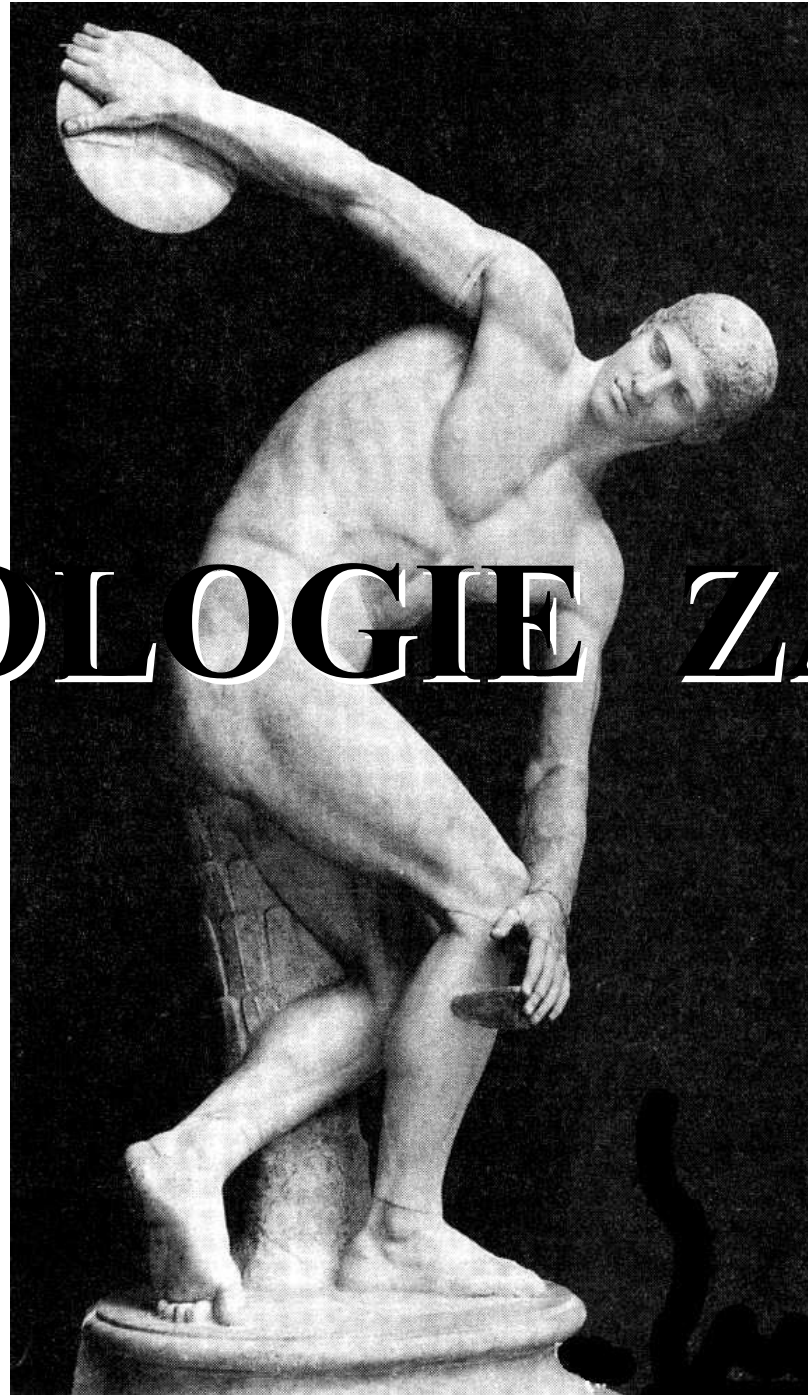
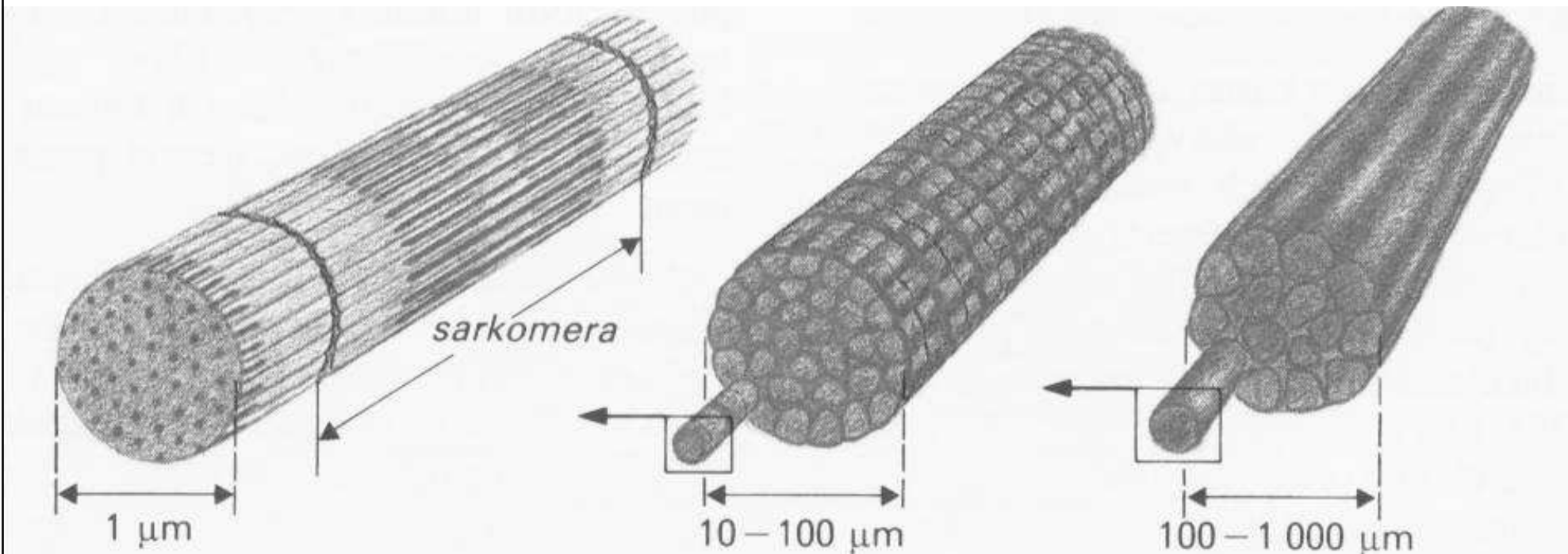


