

METABOLISMUS A ZÁKLADNÍ ENERGETICKÉ SYSTEMY



OPAKOVÁNÍ SVALY

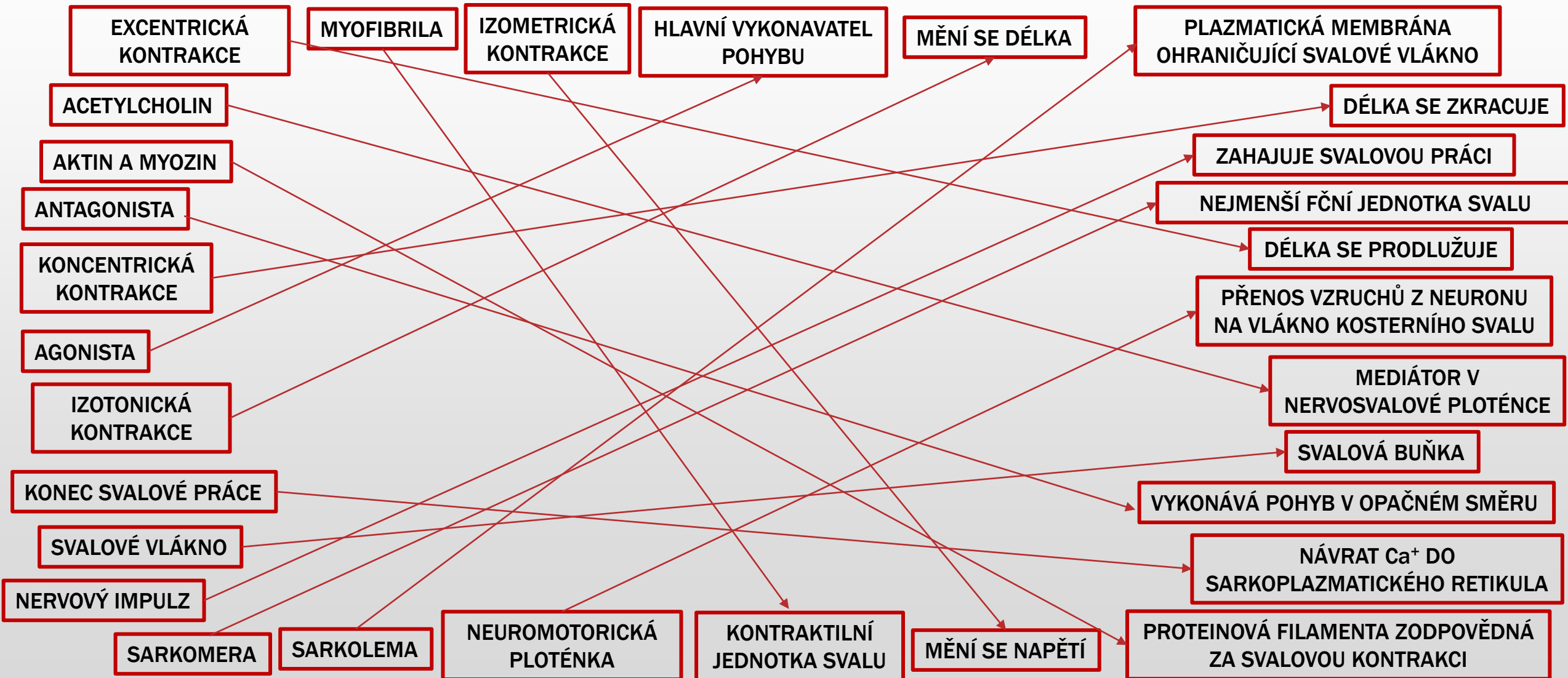
TYPY SVALOVÉ TKÁNĚ

- <https://www.khanacademy.org/science/in-in-class-11-biology-india/x9d1157914247c627:locomotion-and-movement/x9d1157914247c627:the-musculoskeletal-system/v/three-types-of-muscle>

SVALOVÁ KONTRAKCE – CROSS BRIDGE CYCLE

- https://www.youtube.com/watch?v=7O_ZHyPeIIA

OPAKOVÁNÍ SVALY



ENERGIE

- Mnoho forem
 - Chemická
 - Elektrická
 - elektromagnetická
 - Tepelná
 - Mechanická
 - Jaderná
- Je měnitelná na jiný typ, např. chemická → elektrickou - baterie → mechanickou - auto
- Energie v biologických systémech se měří v kaloriích (cal) – 1 g vody o 1 °C ze 14,5 °C na 15,5 °C
 - kilokalorie (kcal)
- Degradáční změny se vznikem tepla – 60-70% energetického výdeje lidského organismu je přeměněno v teplo
 - Zbytek na svalovou práci a buněčné procesy
- Slunce – rostliny – zvířata/člověk
 - Sacharidy/ proteiny/ tuky → ATP

ENERGGIE PRO BUNĚČNOU AKTIVITU

- **Růst a oprava**
 - Výstavba svalové tkáně – hypertrofie
 - Oprava drobných poškození - mikrotraumata
 - Poškození vzniklá zraněním a jinými stresory
- **Aktivní transport buněčnou membránou**
 - Glukóza
 - Kalcium
- **Pohyb v myofibrile**
 - Klouzavý pohyb aktinových a myozinových filament – pohyb svalu a generování síly

