

Potřeba energie a sacharidů ve vytrvalostních sportech

Mgr. Petr Loskot

LF MUNI, Ústav ochrany a podpory zdraví

26.3.2024

Obsah přednášky

- Trocha fyziologie a biochemie metabolismu sacharidů 😊
- Svalový glykogen
- Co ovlivňuje spalování sacharidů během FA
- Celková potřeba energie u vytrvalostních sportů
- Časování příjmu sacharidů před FA
- Časování příjmu sacharidů během FA
- Časování příjmu sacharidů po FA
- **Shrnutí klíčových bodů prezentace do praxe**

Charakteristiky silových vs. vytrvalostních sportovců

Siloví sportovci	Vytrvalostní sportovci
Maximální síla, silová vytrvalost	Aerobní vytrvalost
Trénink „svalů“	Trénink „metabolismu“
Nízké procento tělesného tuku	Často nízké procento těl. tuku
Větší množství svalové hmoty	Menší podíl svalové hmoty v absolutních kilogramech
Často hmotnostní kategorie	Bez hm. kategorií, nicméně požadavek na nízkou hmotnost
Vysoký příjem bílkovin, příjem energie o něco vyšší než běžná populace	Příjem bílkovin oproti běžné populaci také vyšší, mnohem vyšší požadavky na energii
Odlišný metabolismus během zátěže (CrP, anaerobní glykolýza)	Vyšší zapojení tukového metabolismu

Energetická náročnost silová vs. vytrvalostní aktivita

Pohled skrze MET jednotky

8.0	circuit training, including kettlebells, some aerobic movement with minimal rest, general, vigorous intensity
3.5	Curves™ exercise routines in women
5.0	Elliptical trainer, moderate effort
6.0	resistance training (weight lifting - free weight, nautilus or universal-type), power lifting or body building, vigorous effort (Taylor Code 210)
5.0	resistance (weight) training, squats , slow or explosive effort
3.5	resistance (weight) training, multiple exercises, 8-15 repetitions at varied resistance

1993 Compendium		2000 Compendium		2011 Compendium		Running
Codes	METs	Codes	METs	Codes	METs	Description
12010	6.0	12010	6.0	12010	6.0	jog/walk combination (jogging component of less than 10 minutes) (Taylor Code 180)
12020	7.0	12020	7.0	12020	7.0	jogging, general
		12025	8.0	12025	8.0	jogging, in place
		12027	4.5	12027	4.5	jogging, on a mini-tramp
				12029	6.0	running, 4 mph (15 min/mile)
12030	8.0	12030	8.0	12030	8.3	running, 5 mph (12 min/mile)
12040	9.0	12040	9.0	12040	9.0	running, 5.2 mph (11.5 min/mile)
12050	10.0	12050	10.0	12050	9.8	running, 6 mph (10 min/mile)
12060	11.0	12060	11.0	12060	10.5	running, 6.7 mph (9 min/mile)

Compendium of Physical Activities

Compendium of Physical Activities: Quantifying Physical Activity Energy Expenditure

2024 Compendium of Physical Activities

Published January 17, 2024 in the [Journal of Sport and Health Science](#)

2024 Adult Compendium

2024 Adult Wheelchair Compendium

Older Adult Compendium



Jaké faktory mají největší vliv na výdej energie během fyzické aktivity

Intenzita zátěže
(vyjádřena např. jako hodnota VO_2 max nebo rychlost tepové frekvence)

Délka zátěže

Tělesná hmotnost a tělesné složení sportovce

Povětrnostní podmínky

Věk, pohlaví (souvisí s hmotností a tělesným složením)

Zásoby energetických substrátů: muž 80 kg (15 % tuku)

	Sacharidy	Bílkoviny	Tuky
1) Substráty (g)	Jaterní glykogen (cca 100 g)	Veškeré bílkoviny organismu (17 % TH)	Tuková tkáň (85 % tuku)
2) Substráty (g)	Svalový glykogen (cca 9–15 g/kg svalu)	Plazmatické bílkoviny (cca 70 g)	Intramuskulární tuk (IMTG)
Celkové zásoby (kJ)	Cca 500 g 8500 kJ	Cca 13–14 kg Cca 221 000 kJ	Cca 10,2 kg čistého tuku 387 000 kJ
Zisk energie při oxidaci 1 litrem O ₂	21,1 kJ	18,8 kJ	19,6 kJ
Poznámka:	Exkluzivní palivo pro maximální výkon	Z pohledu získávání energie nežádoucí	Dlouhodobé, „nevyčerpatelné“ palivo