FYZIOLOGIE ZÁTĚŽE



FYZIOLOGIE TĚLESNÉ ZÁTĚŽE

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



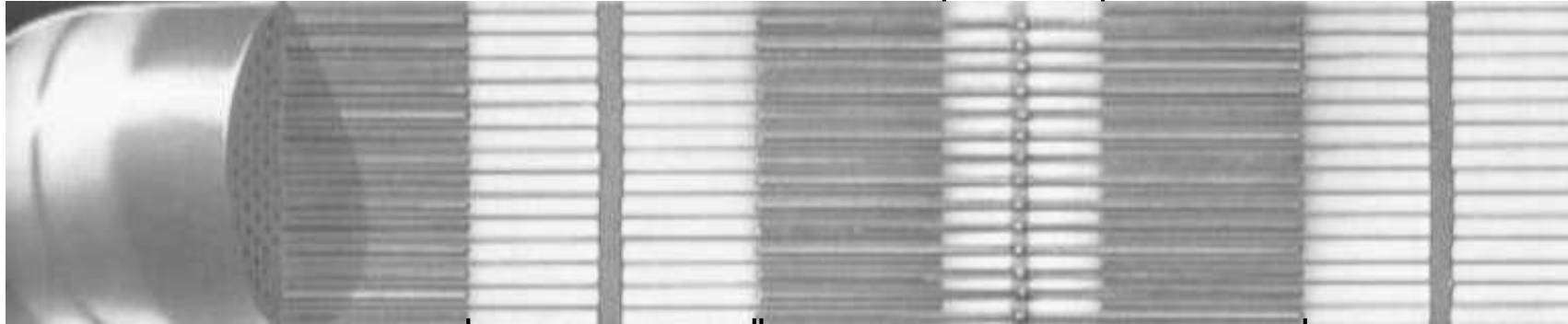
myofibrila

**svalové vlákno
= buňka**

svazek vláken

sarkomera

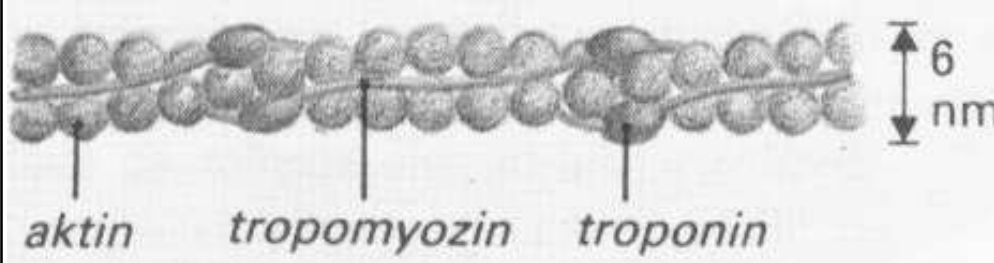
pruh H



pruh I

pruh A

linie Z

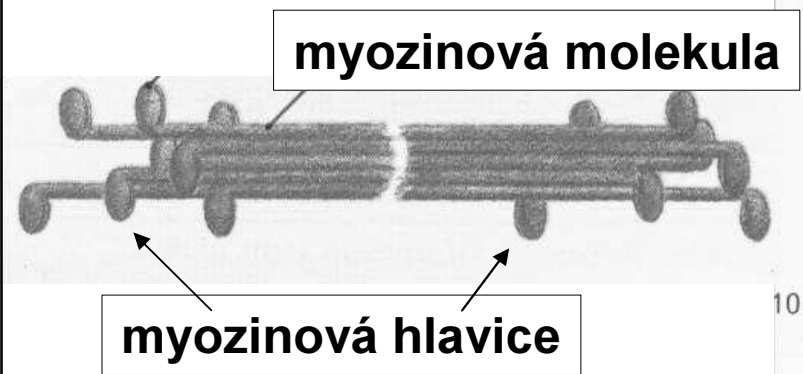


sarkomera

proužek H

~ 1,2 μm

ploténka Z



ploténka Z

aktinové filamentum

myozinové filamentum

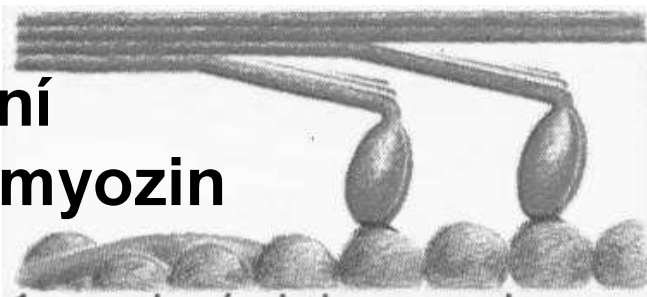
proužek A 1,6 μm

10 nm

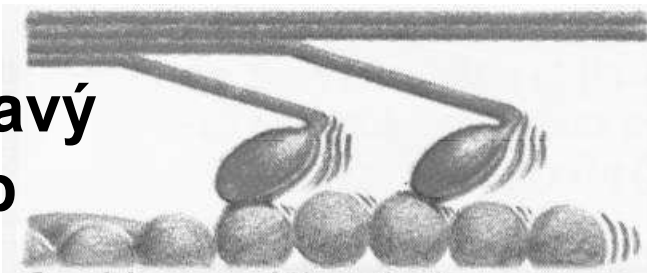
6 nm

proužek I

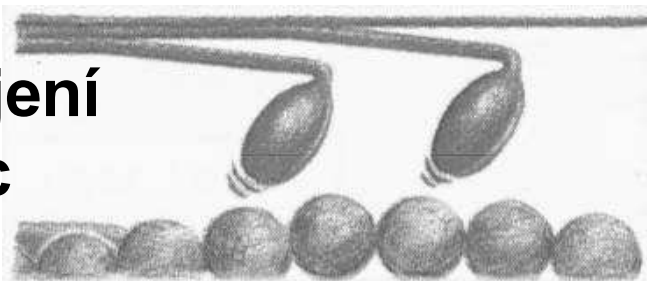
spojení
aktin-myozin



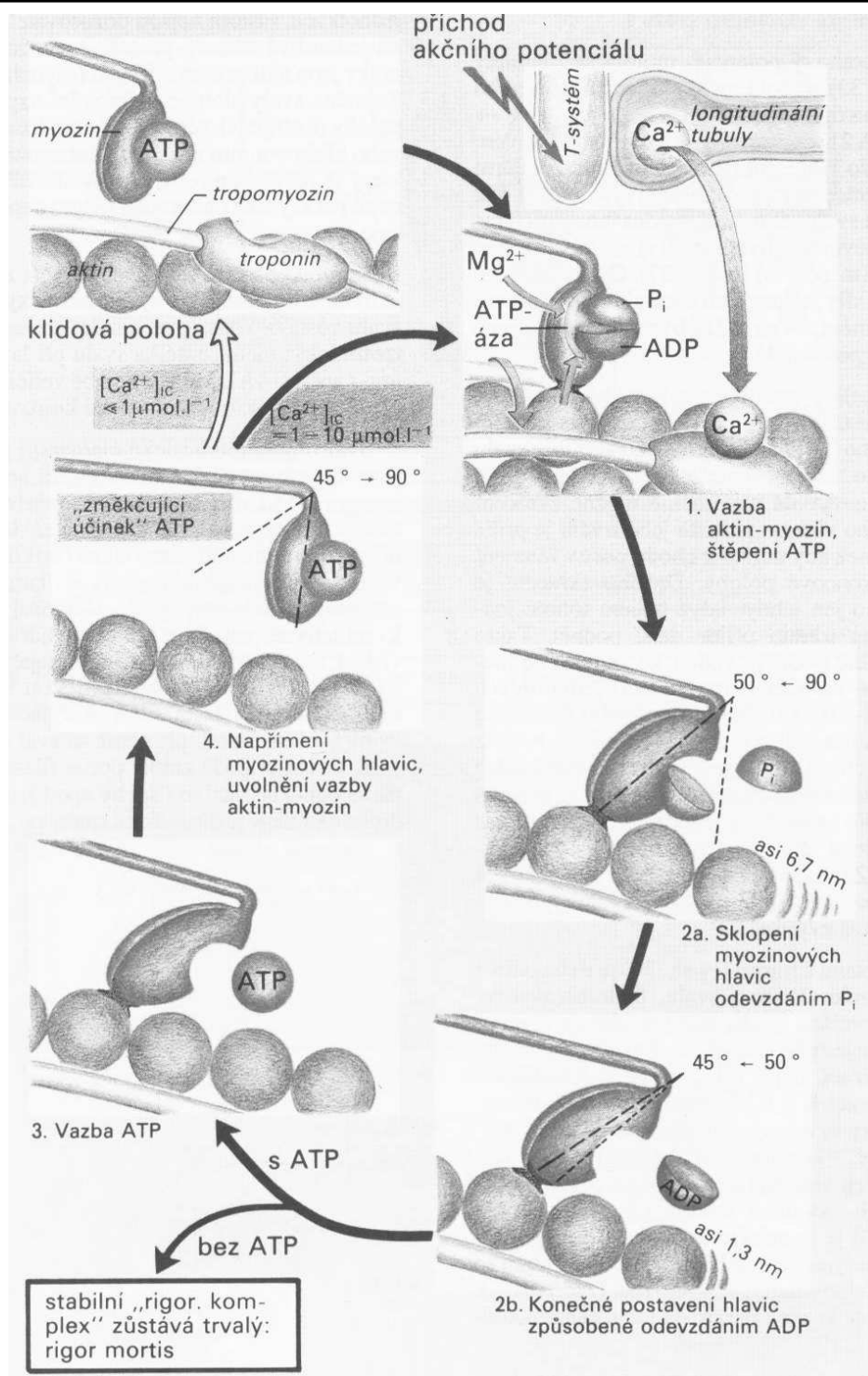
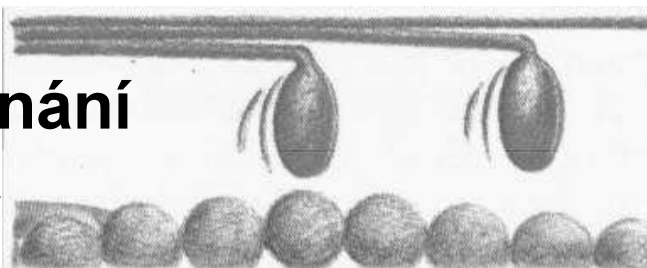
klouzavý
pohyb