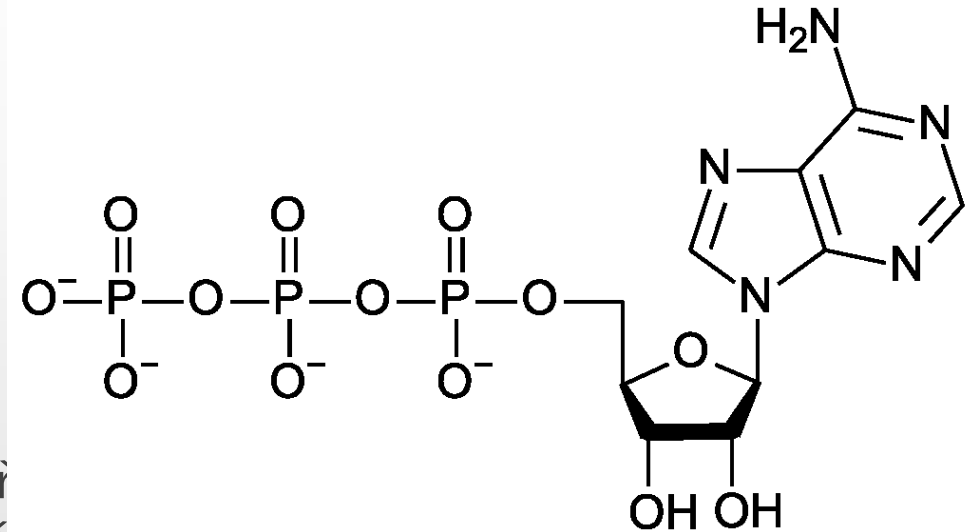
ZDROJE ENERGIE

MAKROERGNÍ FOSFÁTY

- ATP, ADP, CP

ATP - Adenosintrifosfát

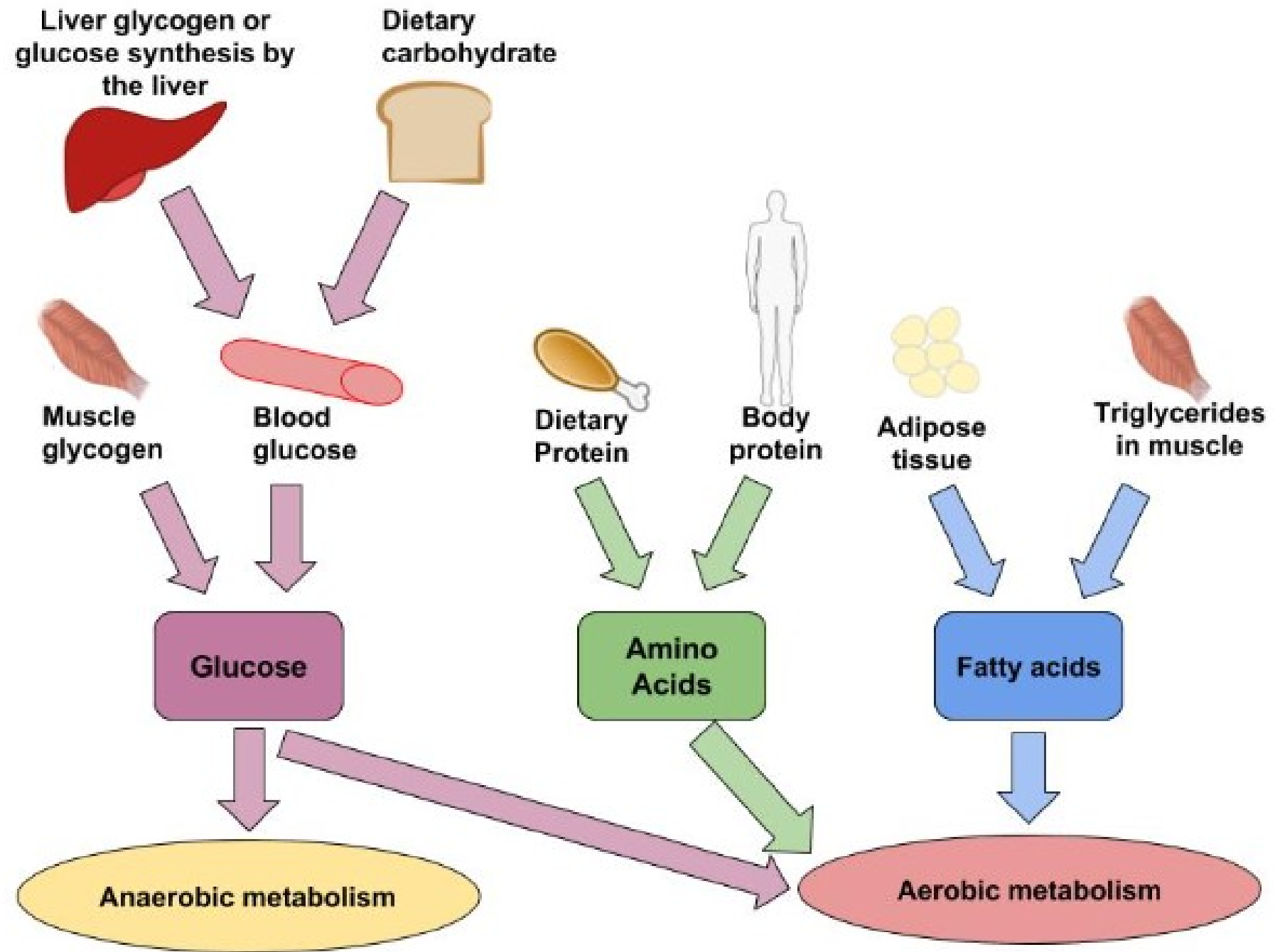
- Adenosin a trojice fosfátů
- Zásadní pro funkci všech známých buněk
- ATP je vysoce energetická sloučenina uložená v našich buňkách
 - je zdrojem veškeré energie používané v klidu a během cvičení...



MAKROERGNÍ SUBSTRÁTY

- Sacharidy, tuky, proteiny

<https://www.khanacademy.org/science/biology/energy-and-enzymes/atp-reaction-coupling/v/adenosine-triphosphate>



ZDROJE ENERGIE

SACHARIDY

- Snadno metabolizovatelné
- Štěpeny na glukózu – transport krví do všech tkání
- Nezpracovaná je uložena ve svalech a játrech – ve formě glykogenu
- Cca 80–100g se nalézá v játrech – tzv. **jaterní glykogen** - udržování stálé hladiny glukózy v krvi
- Cca 300 g je ve svalových buňkách – tzv. **svalový glykogen** – interní energetická zásoba pro svalovou práci
- Cca 50g připadá na ostatní buňky lidského těla
- Omezené zásoby – ovlivnění výkonu

LIPIDY

- Výrazný zdroj energie pro dlouhodobou aktivitu nižší intenzity
- Náročnější metabolismus – rozklad komplexního triacylglycerolu na základní komponenty – glycerol a volné mastné kyseliny
- Tuk je jako zdroj energie omezen rychlostí uvolňování energie

PROTEINY

- Možno využít jako zdroj energie – nejprve nutná přeměna na glukózu – glukoneogeneze (z necukrových substrů, např. aminokyselin, glycerolu či laktátu)

Table 2.1

TABLE 2.1 Body Stores of Fuels and Associated Energy Availability

Location	g	kcal
CARBOHYDRATES		
Liver glycogen	110	451
Muscle glycogen	500	2,050
Glucose in body fluids	15	62
FAT		
Subcutaneous and visceral	7,800	73,320
Intramuscular	161	1,513
Total	7,961	74,833

Note. These estimates are based on a body weight of 65 kg (143 lb) with 12% body fat.

- Zásoby svalového a jaterního glykogenu jsou limitovány cca 2000Kcal energie = energie potřebná pro 32 km běhu
- Tukové zásoby odpovídají 70000Kcal energie = 1130km běh

POTRAVA JAKO ZDROJ ENERGIE

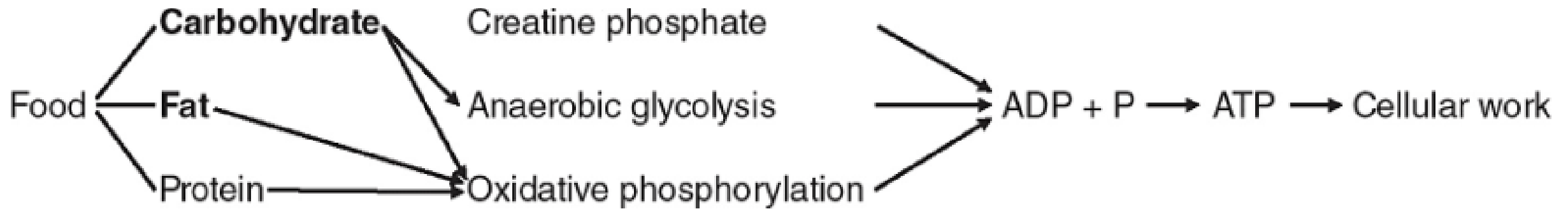


Figure 3.3. How food becomes energy (ADP = adenosine diphosphate; P = inorganic phosphate; ATP = adenosine triphosphate).