Sacharidy	Tuky	Bílkoviny
1) Svalový glykogen	1) Mastné kyseliny uvolňované z tukové tkáně během zátěže	1) Oxidace (svalových) aminokyselin během zátěže (např. BCAA)
2) Jaterní glykogen	2) Intramuskulární zásoby tuku (IMTG)	2) Tvorba glukózy z aminokyselin v procesu glukoneogeneze
3) Glukóza v krevním oběhu (z jaterního glykogenu nebo z přijímaných sacharidů během zátěže)	3) Ketolátky vznikající při ketóze	
	4) Lipoproteiny (chylomikrony a VLDL lipoproteiny) nesoucí mastné kyseliny v krevním oběhu po požití stravy	

Syntéza a odbourávání glykogenu

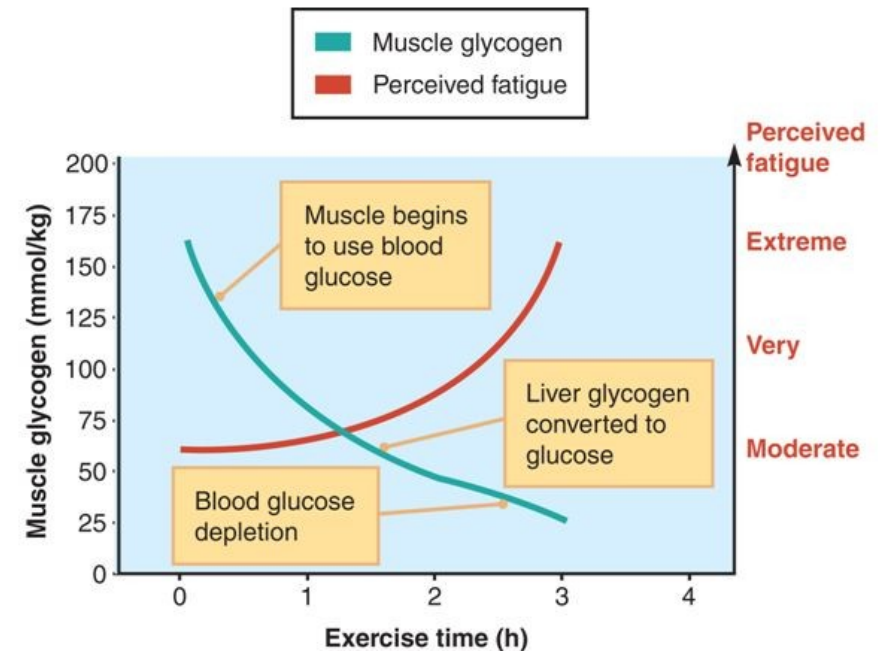
- Glykogen je zásobní formou glukózy v buňkách (svalových a jaterních)
- Jedná se o polysacharid velmi podobný škrobu
- **Glykogen je bohatě větven, aby jeho štěpení mohlo probíhat v různých částech a bylo rychlejší**
- **Větvení také zajišťuje to, že se ho do buňky vejde více**
- **Syntéza glykogenu probíhá typicky za situací, kdy je aktuální přebytek glukózy a buňky si ji chtějí uložit na horší časy**

Hormon	Syntéza	Odbourání
INSULIN	↑	↓
GLUKAGON	↓	↑
ADRENALIN	↓	↑

Odbourávání glykogenu

- K odbourávání svalového glykogenu dochází při:
- 1) Hladovění, nízké hladiny glykemie (**játerní glykogen**)
- 2) Svalová práce (**svalový glykogen**)
- **Enzym fosforyláza** odštěpuje glukózu z řetězce za vzniku glukóza-1-fosfát
- Při odštěpování poslední molekuly v řetězci jednoho větvení vzniká glukóza