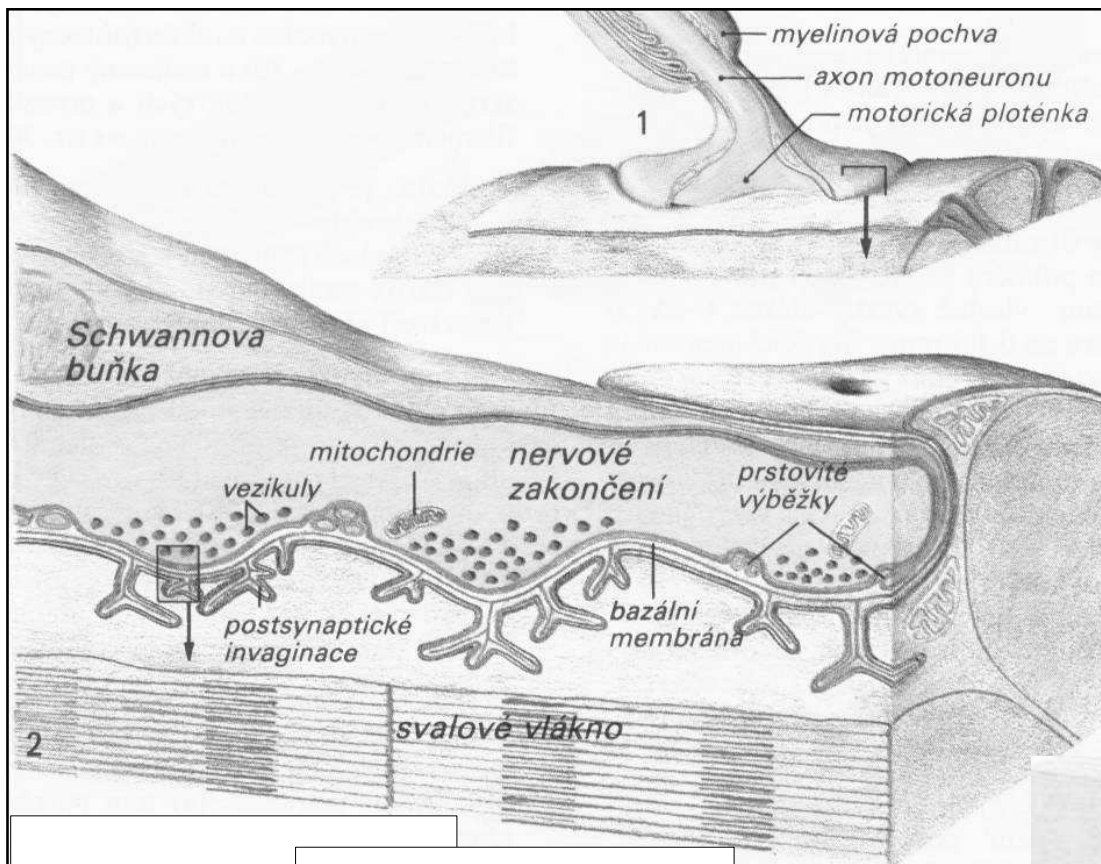


odpojení
hlavic



narovnění
hlavic





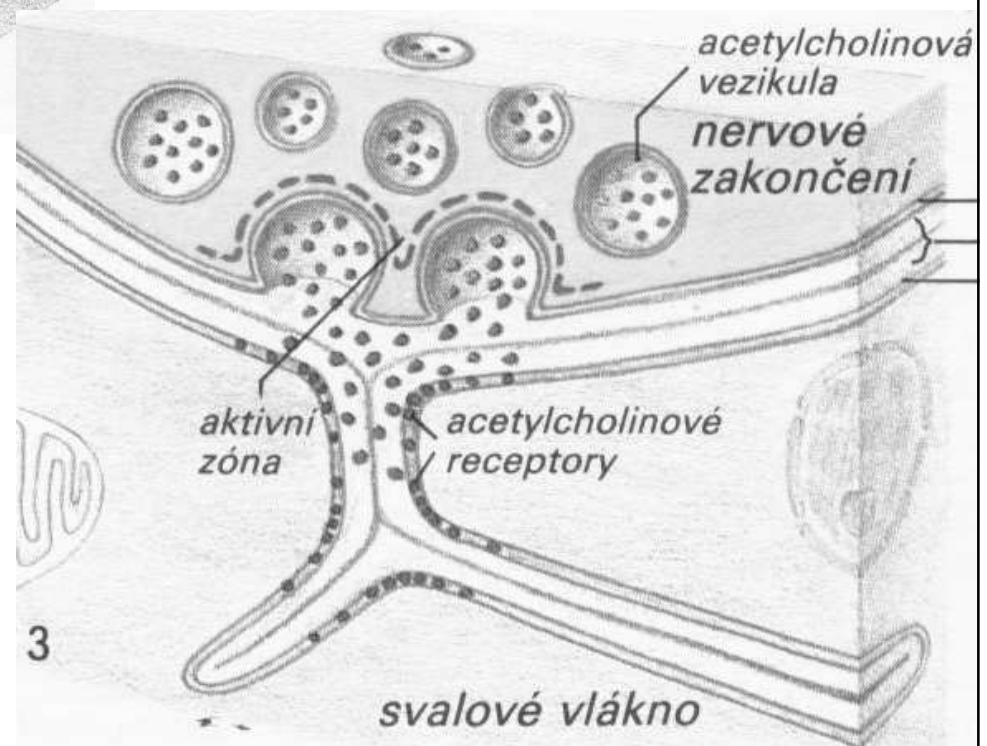
MOTORICKÁ JEDNOTKA

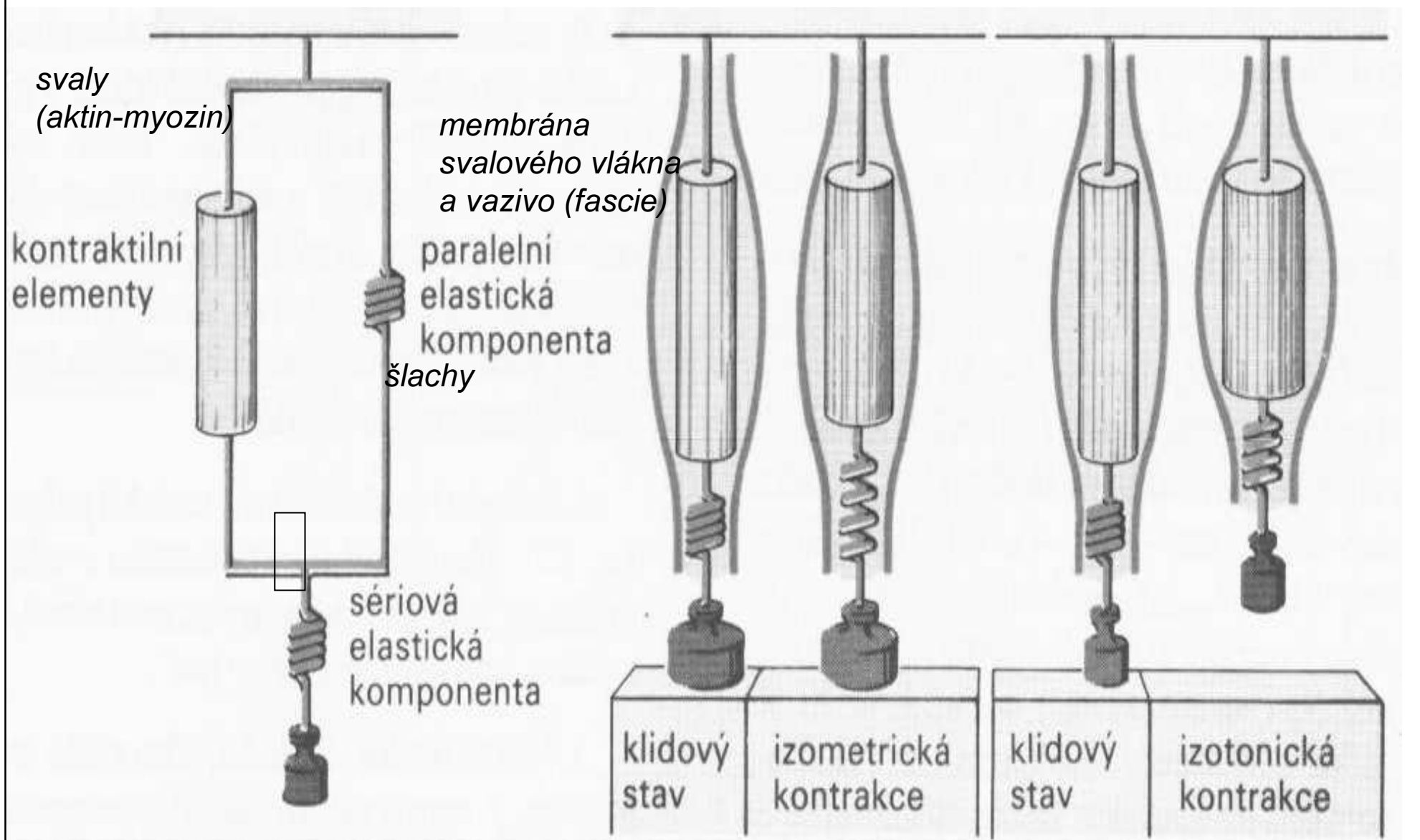
počet vláken
inervovaných jedním
motoneuronem

