

# METABOLISMUS

# Pohybová zátěž

⇒ vyvolává změny v organismu:

A) Akutní - reakce (odpověď) na jednorázovou zátěž  
– např. ↑ SF

B) Chronické - adaptace při opakování zátěži  
- např. ↓ SF klidové a ↓ SF při stejné zátěži

Svalová činnost je spojena se zvýšením energetických nároků.  
- pokles ATP, zvýšení ADP (↓ATP:ADP)

Resyntéza ATP:

- Anaerobně (ADP+ADP, ADP+CP) – rychlá, malý výnos
- Aerobně (O<sub>2</sub>) – pomalejší, energeticky výnosnější

# Zdroje energie pro pohybovou činnost

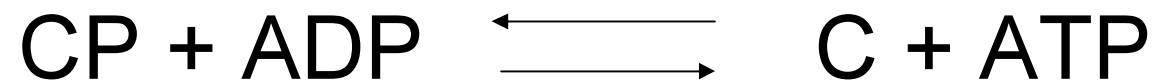
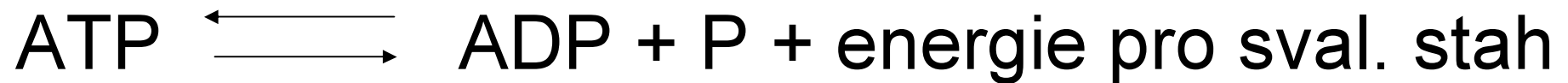
- glycidy, lipidy, proteiny
- Štěpí, eventuálně transformují v produkty intermediárního metabolismu, získáváme z nich ATP
- Při málo intenzivní práci čerpána energie ze všech zdrojů
- Při intenzivní svalové činnosti jsou hlavním zdrojem cukry

- zásoby ATP na několik vteřin (21-33kJ)
- ATP se neustále obnovuje z CP a z štěpení živin – glycidy, tuky, bílkoviny
- Zásoby:
  - cukry (glykogen 350g – 550g)
  - tuky (5 – 20g)
  - bílkoviny (jako zdroje výjimečně)

# Pásma energetické krytí

intenzita zatížení	trvání výkonu	převážné využití	tvorba laktátu	svalová vlákna
rychlostní (max.)		<b>Anaerobní alaktátové</b>	malá	II B
rychlostně-vytr. (submaximální)	15 – 50 s	ATP, CP, anaerobní	maximální	II B a II A
krátkodobá	do 120 s	<b>Anaerobní laktátové</b>	submax.	II B a II A
střední	do 10 min	aerobní glykolýza	střední a <	II A
dlouhodobá	nad 10 min	<b>Aerobní alaktátové</b>	malá	I

# Alaktátový neoxidativní způsob



# Laktátový neoxidativní způsob

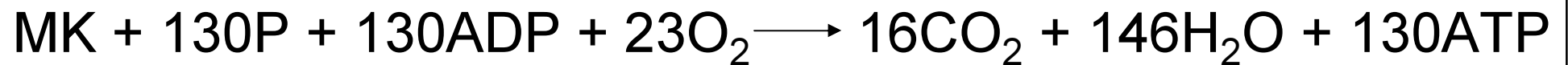
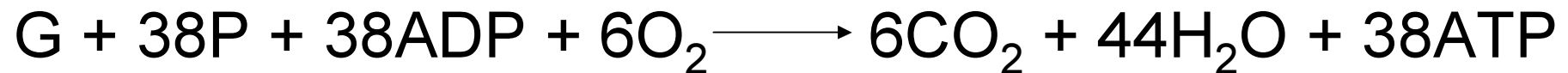