ENERGETICKÉ SYSTÉMY SVALU

ANAEROBNÍ ~~O₂~~

AEROBNÍ O₂

**ATP-CP
systém**

**LAKTÁTOVÝ
systém**

**OXIDATIVNÍ
systém**

ATP

CP

GLYKOGEN

GLYKOGEN

TRIGLYCERIDY

AMINOKYSELINY

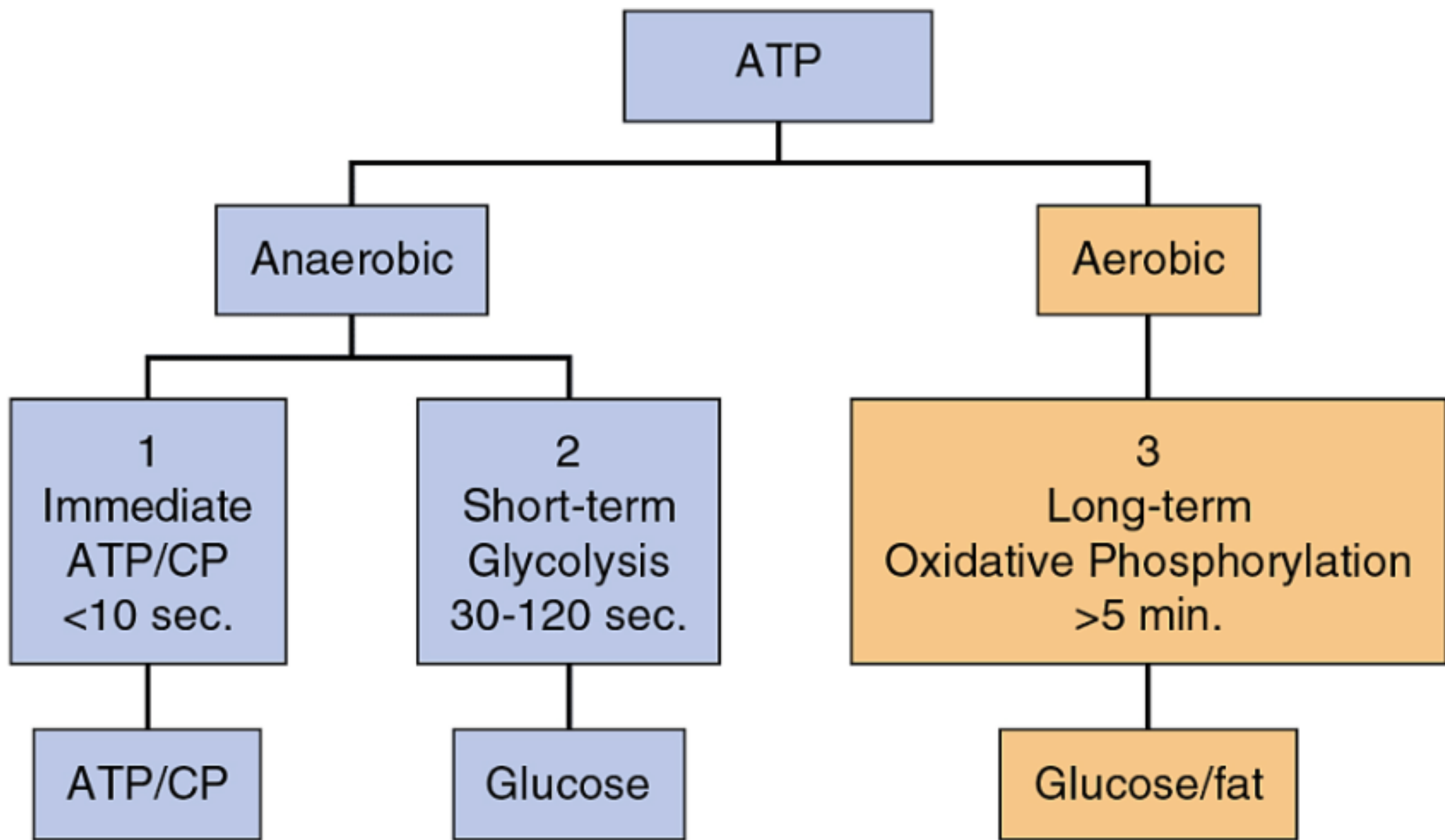


Figure 1.3 The three energy-producing systems.

BIOLOGICKÉ ENERGETICKÉ SYSTÉMY

FOSFAGENOVÝ SYSTÉM

- Velmi krátká doba
- Velmi vysoká intenzita
- Hydrolýza zásob ATP a rozklad CP
- Sarkoplasma svalových buněk
- Nevyžadují přítomnost kyslíku

ANAEROBNÍ GLYKOLÝZA

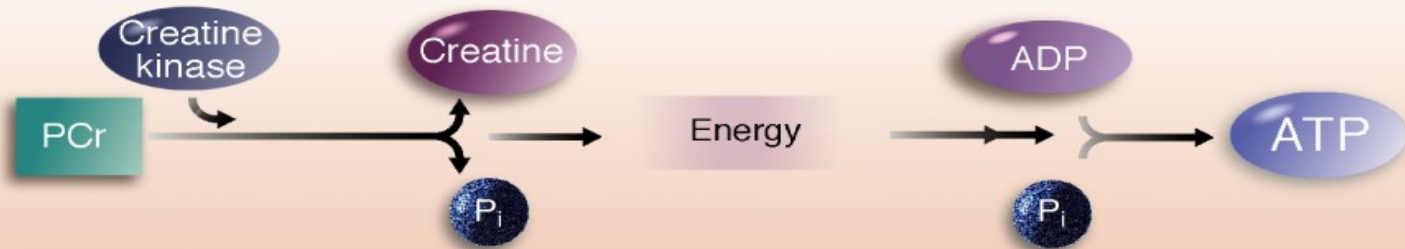
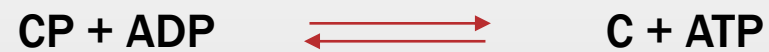
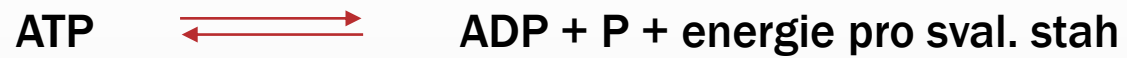
- Sacharid jako zdroj ATP
- Vysoká intenzita
- Konečným produktem pyruvát - laktát
- Sarkoplasma svalových buněk
- Nevyžadují přítomnost kyslíku

OXIDATIVNÍ FOSFORYLACE glykogen

- Sacharid jako zdroj ATP
- Nízká až střední intenzita
- Pyruvát transportován do mitochondrií - Krebsův cyklus
- Mitochondrie svalových buněk
- Za přítomnosti kyslíku – dostatečné množství

OXIDATIVNÍ FOSFORYLACE volné mastné kyseliny

- Tuky jako substrát pro tvorbu ATP
- Mírná intenzita
- VMK přímo do Krebsova cyklu
- Za přítomnosti kyslíku – dostatečné množství



ATP-CP SYSTEM (fosfagenový systém)

- Bez přístupu kyslíku
- Na 1 mol fosfokreatinu (PCr) se vyrobí 1 mol ATP
- Energie z rozpadu PCr není využívána pro buněčnou práci, ale pouze pro regeneraci ATP
- PCr je skladováno ve svalech
- Zásoby ATP v těle - cca 1-2 sec vysokointenzivní aktivity \rightarrow obnova - pomocí PCr (cca 5-8 sec)
- Resyntéza ATP-CP 2-3min

PCr (fosfokreatin) = CP (kreatinfosfát)

ATP...adenosintrifosfát, ADP...adenosindifosfát, AMP...adenosinmonofosfát

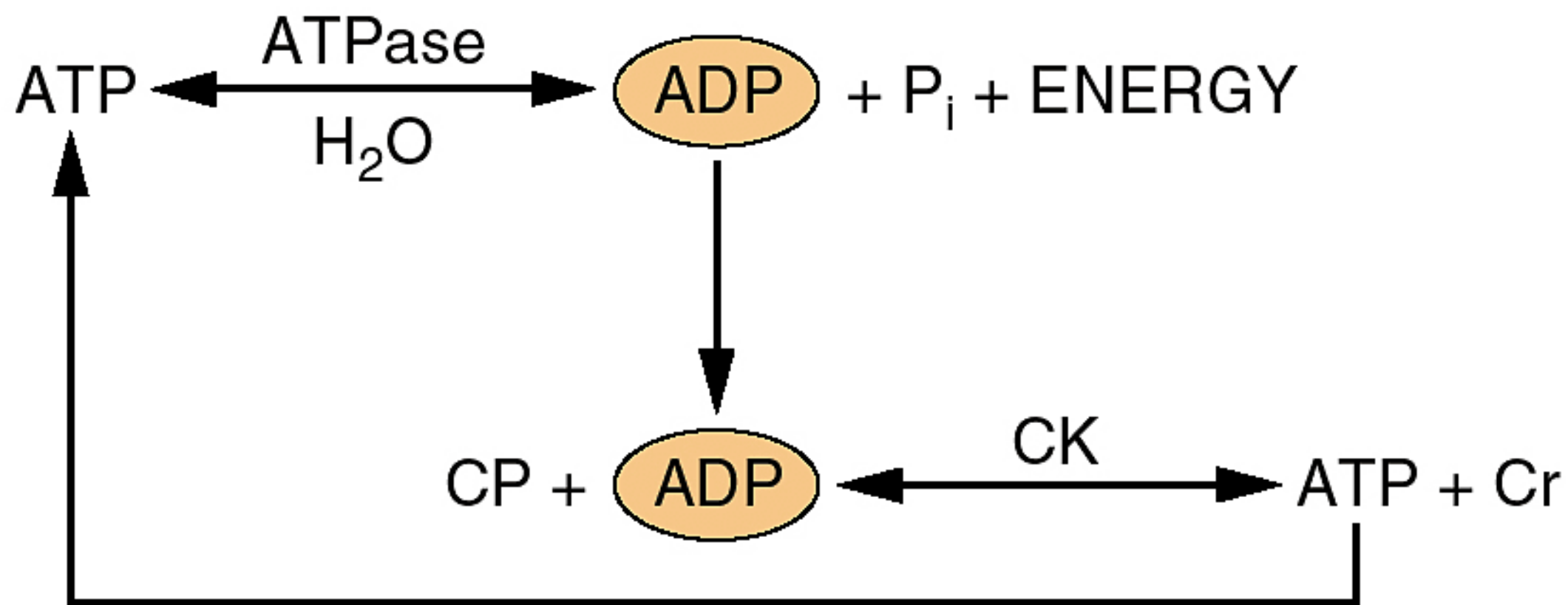


Figure 1.4 Two basic biochemical reactions of the ATP-CP energy system, the immediate energy system.



