⁻

ZÁKLADNÍ ŽIVINY

cukry

(glukoza)

tuky

*(glycerol,
volné mastné kyseliny)*

bílkoviny

(aminokyseliny)

DEPOTA ŽIVIN

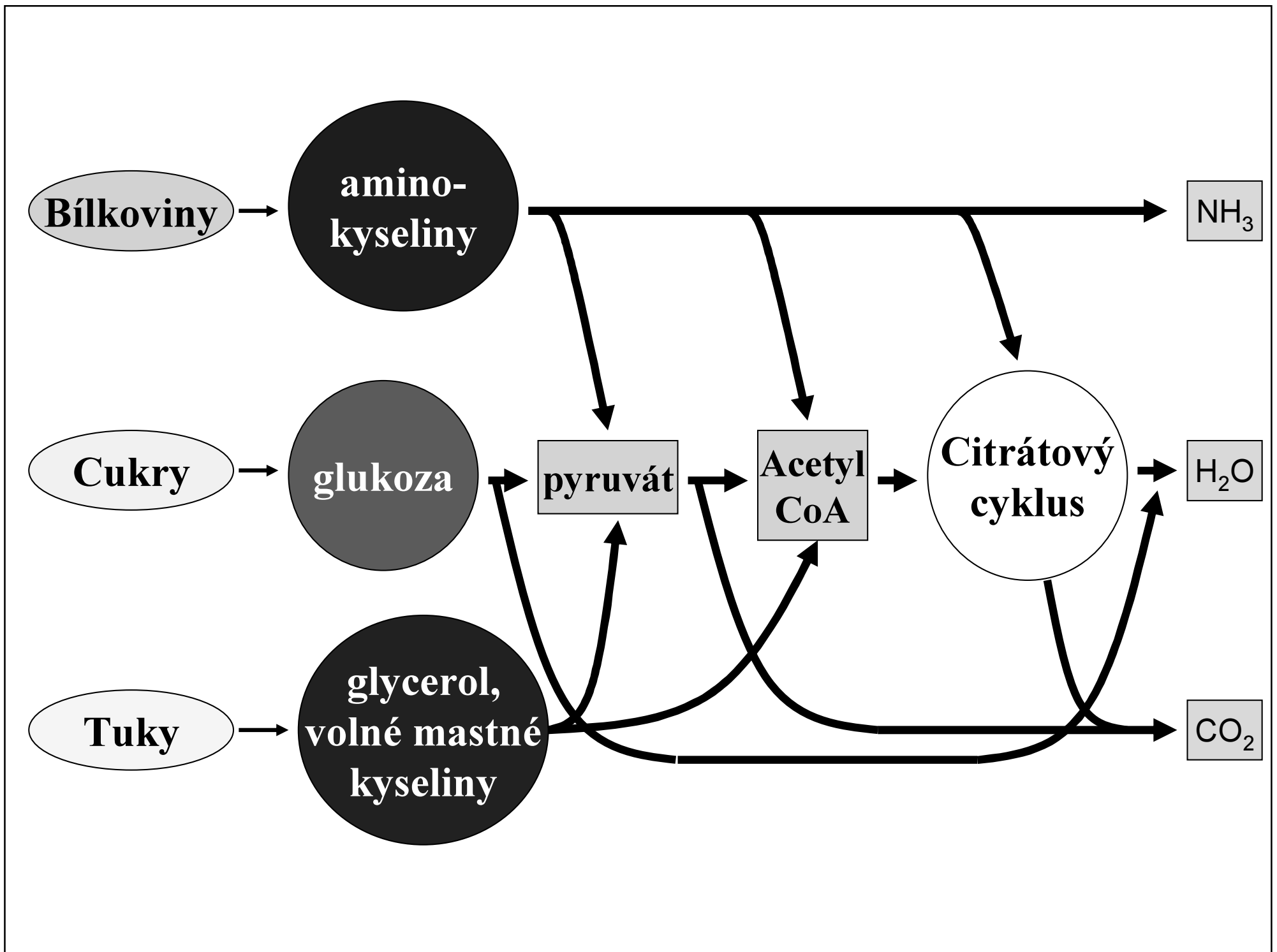
glykogen → játra, svaly

neutrální lipidy → tuková tkáň

(bílkoviny → játra, svalovina, slezina)