G....glykogen

- metabolická acidóza
- hladina LA v krvi

# Oxidativní způsob

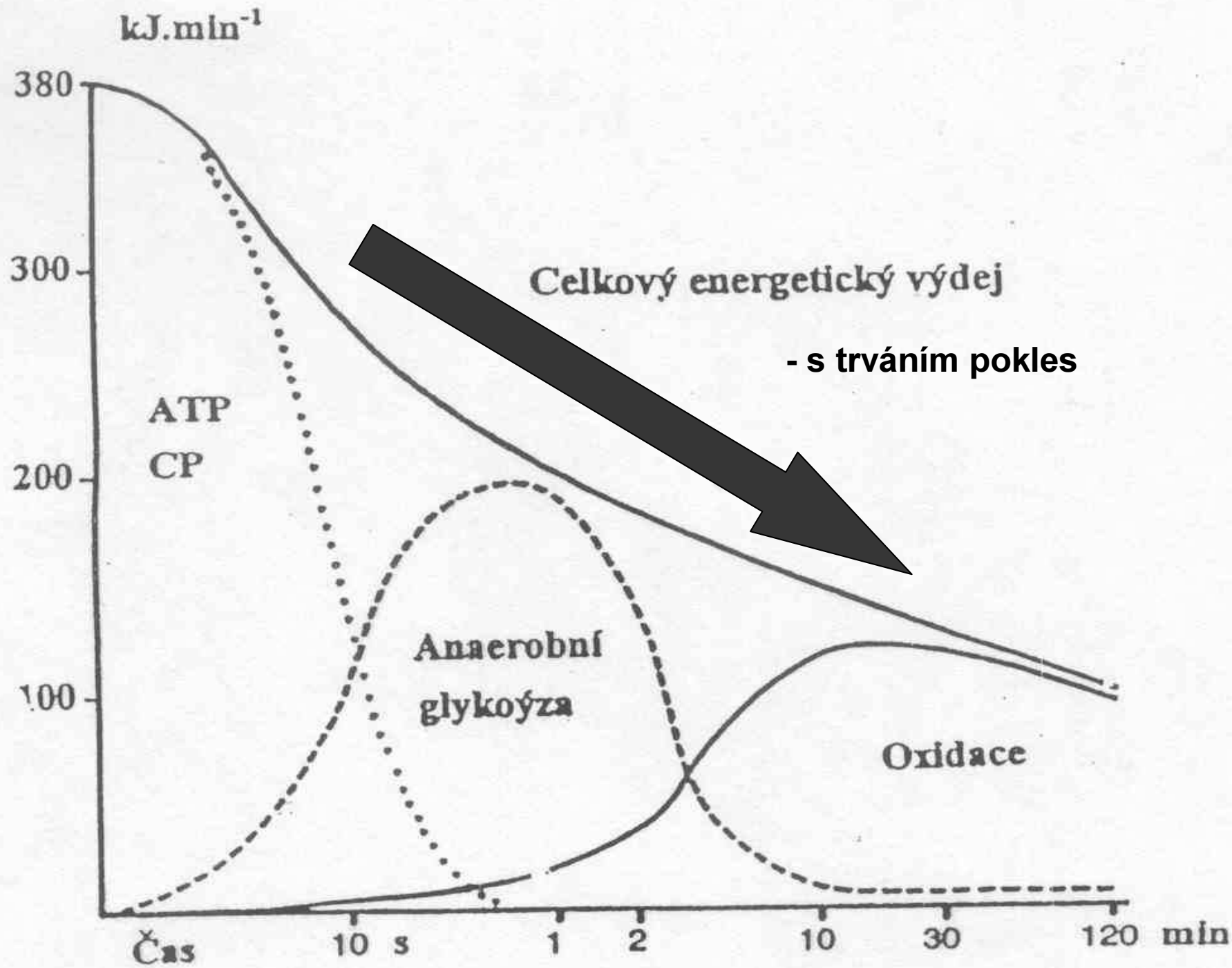
- nedochází k tvorbě laktátu





**Tabulka 9:** Podíl energetických systémů (%) na činnosti různé doby trvání a relativně maximální intenzity = po uvedenou dobu co možná nejvyšší (podle Mac Dougall a kol. 1982)