LAKTÁT = sůl kyseliny mléčné

ANAEROBNÍ GLYKOLÝZA

Glukóza → 2 molekuly pyruvátu

Anaerobní podmínky (buňka nemá mitochondrie nebo dostatek kyslíku – např. pracující sval): pyruvát → laktát → postupné vyloučení do krve → pokles pH

Aerobní podmínky (buňka má dostatek kyslíku a mitochondrií): vstup do mitochondrií → oxidační dekarboxylace

Poměrně vysoká intenzita, převládá 30sec – 2min

<https://www.khanacademy.org/science/biology/cellular-respiration-and-fermentation/glycolysis/v/glycolysis-overview>

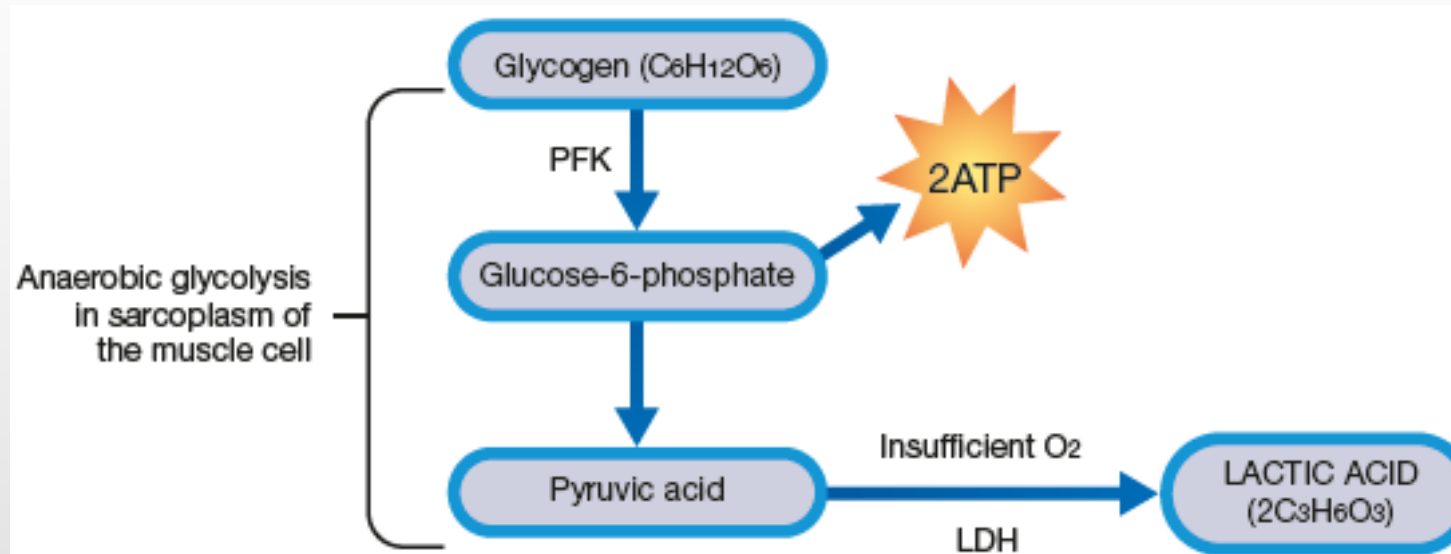
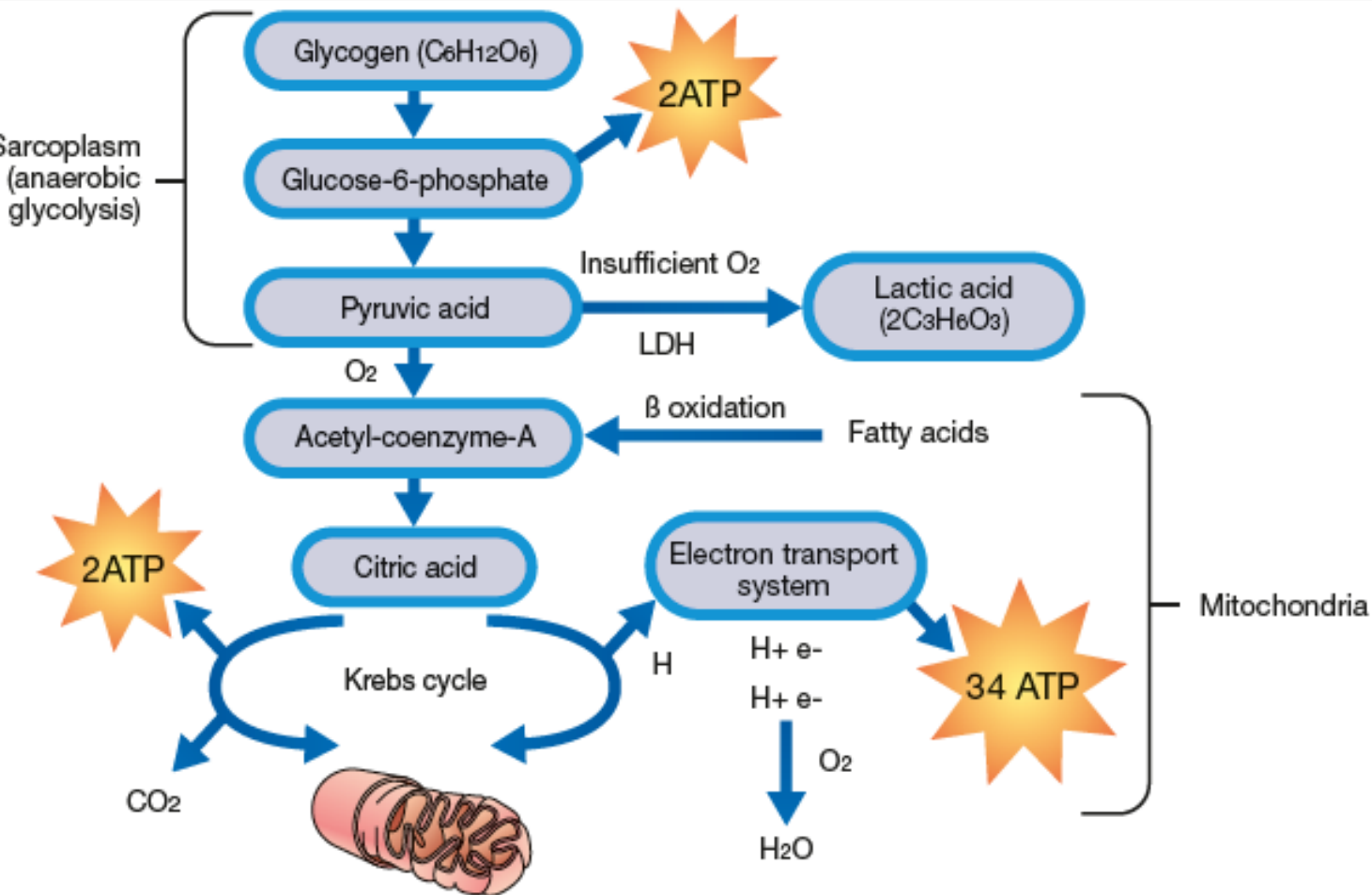
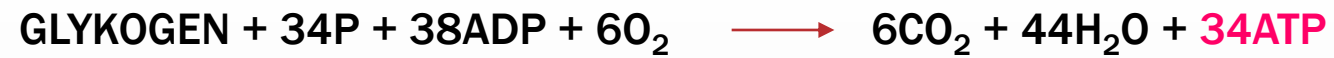