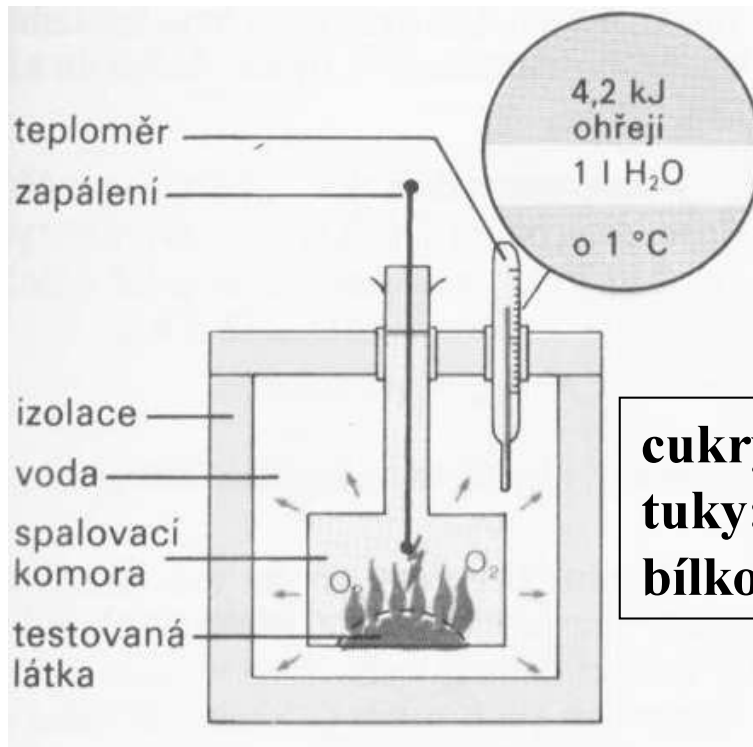
GLUKONEOGENEZE

- laktát
- pyruvát
- aminokyseliny
- meziprodukty citrátového cyklu



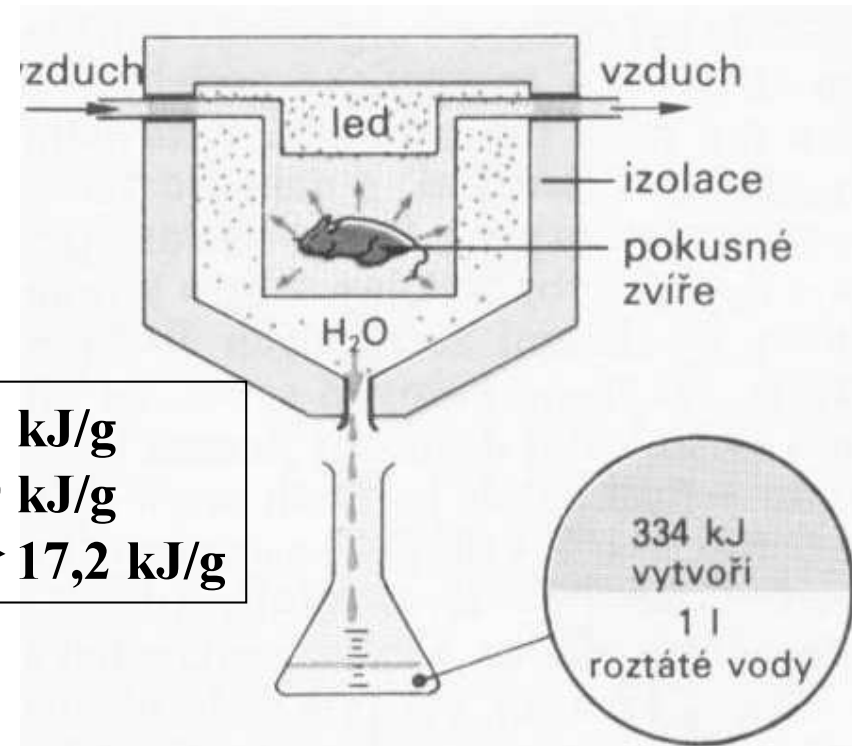
KALORIMETRIE

Kalorimetrcká bomba



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

Přímá kalorimetrie



Nepřímá kalorimetrie

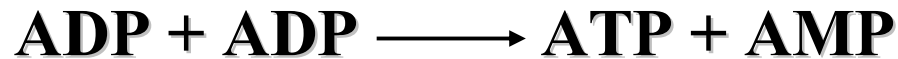
*měřítkem energetické přeměny je spotřeba **kyslíku***

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

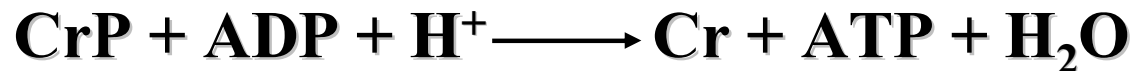
METABOLISMUS SVALU

- *restituce ATP*

MYOKINÁZOVÁ REAKCE

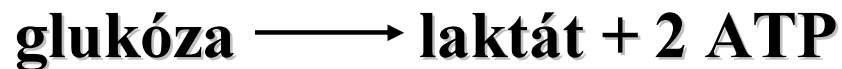


LOHMANNOVA REAKCE



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

Kosterní svaly	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
Krev	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
Játra	glykogen	1 500 kJ	0,75 mol/min
Tuková tkáň	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