MOTORICKÁ PLOTÉNKA

(*synapse*)

přenos vzruchu
motoneuronu na
svalové vlákno





Vlastnosti

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

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

10 300 kalorií
43 kJ

ATP: adenosin - $\text{PO}_3 \sim \text{PO}_3 \sim \text{PO}_3^-$

CrP: kreatin $\sim \text{PO}_3^-$

ATP-----ADP+P+energie pro svalový stah

ZÁKLADNÍ ŽIVINY

cukry

(glukoza)

tuky

*(glycerol,
volné mastné kyseliny)*

bílkoviny

(aminokyseliny)

DEPOTA ŽIVIN

glykogen \longrightarrow játra, svaly

neutrální lipidy \rightarrow tuková tkáň

(bílkoviny \longrightarrow játra, svalovina, slezina)

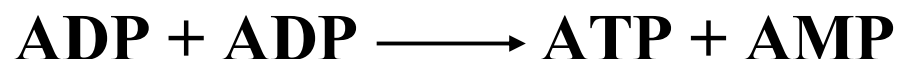
GLUKONEOGENEZE

- laktát
- pyruvát
- aminokyseliny

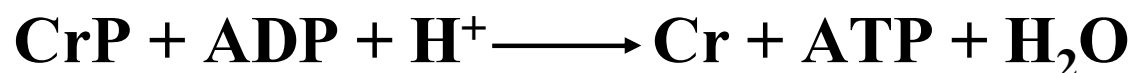
METABOLISMUS SVALU

- *restituce ATP*

MYOKINÁZOVÁ REAKCE



LOHMANNOVA REAKCE



GLYKOLYTICKÁ FOSFORYLACE (anaerobní)

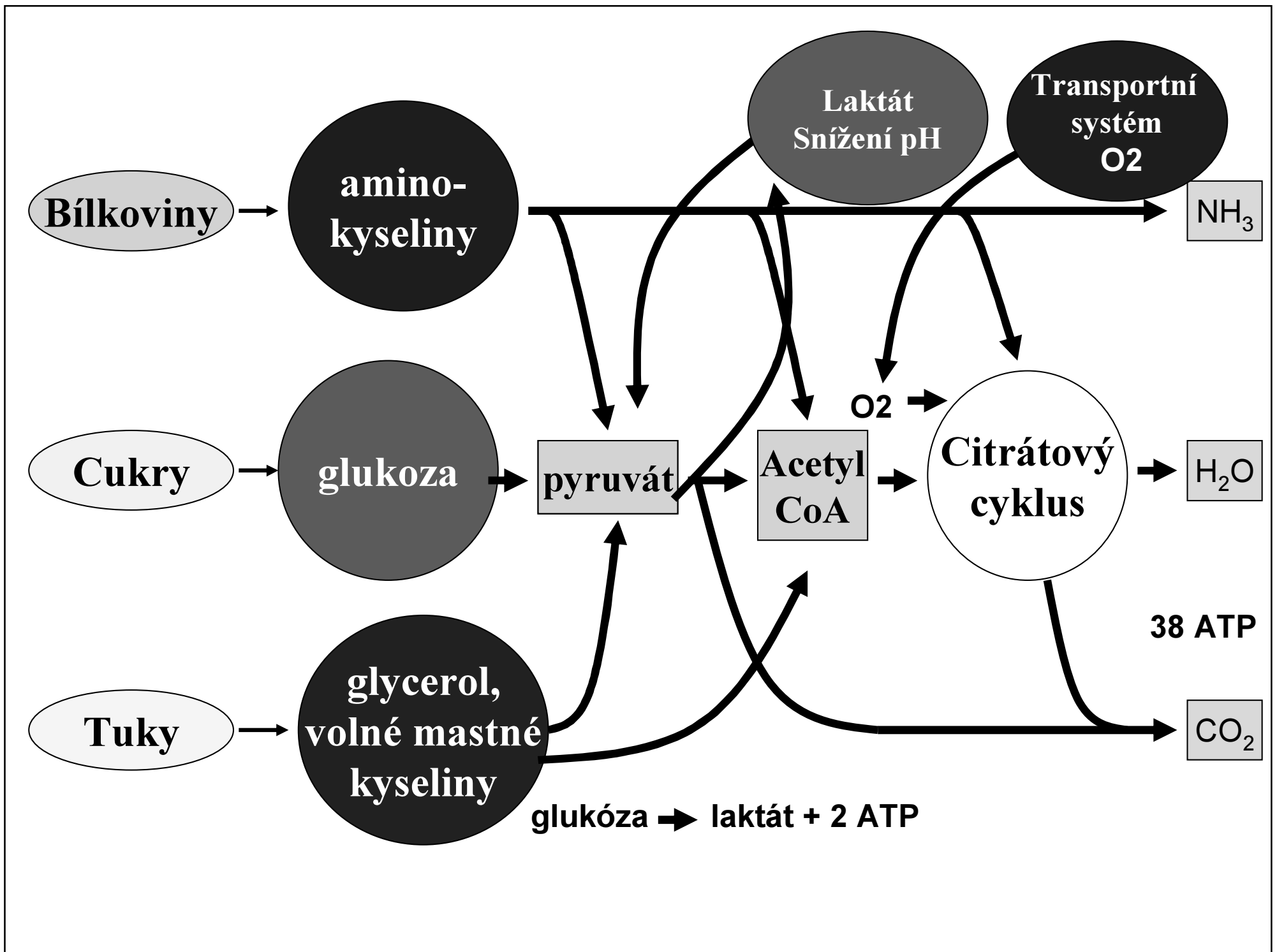
Při odbourávání glukózy bez spotřeby kyslíku je uvolněna energie

$$\text{glukóza} \longrightarrow \text{laktát} + 2 \text{ATP}$$

OXIDAČNÍ FOSFORYLACE (aerobní)

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

$$\text{glukóza} + 6 \text{O}_2 \longrightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 38 \text{ATP}$$



Transportní systém

VENTILACE

$$V_T = V_A + V_D \quad \dot{V}_E = V_T \cdot f_B$$

$$F_{IO_2} - F_{EO_2} \quad \dot{V}_A : \dot{Q}_C$$

DIFUZE

$$\dot{V}_{O_2} = D_{LO_2} (P_{AO_2} - P_{\bar{v}O_2})$$

CIRKULACE

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{Q} (C_{aO_2} - C_{\bar{v}O_2})$$

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{Q} (C_{\bar{v}CO_2} - C_{aCO_2})$$