Fig.1.21 A summary of the lactic acid system

METABOLICKÁ DRÁHA	MÍSTO	PŘEMĚNA Z	→	NA
GLYKOGENOLÝZA	játra, sval	GLYKOGEN	→	GLUKÓZA
GLYKOLÝZA	sval	GLUKÓZA	→	PYRUÁT
GLYKOGENEZE	játra, svaly	GLUKÓZA	→	GLYKOGEN
GLUKONEOGENEZE	játra, kůra nadledvin	GLYCEROL, AK, LAKTÁT	→	GLUKÓZA

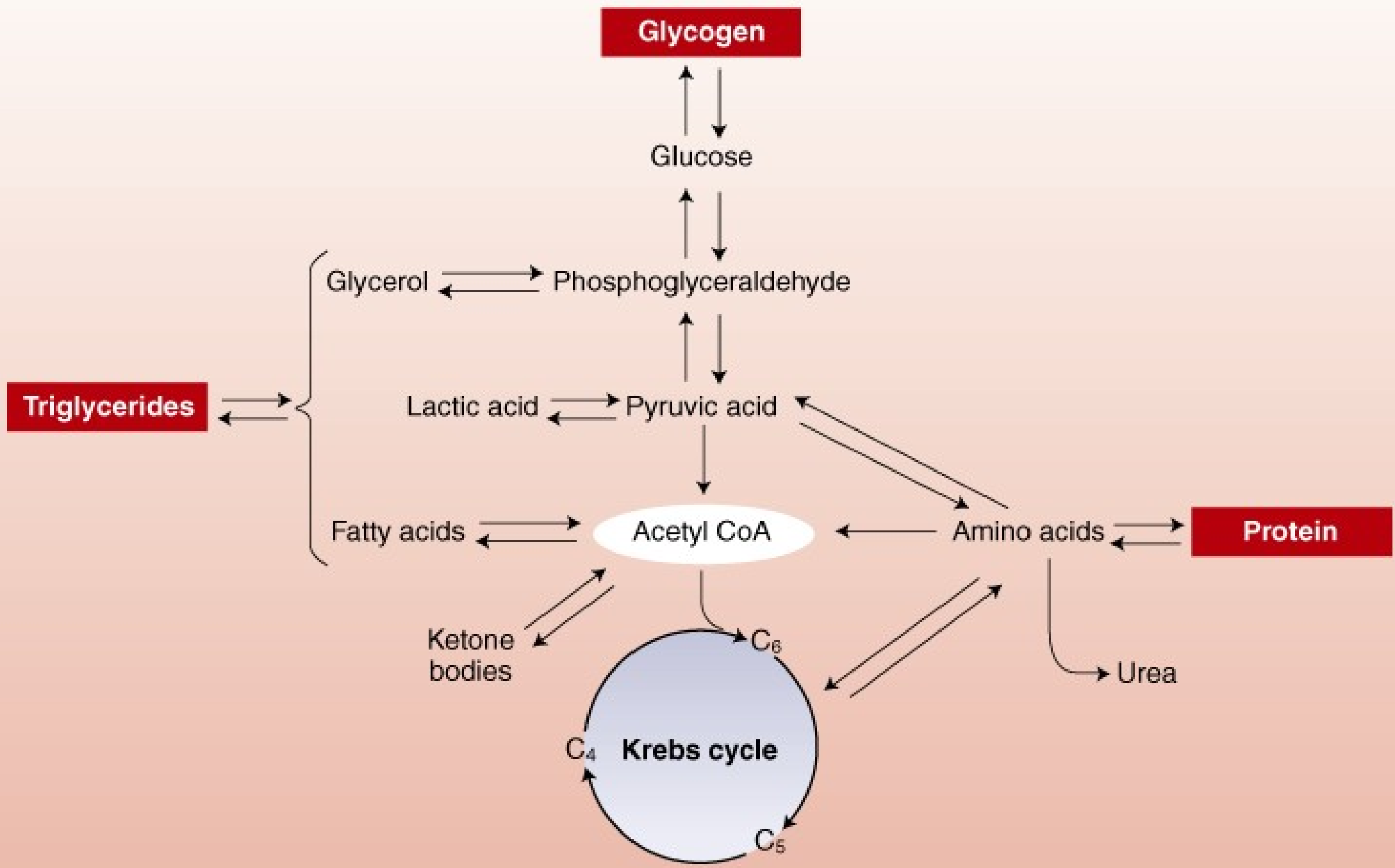


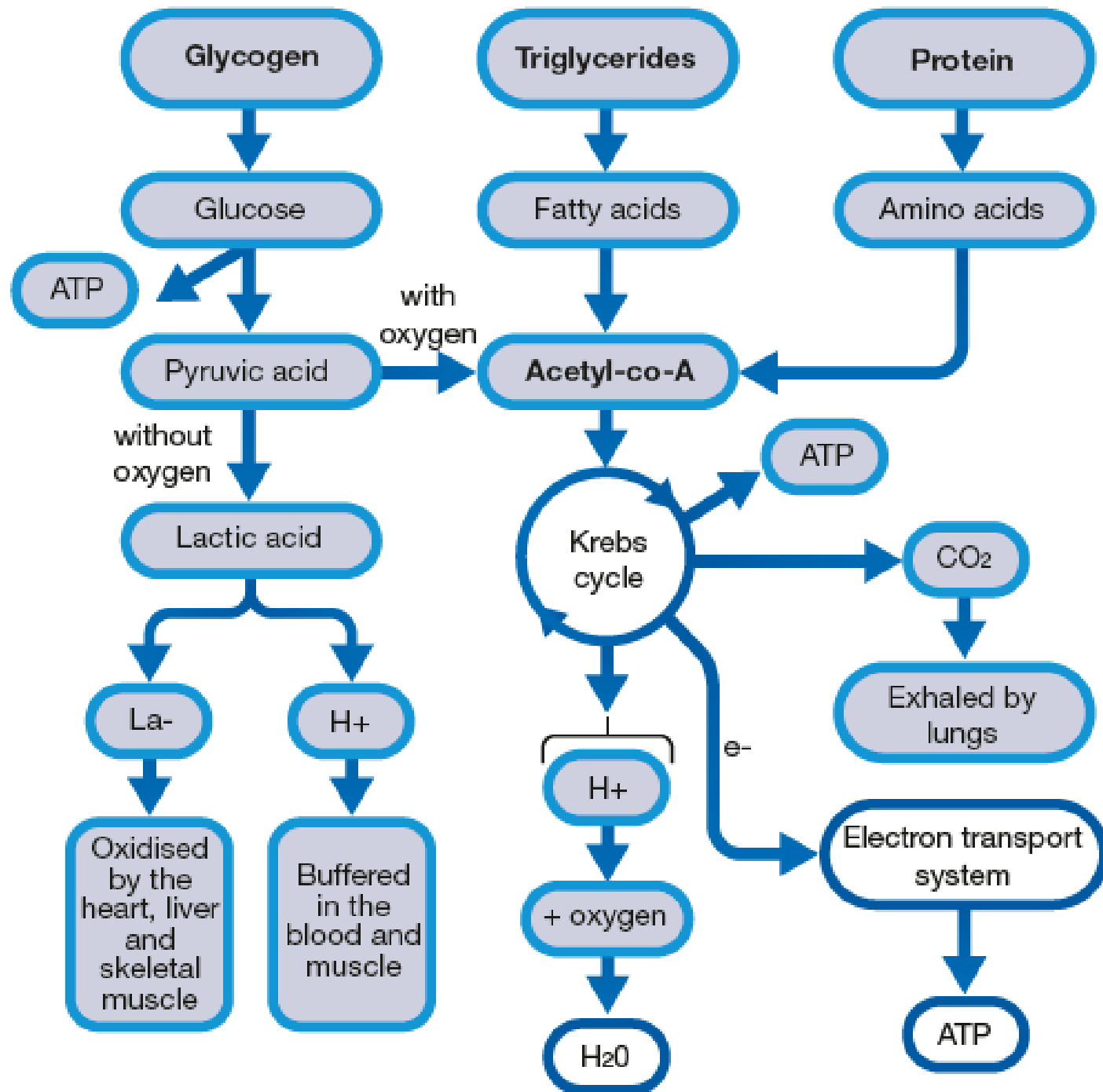
ATP resynthesis via the aerobic system

OXIDATIVNÍ ZPŮSOB (OXIDATIVNÍ FOSFORYLACE)