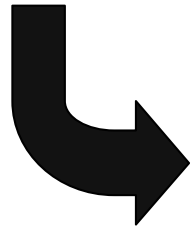
TYPOLOGIE SVALOVÝCH VLÁKEN

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

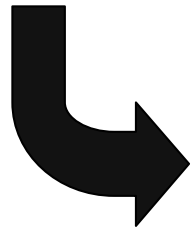
TYPOLOGIE SVALOVÝCH VLÁKEN

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

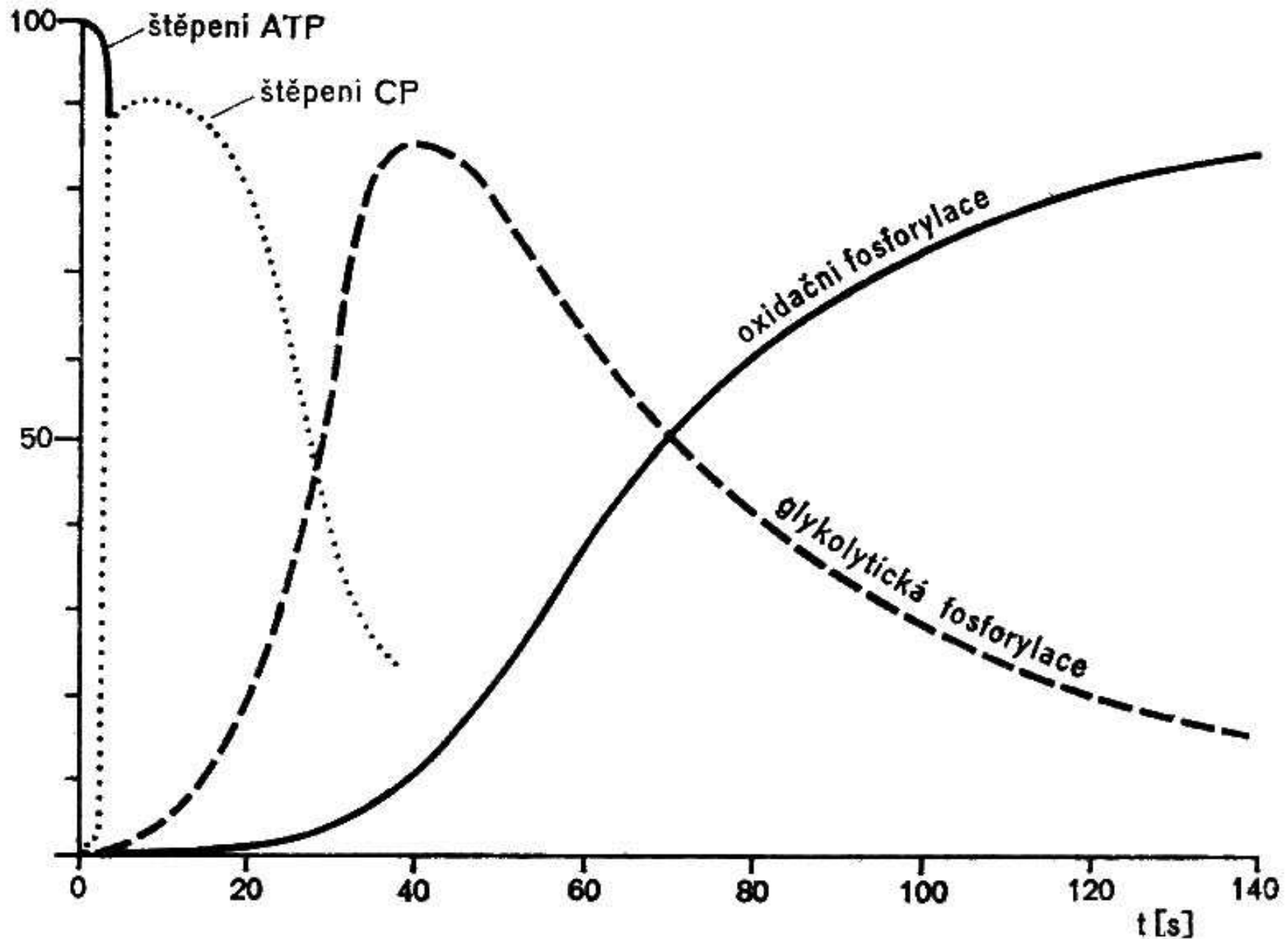
zotavení po zátěži

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 (*využitelná pouze 20%*)

	adaptovaný	neadaptovaný
glukóza v krvi	↔	↑
<i>inzulín</i>	↔	↓
mastné kyseliny	↑	↓
laktát	↔	↑
<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