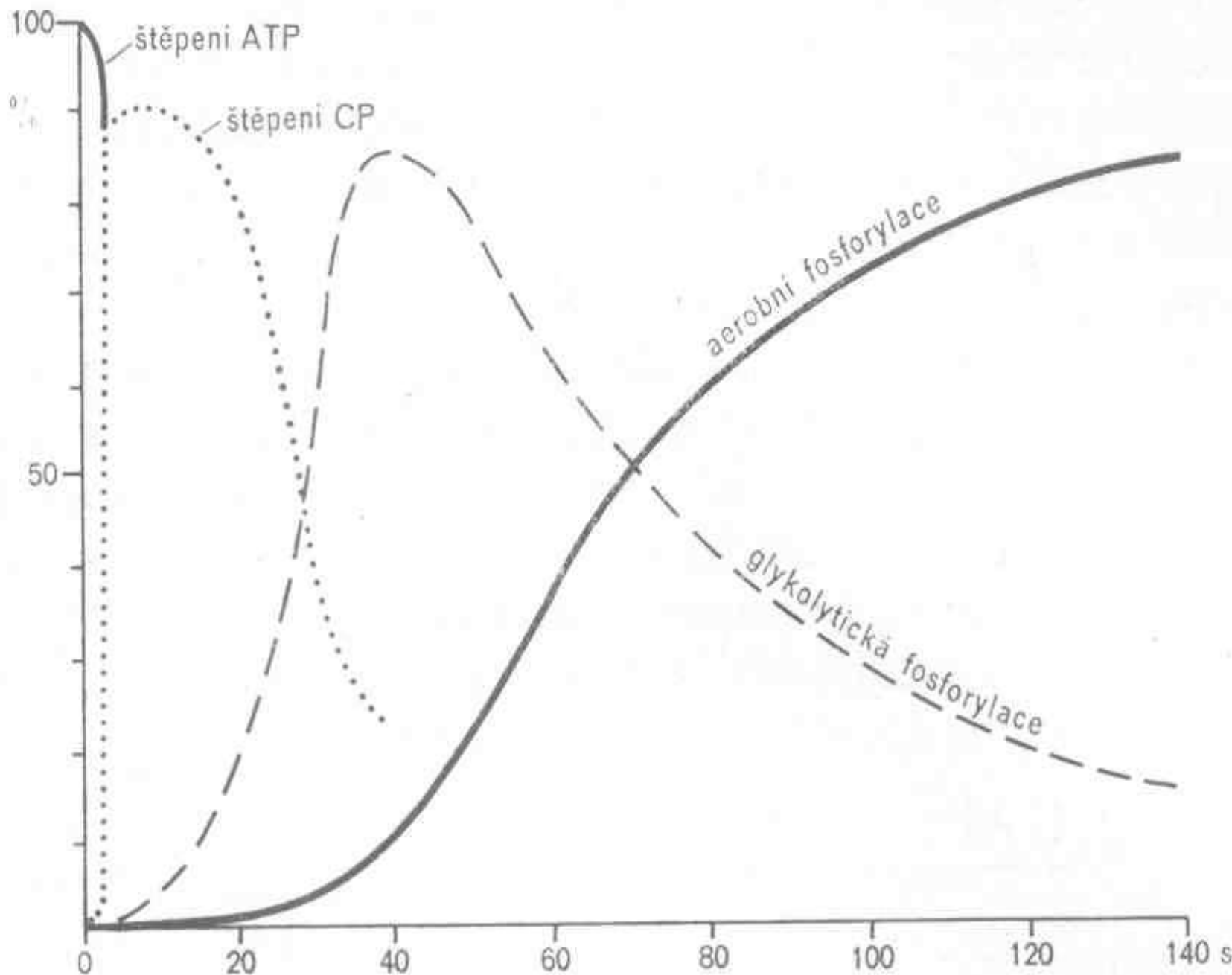
Doba činnosti	ATP-CP	LA	O <sub>2</sub>
5 s	85	10	5
10 s	50	35	15
30 s	15	65	20
1 min.	8	62	30
2 min.	4	46	50
4 min.	2	28	70
10 min.	1	9	90
30 min.	1	5	95
1 hod.	1	2	98
2 hod.	1	1	99



(?Havličková et al, 1991)