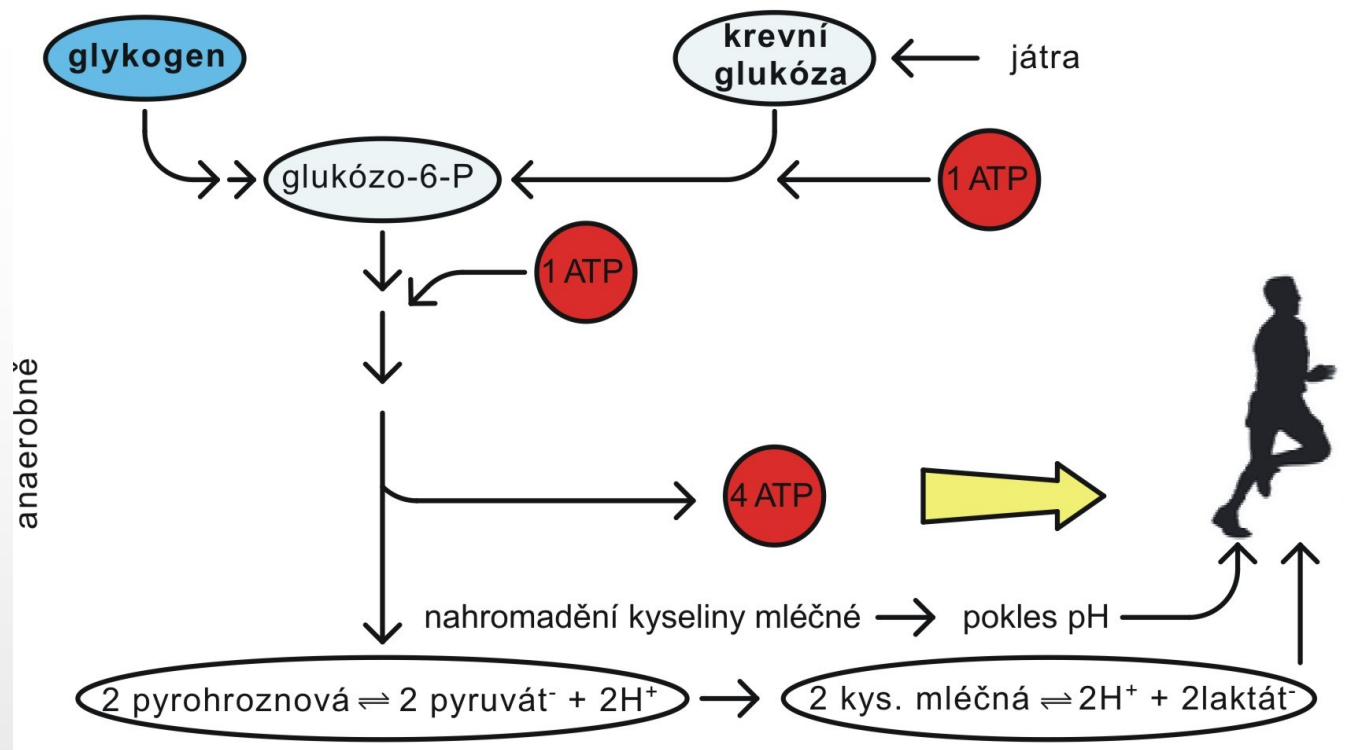
- Aerobní systém
- Nedochozí k tvorbě laktátu
- Aerobní glykolýza —cytoplasma
- Krebsův cyklus – mitochondrie
- Elektronový transportní řetězec – mitochondrie
- Převládá při výkonu nad 5 min

<https://www.khanacademy.org/science/biology/cellular-respiration-and-fermentation/pyruvate-oxidation-and-the-citric-acid-cycle/v/krebs-citric-acid-cycle>