KREV

$$S_{aO_2} \quad S_{aCO_2}$$

$$S_{\bar{v}O_2} \quad S_{\bar{v}CO_2}$$

DIFUZE

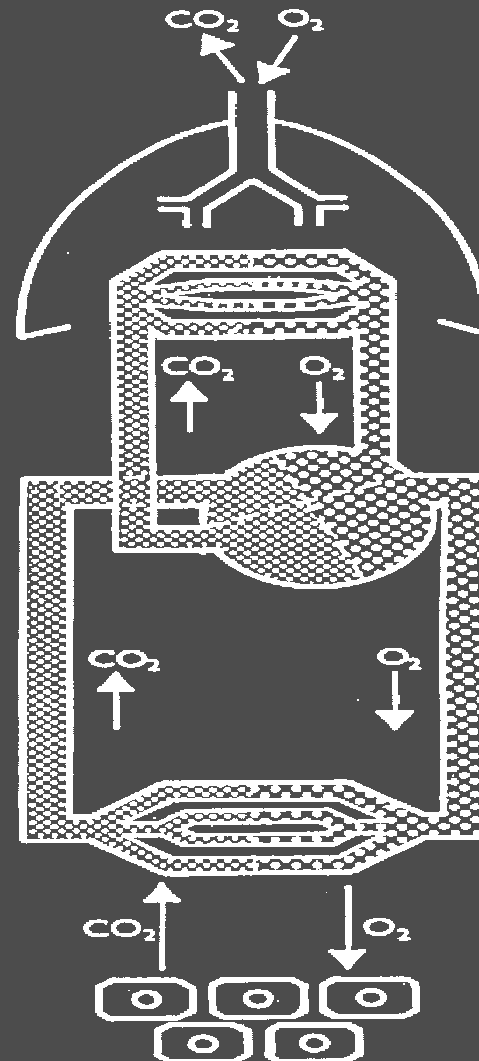
$$\dot{V}_{O_2} = D_{tO_2} (P_{cO_2} - P_{tO_2})$$

$$\dot{V}_{CO_2} = D_{tCO_2} (P_{tCO_2} - P_{cCO_2})$$

METABOLIZMUS

$$\dot{Q}_{O_2} \quad \dot{Q}_{CO_2}$$

$$LA \quad PY \quad E$$



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
(SO)

rezistentní k
unavitelnosti

červené vlákno

typ II. A

rychlé oxidativně-
glykolytické vlákno
(FOG)

unavitelné

bílé vlákno

typ II. B

rychlé glykolytické
vlákno
(FG)

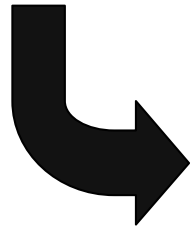
TYPOLOGIE SVALOVÝCH VLÁKEN

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 ZÁTĚŽ

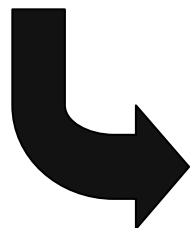
TYPOLOGIE SVALOVÝCH VLÁKEN

unavitelné

bílé vlákno

typ II. B

rychlé glykolytické vlákno

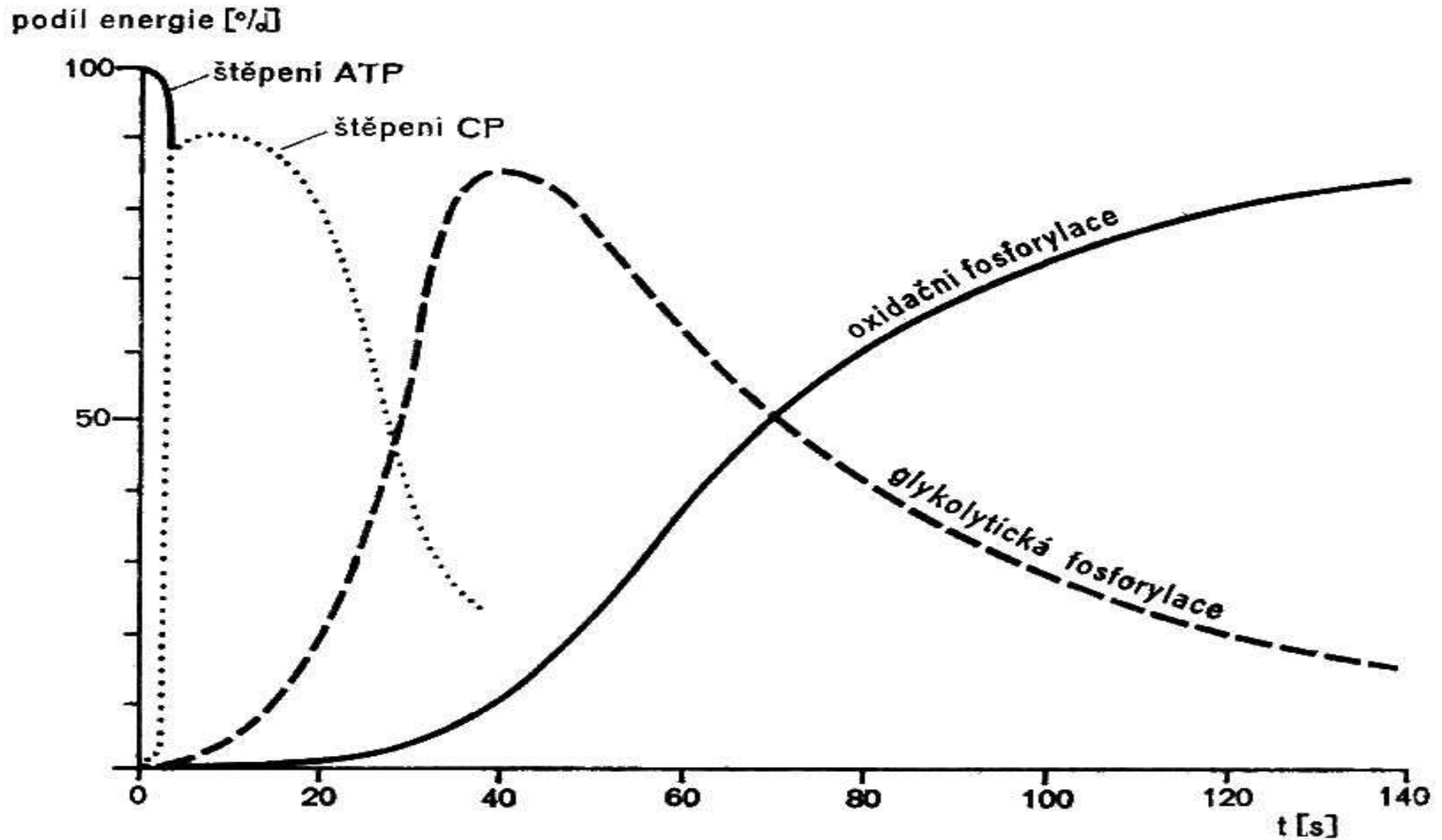


- *nízký obsah myoglobinu*
- *nižší počet mitochondrií*
- *bohatá na glykogen*
- *nízký obsah triacylglycerolů*
- *řidší kapilární síť*
- *trvání kontrakce po impulsu 10 - 40 ms*

RYCHLOSTNÍ ZÁTĚŽ

rychlé silové kontrakce nedlouhého trvání

INICIÁLNÍ FÁZE ZÁTĚŽE



Anaerobní alaktátová kapacita.....trvání zátěže.....10-15 s
Anaerobní laktátová kapacita.....trvání zátěže.....60-90 s
Aerobní kapacita.....trvání zátěže teoreticky neomezeně