podíl energie

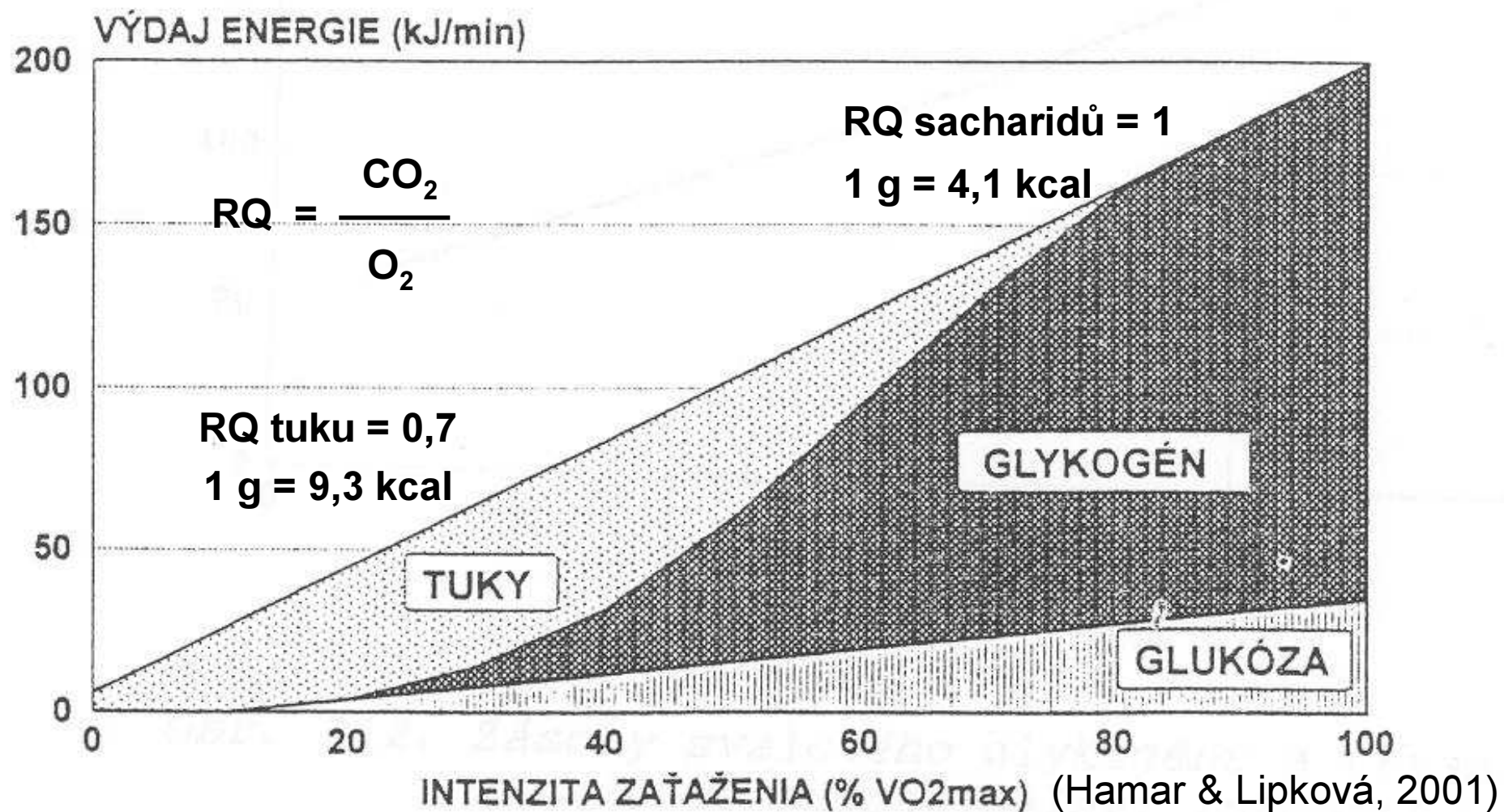
## Podíl energetického krytí v závislosti na trvání zátěže [%]