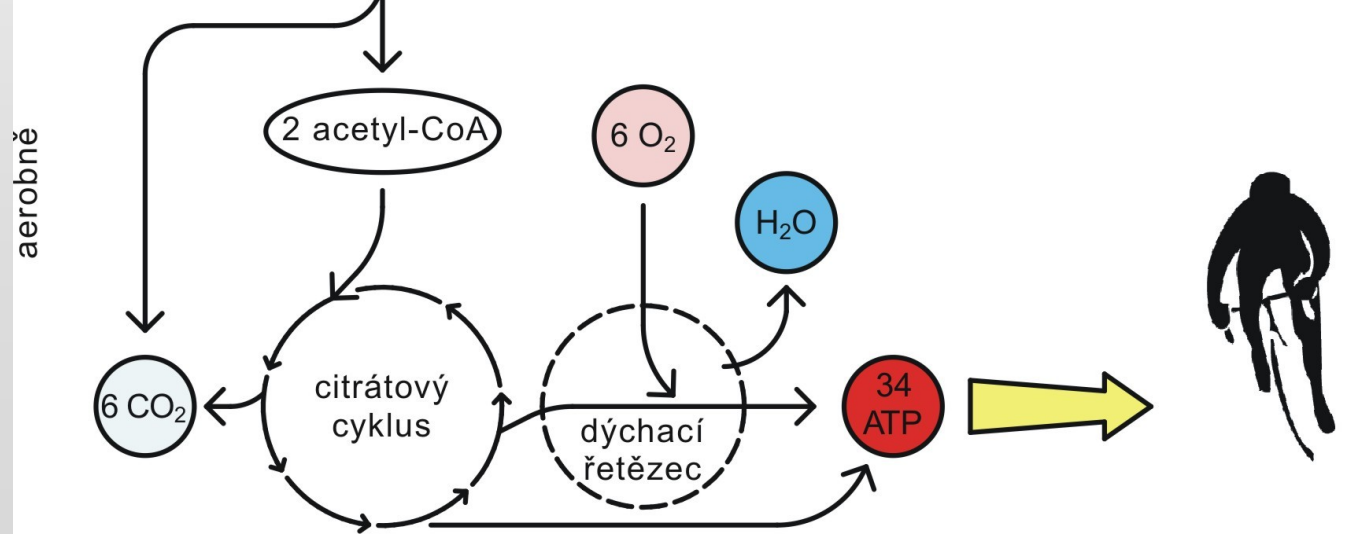


anaerobní glykolyza



anaerobně

oxidace glukózy

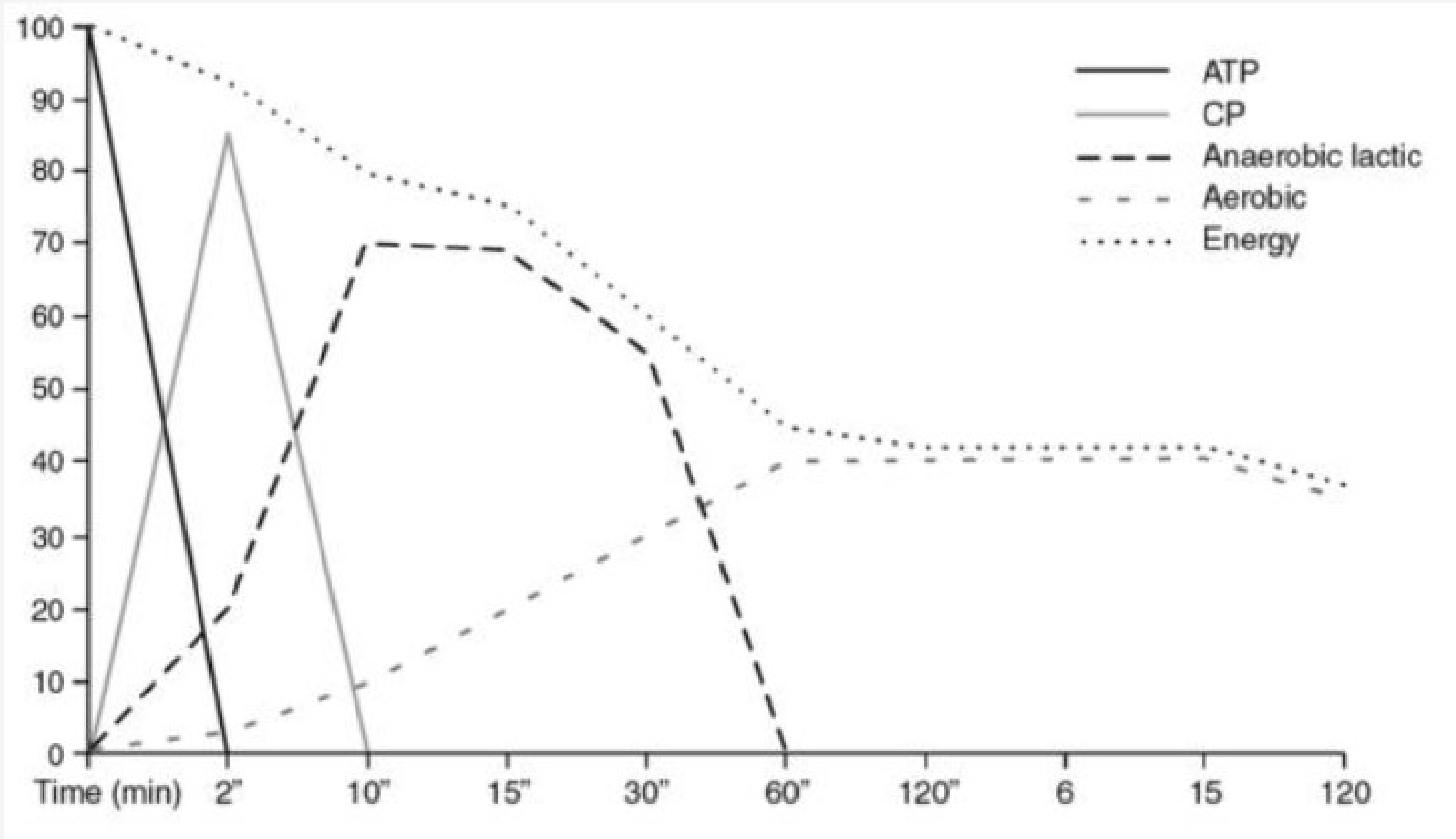


aerobně

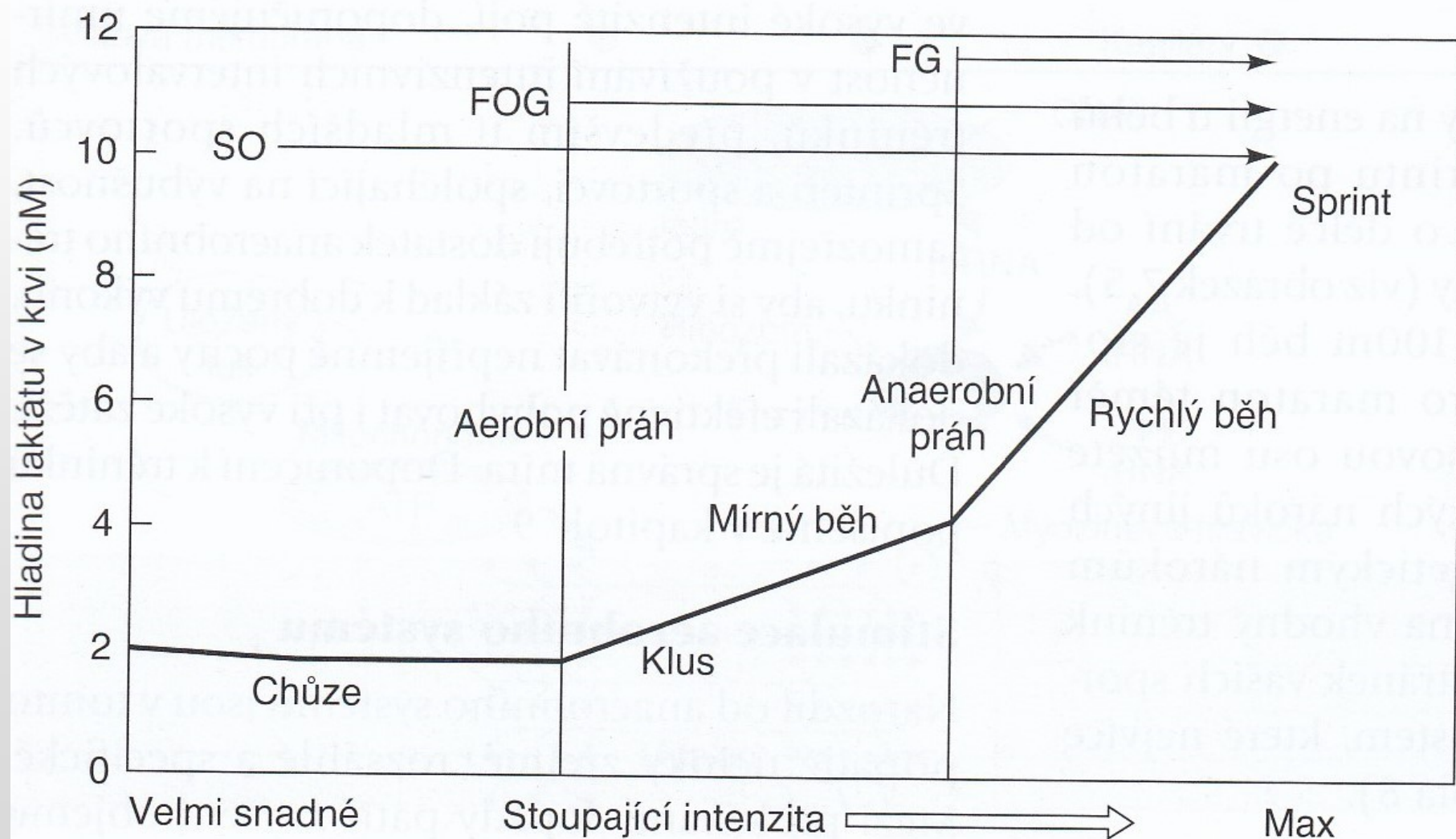
ZAPOJENÍ ENERGETICKÝCH SYSTÉMŮ V ČASE

Table 2.1. Energy Systems for Activities Based on Duration

Duration	Classification	Predominant energy supply
1 sec to 10 sec	ATP-CP	ATP (in muscles) + creatine phosphate
10 sec to 2 min	Anaerobic	ATP (in muscles) + creatine phosphate + muscle glycogen
2 min to 4 min	Anaerobic + aerobic	Muscle glycogen + creatine phosphate + lactic acid
4 min to 5.5 min	Aerobic + anaerobic	Muscle glycogen + fatty acids
>5.5 min	Aerobic + anaerobic	Fatty acids + muscle glycogen



Energy provision of the energy systems.



OBRÁZEK 7.4 Laktátové prahy
 Když intenzita cvičení roste, aktivujeme nejprve pomalá oxidativní (SO) vlákna, poté rychlá oxidativně glykolytická (FOG) a nakonec rychlá glykolytická (FG). Nad aerobním prahem se začíná v krvi hromadit větší množství laktátu, protože produkuje více kyseliny mléčné, než dokážeme odstraňovat z krevního oběhu. Nad anaerobním prahem se hromadění laktátu v krvi zrychluje kvůli zvýšené aktivaci FG vláken (ta produkují více laktátu) a celkově vyššímu počtu aktivovaných vláken, která tak nemohou vstřebávat a odstraňovat laktát.