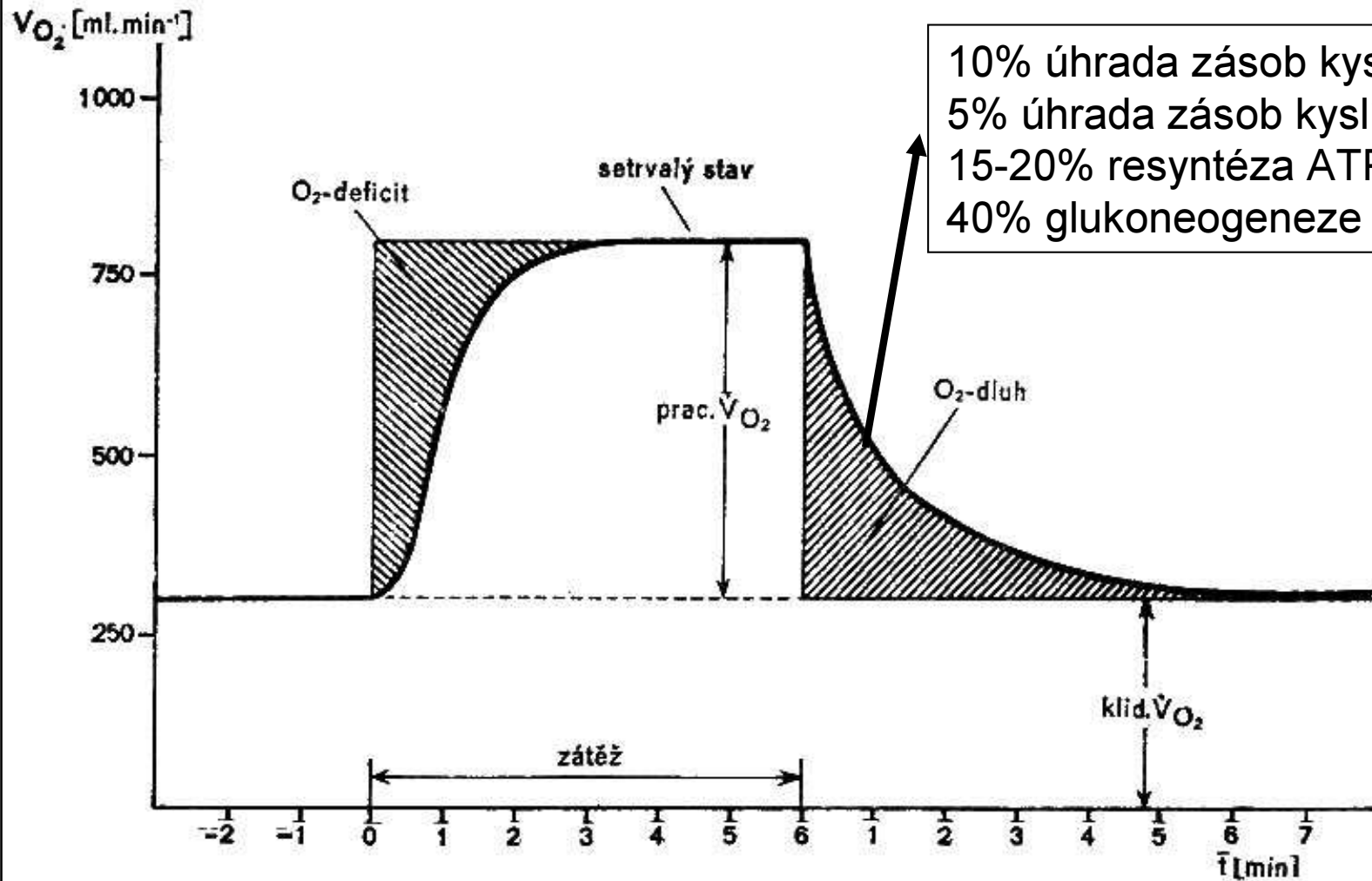
MAXIMÁLNÍ ZÁTĚŽ

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

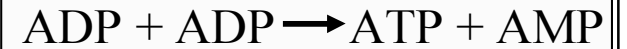
→ ↓ **oxidační fosforylace**
↑ **glykolytická fosforylace**

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