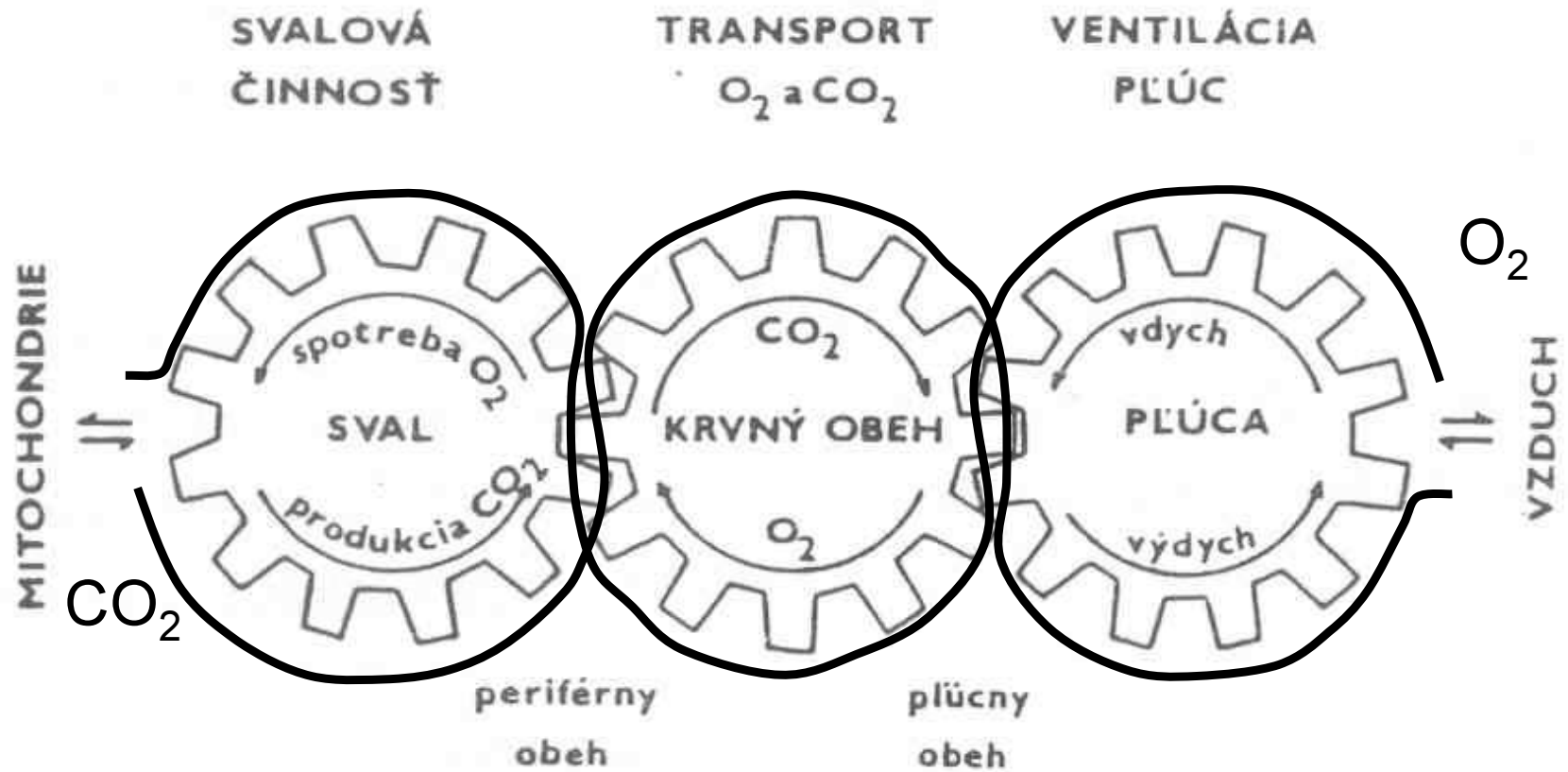
(Placheta et al., 2001)

# Zdroje energetického krytí při zvyšující se intenzitě

Respirační kvocient = poměr mezi vydýchaným oxidem uhličitým a spotřebovaným kyslíkem



# Schéma transportu $O_2$ a $CO_2$



(Wasserman, 1999)

Čím více O<sub>2</sub> dopraveno k pracujícím svalům, tím větší aerobní produkce energie (větší rychlost běhu, pozdější přechod na anaerobní krytí, déle trvající zátěž)

## AP (aerobní práh)

- maximální intenzita při které přestává „výhradní“ aerobní krytí
- intenzita od které se začíná zapojovat anaerobní krytí a tak vzniká laktát
- hladina laktátu (2 mmol/l krve)