AKTIVITA – ENERGETICKÉ SYSTÉMY

BĚŽECKÁ DISCIPLÍNA	ČAS	DOMINANTNÍ ENERGETICKÝ SYSTÉM	AEROBNÍ/ ANAEROBNÍ	ZDROJ ENERGIE	ENZYMY	POČET VZNIKLÝCH MOLEKUL ATP	KDE VE SVALU DOCHÁZÍ K RESYNTÉZE ATP
100 m							
400 m							
1 500 m							
10 km							

Table 3.2 Energy System Contributions in Track-and-Field Performance

Event	Duration	ATP-CP	GLYCOGEN		Triglyceride (fatty acid)
			Lactic	Aerobic	
100 m	10 sec.	53%	44%	3%	—
200 m	20 sec.	26%	45%	29%	—
400 m	45 sec.	12%	50%	38%	—
800 m	1 min. 45 sec.	6%	33%	61%	—
1,500 m	3 min. 40 sec.	—	20%	80%	—
5,000 m	13 min.	—	12.5%	87.5%	—
10,000 m	27 min.	—	3%	97%	—
Marathon	2 hr. 10 min.	—	—	80%	20%

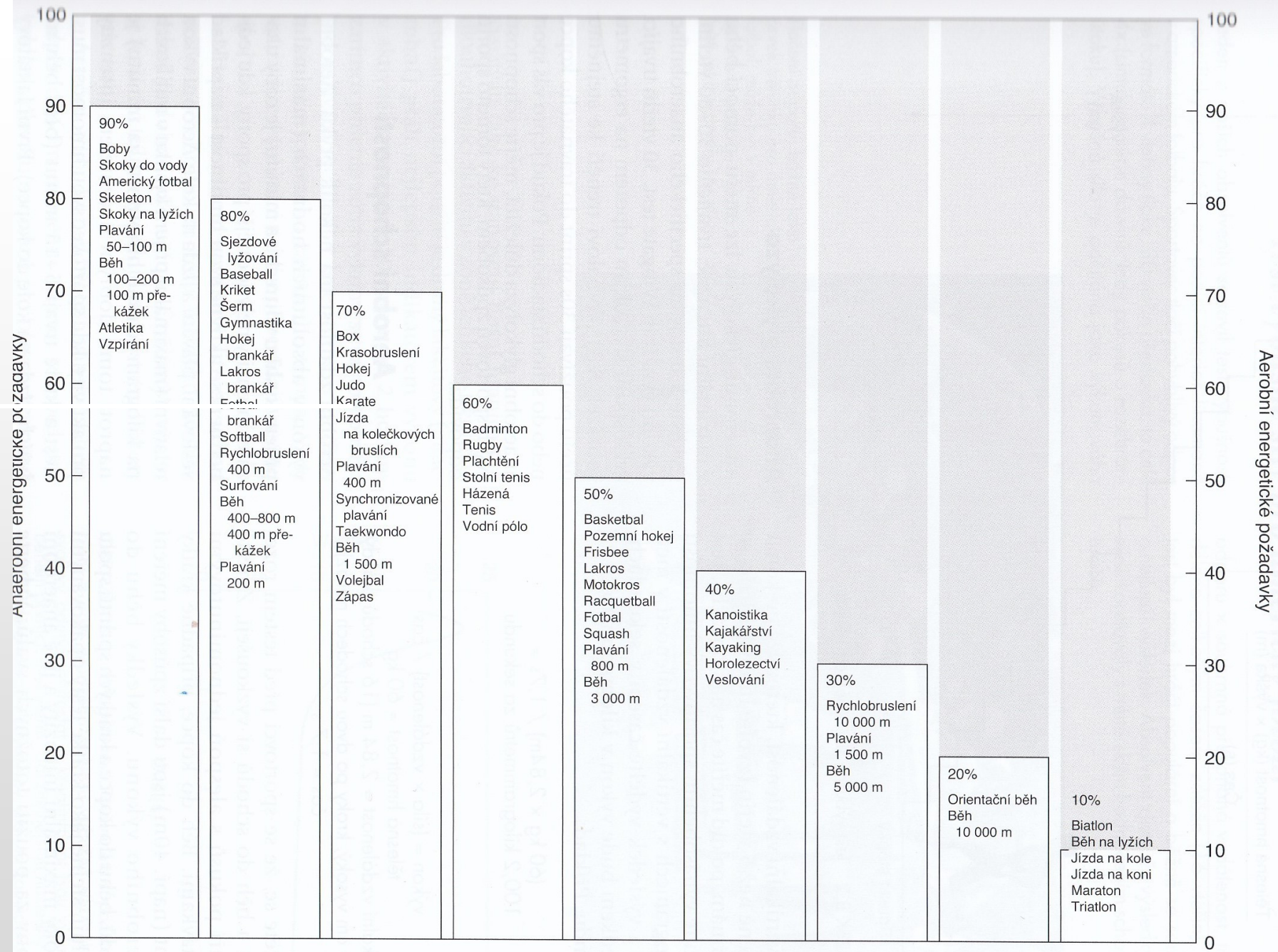
Sources: K.A. van Someren, 2006, *The physiology of anaerobic endurance training*. In *The physiology of training*, edited by G. Whyte (Oxford, UK: Elsevier), 88; E. Newsholme, A. Leech, and G. Duestet, 1994, *Keep on running: The science of training and performance* (West Sussex, UK: Wiley).

Intenzita výkonu	Trvání výkonu	Období superkompenzace
Maximální	do 10 sec.	okolo 4 min
Submaximální	do 2 min	okolo 20 min
Střední	do 15 min	okolo 60 min
Mírná	do 5 hod.	12–24 hod.

	Doba	
	minimální	maximální
Obnova fosfagenu	2 min	3 min
Obnova svalového glykogenu	10 hod.	46 hod.
	Kontinuální zatížení	
	5 hod.	24 hod.
	Intermitentní zatížení	
Odstranění laktátu (aktivní obnova)	30 min	1 hod.
Odstranění laktátu (pasivní obnova)	1 hod.	2 hod.

Table 3.3 Physiological Characteristics of Energy Systems Training and Its Six Intensity Zones

Intensity zone	Type of training	Duration of rep	Number of reps	Rest interval (work-to-rest ratio)	TRAINING MODALITY		% of max intensity
					Sets	Series of sets	
1	Alactic system	1–8 sec.	6–12	1:50–1:100	✓	✓	95–100
2	Lactic system (power—short)	3–10 sec.	10–20	1:5–1:20	✓	✓	95–100
	Lactic system (power—long)	10–20 sec.	1–3	1:40–1:130	✓	—	95–100
	Lactic system (capacity)	20–60 sec.	2–10	1:4–1:24	✓	✓	80–95
Intensity zone	Type of training	Duration of rep	Number of reps	Rest interval (work-to-rest ratio)	Lactic acid concentration (mmol)	% of max heart rate	% of $\dot{V}O_2$ max
3	Max oxygen consumption	1–6 min.	8–25	1:1–1:4	6–12	98–100	95–100
4	Anaerobic threshold training	1–10 min.	3–40	1:0.3–1:1	4–6	85–95	80–90
5	Aerobic threshold training	10–120 min.	— (continuous steady state)		2–3	75–80	60–70
6	Aerobic compensation	5–30 min.	— (continuous steady state)		2–3	55–75	45–60



OBRÁZEK 8.1 Anaerobní a aerobní požadavky rozdílných sportů.

řevzato se svolení z B.J. Sharkey, 1986, *Coaches guide to sport physiology* (Champaign, IL: Human Kinetics), 100.

AKTIVITA - ENERGETICKÝ PROFIL SPORTOVCE

- příprava 5 min
- SPORT (disciplína), jaké energetické systémy a zdroje energie využívám, při kterých aktivitách (dovednostech) ve svém sportu při soutěži, An/A.

Např. BADMINTON – využívám všechny energetické systémy, při rychlých krátkých výměnách ATP-CP systém, při delších výměnách i LA systém, v pauze mezi výměnami především oxidativní fosforylace; hlavním zdroje které využívám: ATP, CP a glykogen. Výkon je především anaerobní.

- přednést ostatním (max. 1 min)