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

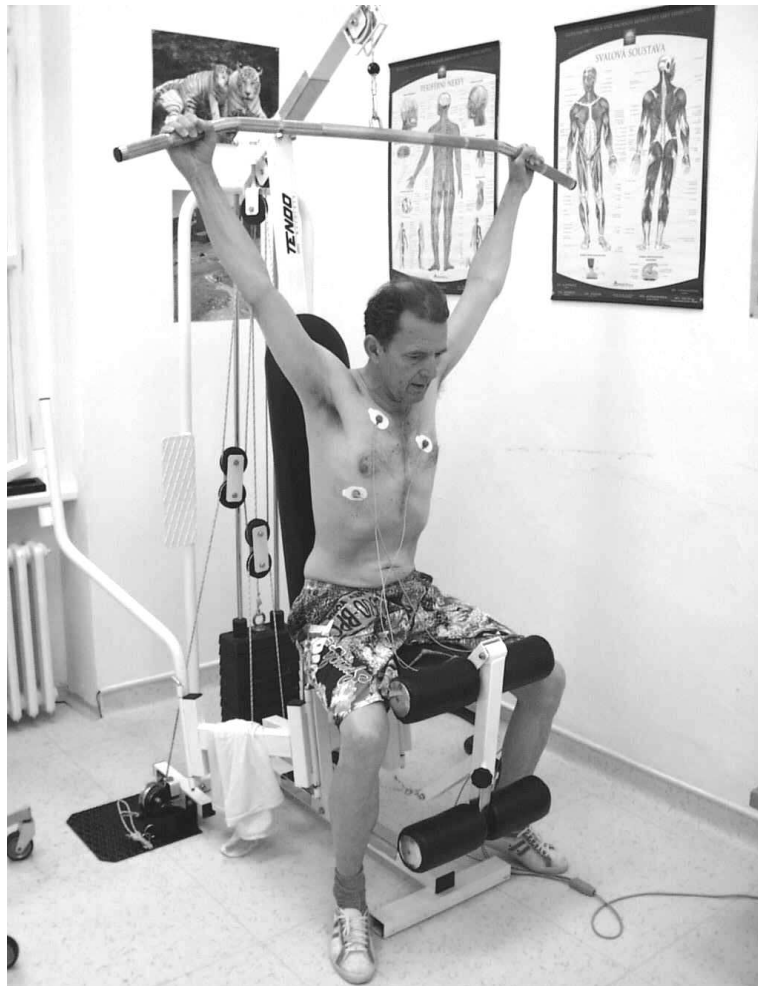
STATICKÁ SVALOVÁ ČINNOST

kontrakce malé síly
do 15% max. kontrakční síly → převážně
oxidační fosforylace

kontrakce střední síly
15% - 60% max. kontrakční síly → ↓ **oxidační fosforylace**
↑ **glykolytická fosforylace**

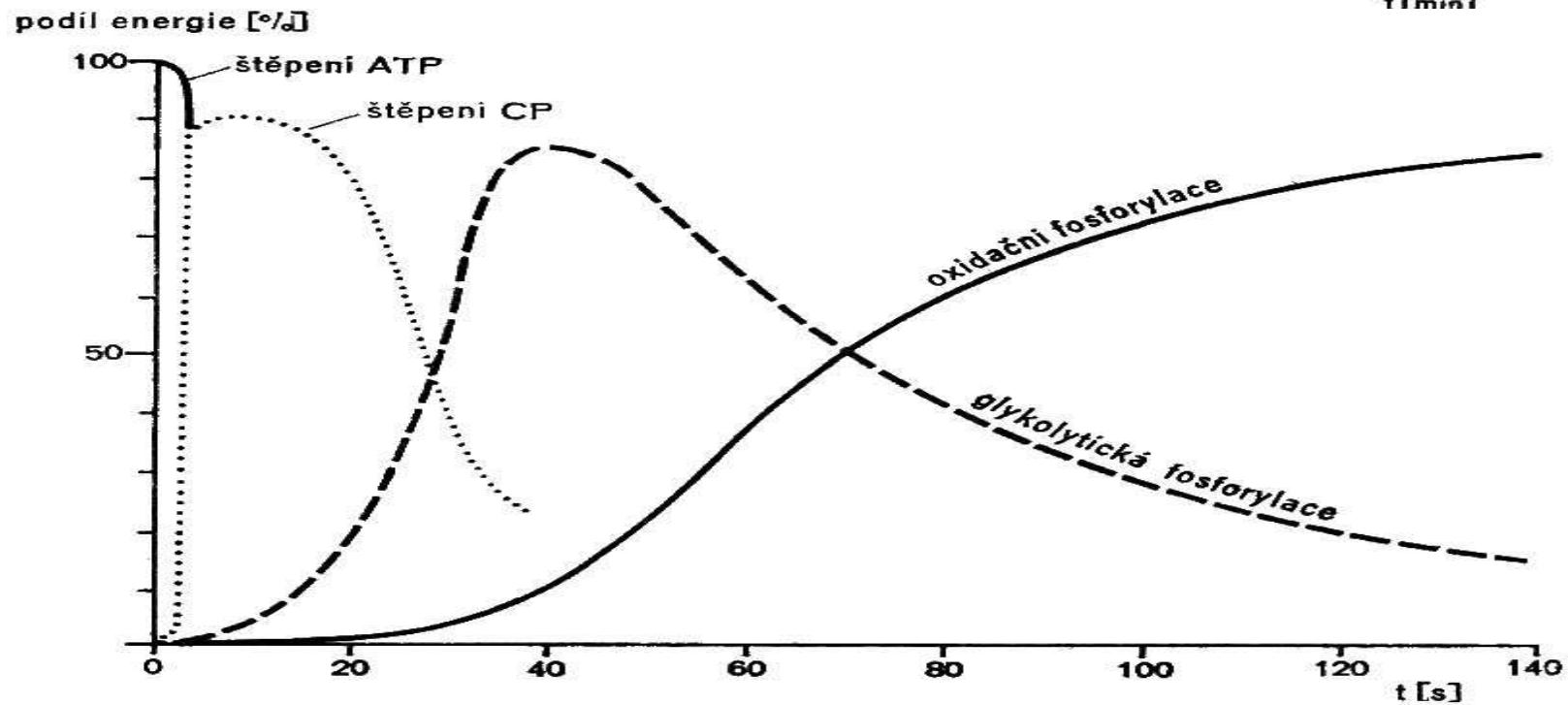
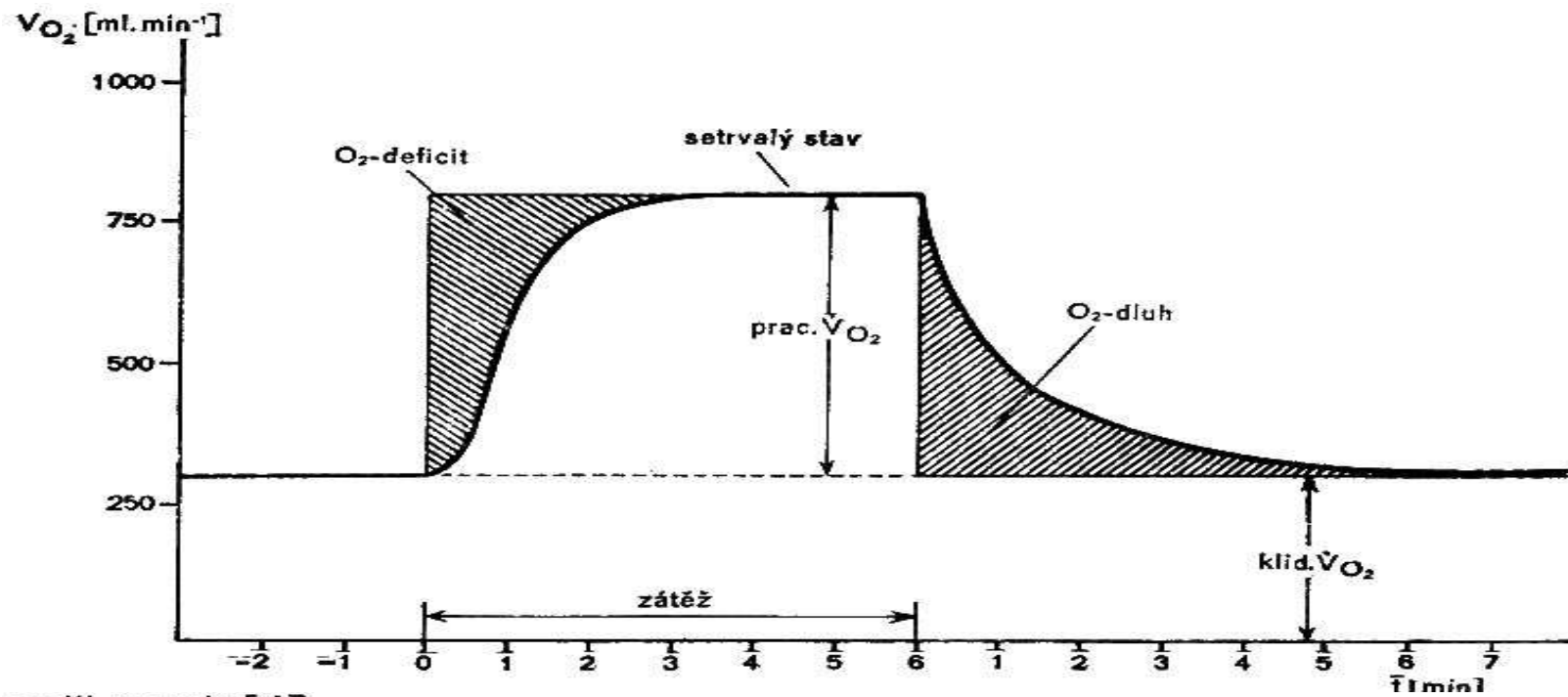
kontrakce velké síly
nad 60% max. kontrakční síly → pouze
glykolytická fosforylace