**VO<sub>2</sub>max  
[ml/kg/min]**

**45**

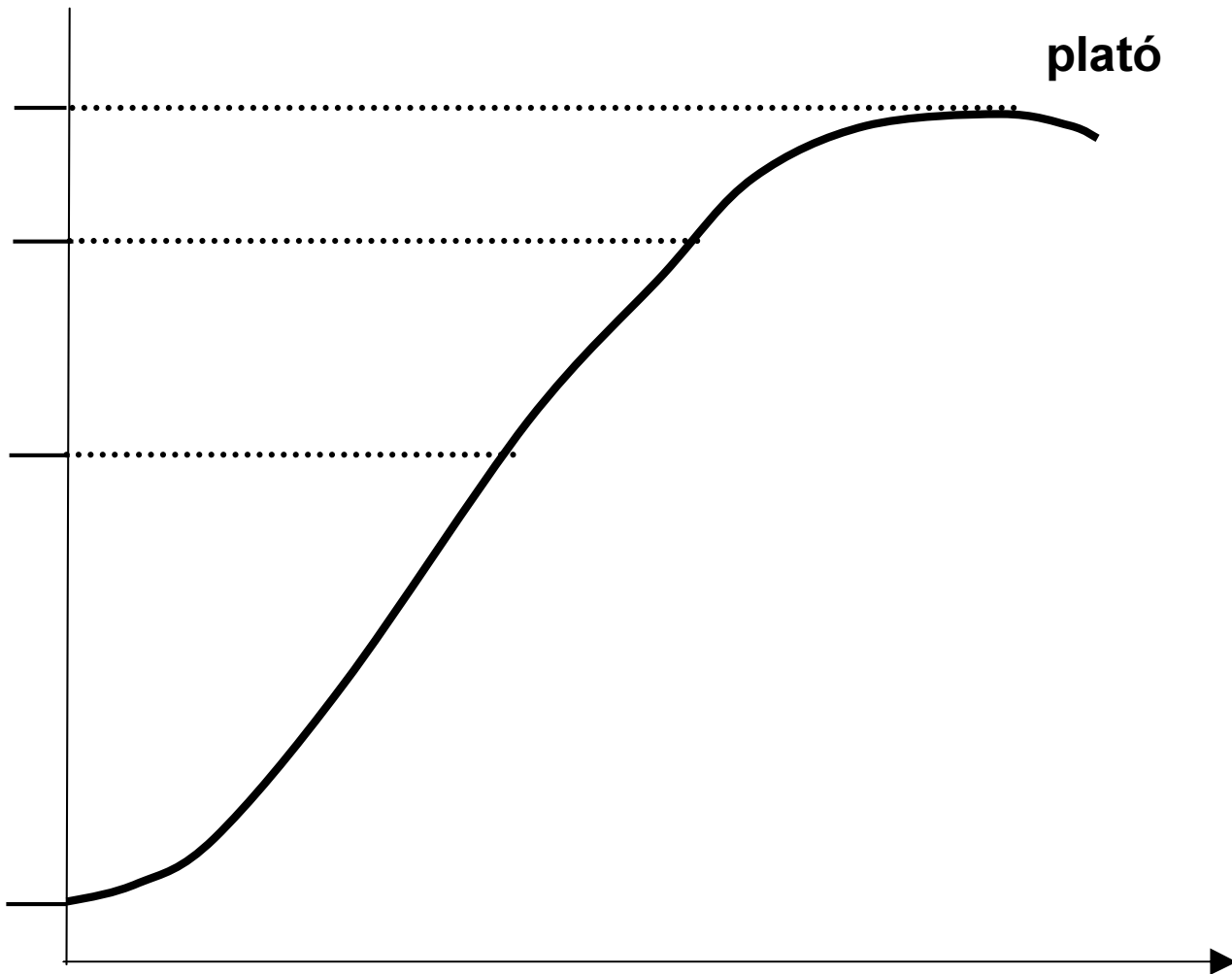
**AnP  
70-90 %  
VO<sub>2</sub>max**

**AP  
50-60 %  
VO<sub>2</sub>max**

**3,5**

**plató**

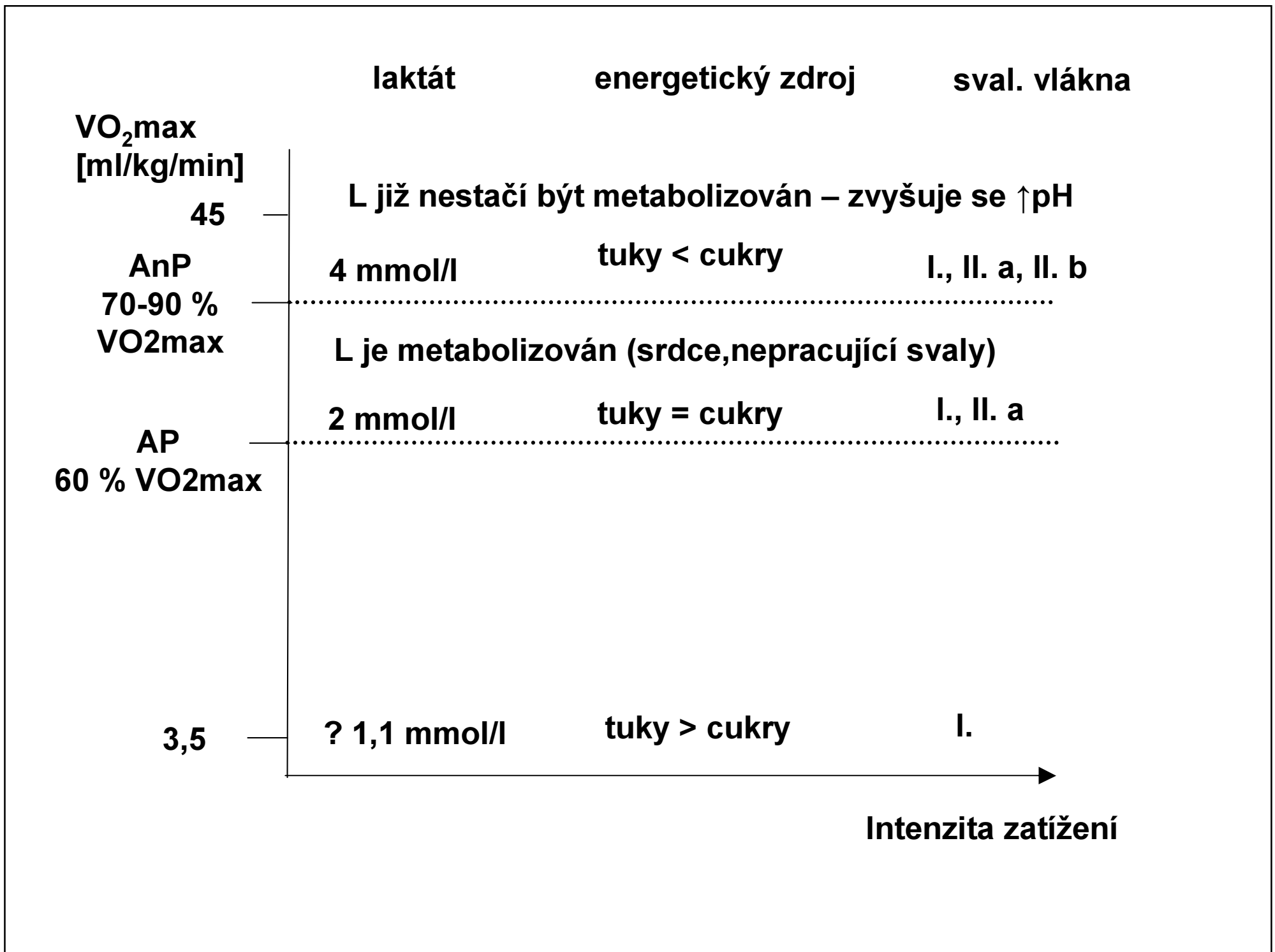
**Intenzita zatížení (rychlost běhu,...)**