1-RM- (one repetition maximum) metoda „jednou opakovatelného maxima“

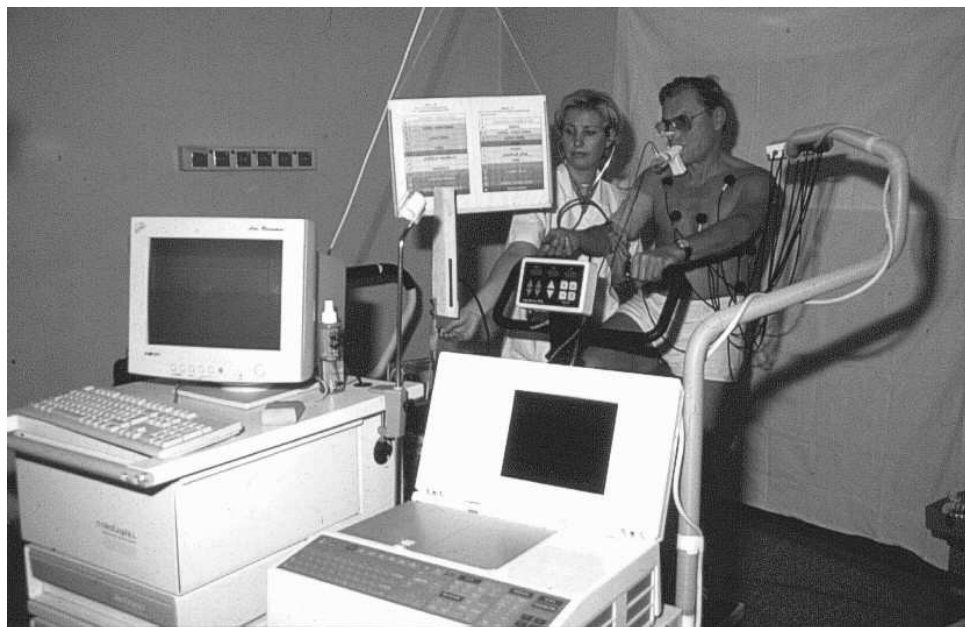


maximální zátěž v kg,
kterou je jedinec
schopen pouze
jedenkrát u každého
cviku bez dopomoci
překonat

30-60% 1-RM



ANAEROBNÍ PRÁH



krátký úsek v průběhu stupňující se dynamické zátěže, kdy se k převážně aerobnímu krytí energetických požadavků organismu přidává způsob anaerobní

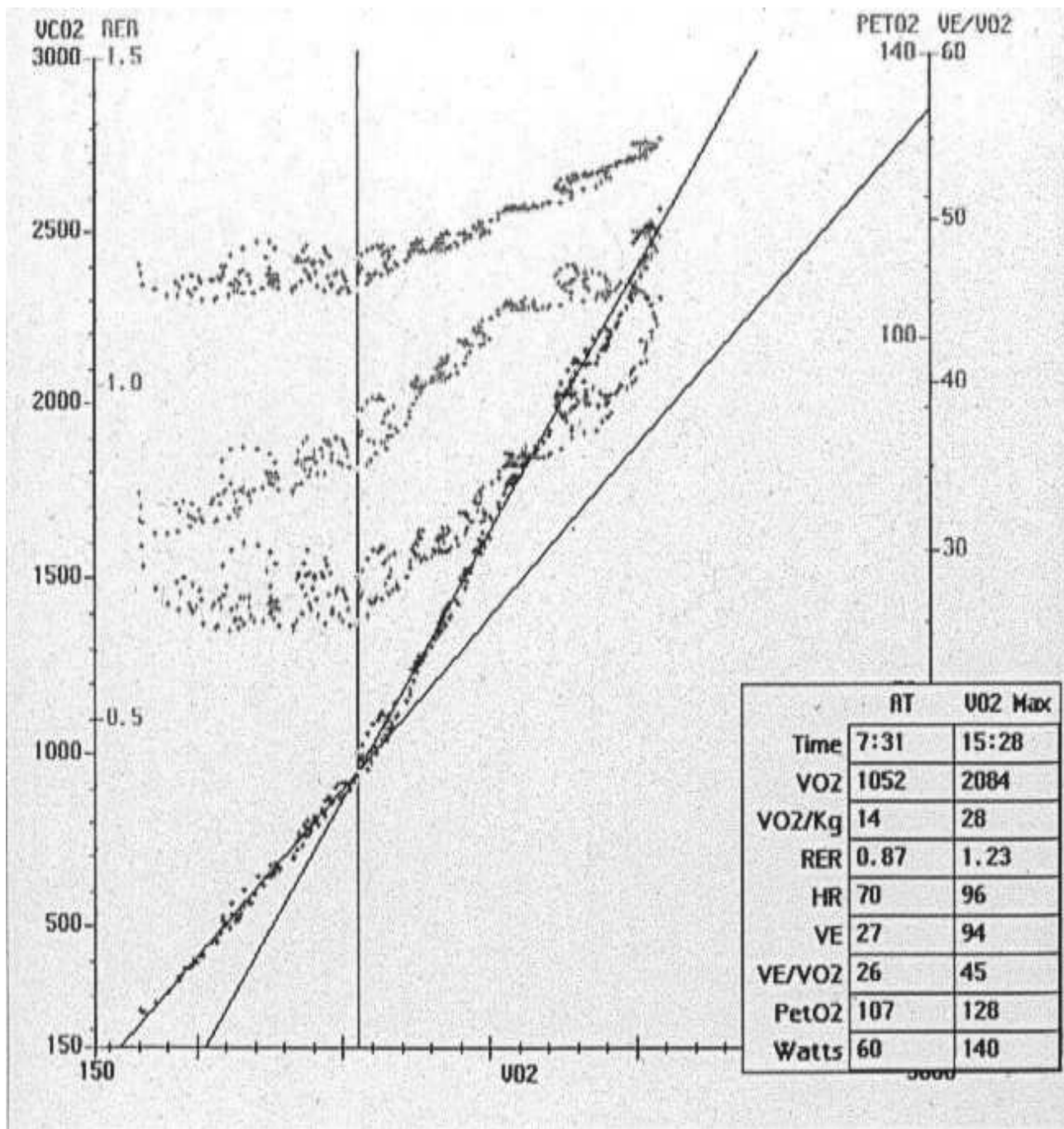
METABOLICKÁ ACIDÓZA:



- Vzestup a kumulace krevního laktátu
- Pokles pH krve
- Hyperventilace
- Pokles bikarbonátu
- INVAZIVNÍ URČENÍ ANAEROBNÍHO PRAHU
- „laktátový“
- „-BE práh“

Důsledky rozvoje kompenzačních mechanismů:

- Zvýšení VE/VO_2 -ventilačního ekvivalentu pro kyslík (množství vzduchu proventilované plicemi v litrech z něhož si organismus odebere 1 l O_2)
- Zvýšení RER-poměru respirační výměny (poměr výdeje CO_2 k příjmu O_2)
- Zvýšení VCO_2 -objem vydýchaného CO_2
- Zvýšení $P_{ET}O_2$ -parciální tlak O_2 na konci výdechu.