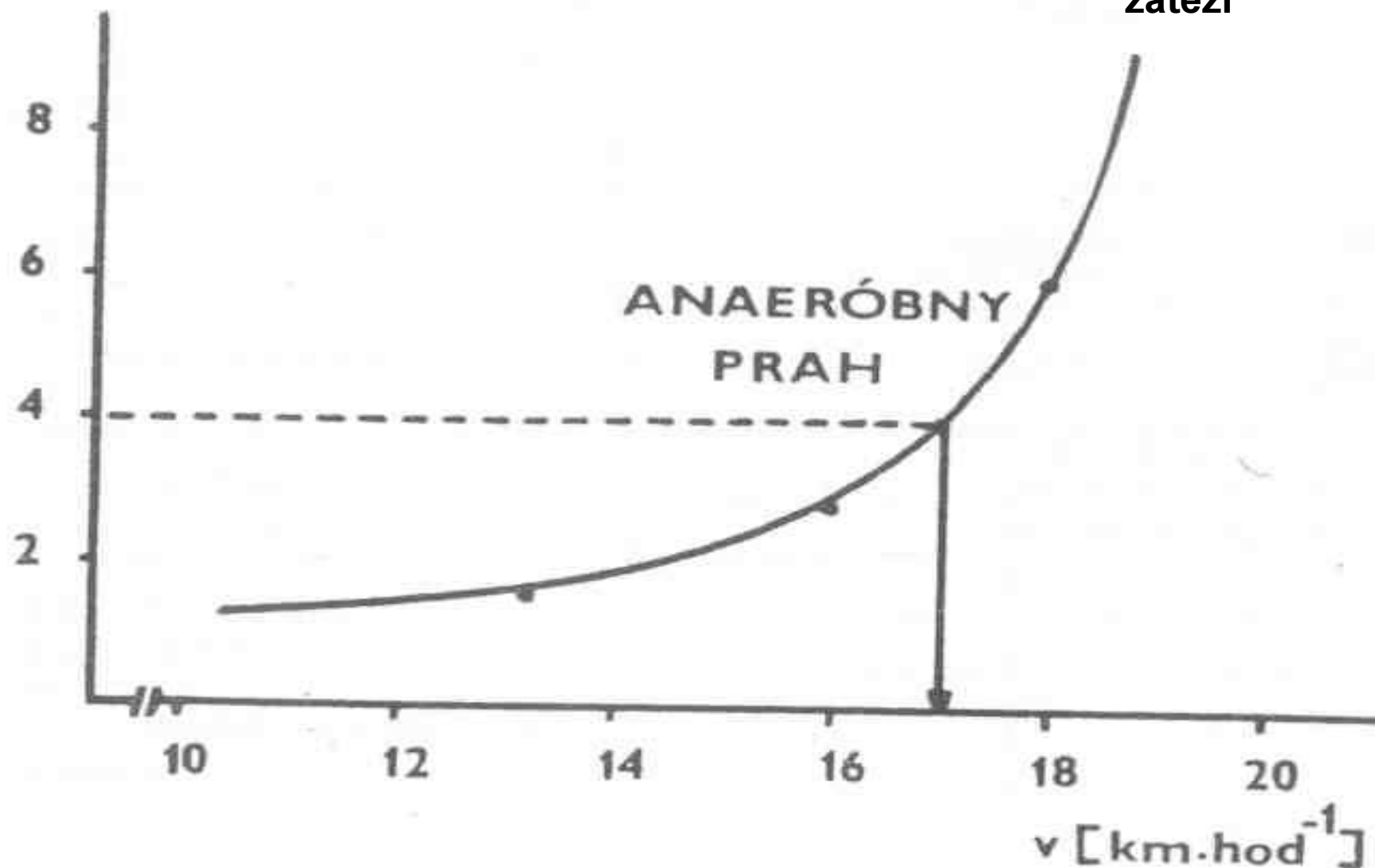
## AnP (anaerobní práh)

- maximální intenzita při které začíná převládat anaerobní krytí
- intenzita při které dochází k narušení dynamické rovnováhy mezi tvorbou a metabolizací laktátu
- hladina laktátu (4 mmol/l krve) a začíná se zvyšovat. Kolem 8 mmol/l krve nemožnost pokračovat (trénování až 30 mmol).



LAKTÁT  
[mmol.l<sup>-1</sup>]

Zakyselení organismu a  
nemožnost pokračovat dále v  
zátěži



(Hamar & Lipková, 2001)

## Intenzita při **dlouhodobé aktivitě** (30 minut a víc) nesmí být nad úrovní AnP.

- 1) Před započítím (předstartovní stav)
  - zvýšení spotřeby O<sub>2</sub> (emoce, podmíněné reflexy)
- 2) Iniciální fáze zátěže (do 5 minut)
  - zvyšování spotřeby kyslíku na úroveň odpovídající intenzitě zatížení
  - mrtvý bod, druhý dech
- 3) Setrvalý (rovnovážný)stav
  - požadavky pracujících svalů na dodávku O<sub>2</sub> jsou plněny, jsou odváděny metabolity
  - spotřeba O<sub>2</sub> se nemění
  - SF pohyb v rozsahu  $\pm 4$  tepy (pravý setrvalý stav)

# Přeměna energie-energetický výdej

- BM = bazální metabolismu
- KM = klidový metabolismus  
(110 - 120% BM)
- PM = pracovní metabolismus  
(130 – 30 000%BM)

**Tabulka 8:** Příklady energetického výdeje v kJ a podle intenzity zatížení v % nál. BM

vrhy, hody , skoky	14 000 kJ
sportovní hry	18 000 kJ
dlouhé běhy (atletika, lyžování)	23 000 kJ
etapové závody cyklistiky	27 000 kJ a více
sprinty (sekundy)	20 000 – 30 000 % nál. BM
atletické běhy (desítky sekund)	10 000 % nál. BM
sportovní hry (minuty, desítky minut)	5 000 – 1 000 % nál. BM
dlouhé běhy (hodiny)	500 % nál. BM

- Kyslíkový dluh
  - nedostatečné zásobení pracujících svalů kyslíkem (pomalejší  $\uparrow$  SF a DF).
  - nepoměr mezi požadavky na  $O_2$  a jeho dodávkou vede k zapojení anaerobních mechanismů - vznik LAKTÁTU ( $\uparrow$   $H^+$  metabolické acidóza – mrtvý bod).
  - při zajištění dodávky  $O_2$  – druhý dech
  - po ukončení zátěže přetrvává zvýšený příjem  $O_2$  = splácení kyslíkového dluhu

## splácení kyslíkového dluhu

- obnova ATP a CP

- odstraňování laktátu (oxidace na pyruvát – ve svalech, srdci; resyntéza na glykogen – játra)

  - urychlení vyplavení laktátu ze svalů a lepší prokrvení orgánů metabolizujících laktát  
mírnou intenzitou zatížení (50 %  $\text{VO}_2\text{max}$ )

- obnova myoglobinu a hemoglobinu

- velká část do několika minut (do 30 minut), mírný přetrvává až 12-24 hodin