KFDR LF MU
FNU sv. Anny Brno

Respirační kvocient (RQ) a poměr respirační výměny (RER)

RQ- při buněčném dýchání je spotřeba O_2 provázena produkcí CO_2 v poměru daném zastoupením energetických substrátů (CO_2 / O_2)

glycidy.....RQ= 1,0

tuky.....RQ= 0,7

bílkoviny.....RQ= 0,8

RER-(respiratory exchange ratio) v rovnovážném stavu při aerobním krytí energie odpovídá RQ. Při překročení anaerobního prahu (zvýšená produkce CO_2 při neutralizaci kys. mléčné bikarbonátovým systémem) je $>R$ a intenzitě zátěže blízké individuálnímu maximu >1

únava

Fyzická

Psychická

Místní

Komplex dějů,
při kterém nastává
snížená odpověď
tkání buď na podněty stejné
intenzity

Celková

Akutní

nebo nutnosti užití větší intenzity
podnětu při získání
odpovědi stejné
(pokles výkonu)

Chronická

Fyziologická

Patologická

Pomalu vznikající únava

Pokles resyntézy makroergních fosfátů pro

- kritický pokles zásobního glykogenu (za aerobních podmínek)
- inhibice mobilizace tukových rezerv zvýšenou hladinou laktátu (anaerobní podmínky)

(za dostatečného přísunu kyslíku a při průběžné dodávce cukrů může být jedinec bez poklesu výkonu teoreticky nekonečně dlouho- zásoby tuků jsou jednorázově nevyčerpatelné)

Základní metabolické příčiny únavy

1. Kritický pokles energetických rezerv
2. Nahromadění kyselých metabolitů

Druhy fyzické únavy

1. Pomalu vznikající únava
2. Rychle vznikající únava

Rychle vznikající únava

Pokles resyntézy makroergních fosfátů

- zvýšená produkce laktátu (za anaerobních podmínek)- acidóza- inhibice glykolytických enzymů
- H^+ hyperpolarizují membránu, vytěsňují Ca z vazby na myozin

(při přerušované zátěži s průběžným odplavováním metabolitů je limitujícím faktorem kritický pokles glykogenu---při vyčerpání i jaterního glykogenu hypoglykemie s narušením metabolismu CNS)

Pomalu vznikající únava

Pokles resyntézy makroergních fosfátů pro

- kritický pokles zásobního glykogenu (za aerobních podmínek)
- inhibice mobilizace tukových rezerv zvýšenou hladinou laktátu (anaerobní podmínky)

(za dostatečného přísunu kyslíku a při průběžné dodávce cukrů může být jedinec bez poklesu výkonu teoreticky nekonečně dlouho- zásoby tuků jsou jednorázově nevyčerpatelné)

zotavení

**Pasivní
odpočinek**

**Aktivní
odpočinek**

Spánek

Biologický proces obnovy
přechodného poklesu funkčních
schopností organismu

**Kompenzační
cvičení**

**Masáže
koupele**

Cvičení ve vodě

Sauna

Doplňkové sporty

Zotavení z pomalu vznikající únavy (aerobního typu)

Trvá déle, měl by převládat pasivní odpočinek.

Resyntéza svalového glykogenu může trvat až 2 dny,
jaterního až 3 dny.....žádoucí vysoce glycidová dieta

Zotavení z rychle vznikající únavy (anaerobního typu)

Měla by převládat aktivní forma odpočinku - rychlejší
odstranění laktátu

Doby obnovy energetických zdrojů

obnova makroergních fosfátů2 min.....3 min

obnova svalového glykogenu

po kontinuální zátěži.....10 h.....46 h

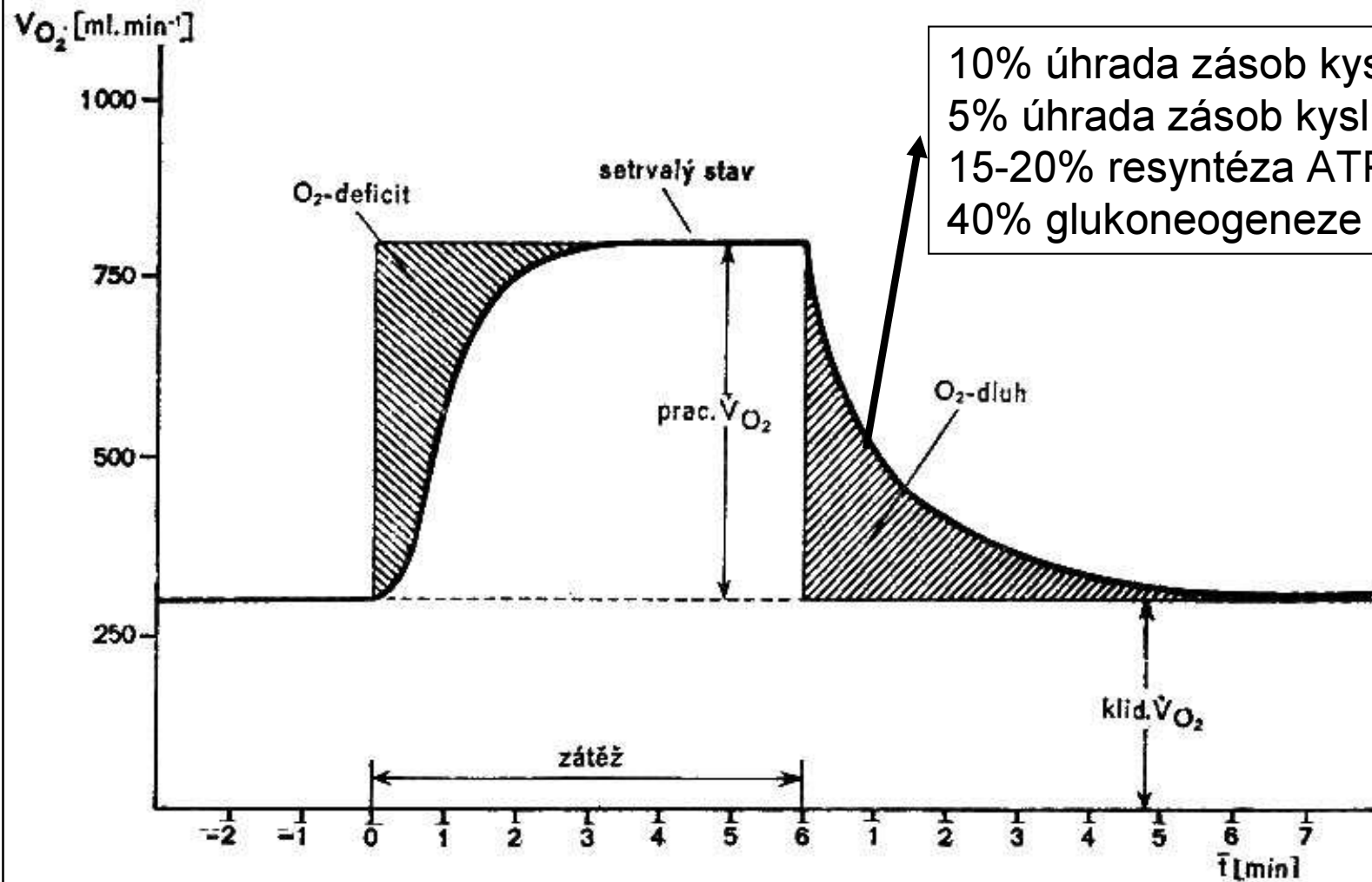
po intermitentní zátěži.....5 h.....24 h

odstranění laktátu

při aktivním odpočinku.....30min.....1 hod

při pasivním odpočinku.....1h.....2 hod

ZOTAVENÍ PO ZÁTĚŽI



10% úhrada zásob kyslíku v krvi
5% úhrada zásob kyslíku v myoglobinu
15-20% resyntéza ATP a CP
40% glukoneogeneze v játrech z laktátu

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*

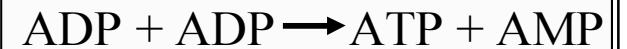
1. Etapa - *poplachová reakce* - bezprostřední reakce při prvním setkání se stresorem, organismus reaguje nepřiměřeně, většinou ve větším rozsahu, než je účelné

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

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