Glycogen Depletion and Fatigue Sensation



Lze využít svalový glykogen pro regulaci glykémie? **Cahillův cyklus**

- Proteolýzou ve svalu vznikají volné AMK (např. BCAA)
- BCAA poskytnou svojí aminoskupinu alfa-ketoglutarátu za vzniku glutamátu
- Glutamát může darovat svoji skupinu pyruvátu, který vznikl štěpením svalového glykogenu (glukózy)
- Reakcí pyruvátu s glutamátem (katalyzováno enzymem ALT) vzniká alanin
- Alanin může opustit svalovou buňku a dostat se do jater
- V játrech se z alaninu opět stává pyruvát a zapojuje se do glukoneogeneze
- Vzniká glukóza, která se může zapojit do regulace glykémie

Glykogen... kolik ho máme?

Tkáň	Průměr	Rozmezí
Svalová tkáň	500 g*	300–700 g
Jaterní tkáň	80 g	0–160 g

- Závisí na množství svalové hmoty a zásobách svalového glykogenu
- **Způsoby vyjadřování koncentrace svalového glykogenu ve studiích:**

Mmol glykogenu/ kg svalové hmoty
“wet weight“

Mmol glykogenu/ kg svalové hmoty
“dry weight“

- „Dry weight“ jsou 4,325x vyšší než „wet weight“

Glykogen... kolik ho máme?

Tkáň	Průměr	Rozmezí
Kvadriceps	13,9 g/ 1 kg svalu	9,2–24,9 g/ 1 kg svalu
Deltový sval	9,8 g/ 1 kg svalu	5,3–14 g/ 1 kg svalu
Průměr	11,7 g/ 1 kg svalu	5,3–24,9 g/ 1 kg svalu

- 1 g svalového glykogenu na sebe váže 3 gramy vody

Table VII. Muscle glycogen content in human skeletal muscle (g/100 g wet muscle tissue)

Author	Muscle	n	Mean	Range
Hildes, Sherlock & Walshe Part I (9)	<i>Gastrocnemius</i>	11	1.30	0.78-2.19
" " "	<i>Pectoralis major</i>	15	2.20	1.13-3.89
Schmidt & Hillenbrand (16)	<i>Quadriceps femoris</i>	–	–	0.70-1.56
Nichols (13)	<i>Rectus abdominis</i>	6	1.14	0.53-1.57
Vignos & Warner (22)	<i>Rectus abdominis</i>	11	1.19	0.66-1.65
Present material	<i>Quadriceps femoris</i>	228	1.39	0.92-2.49

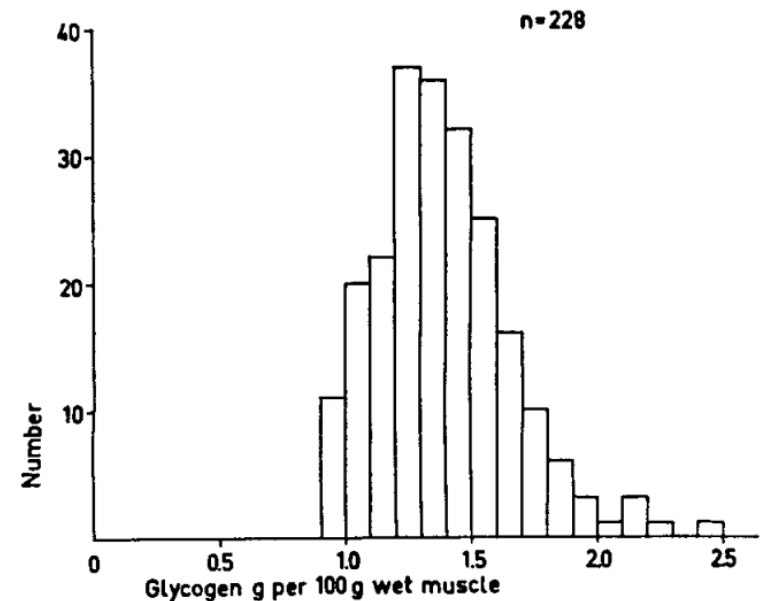


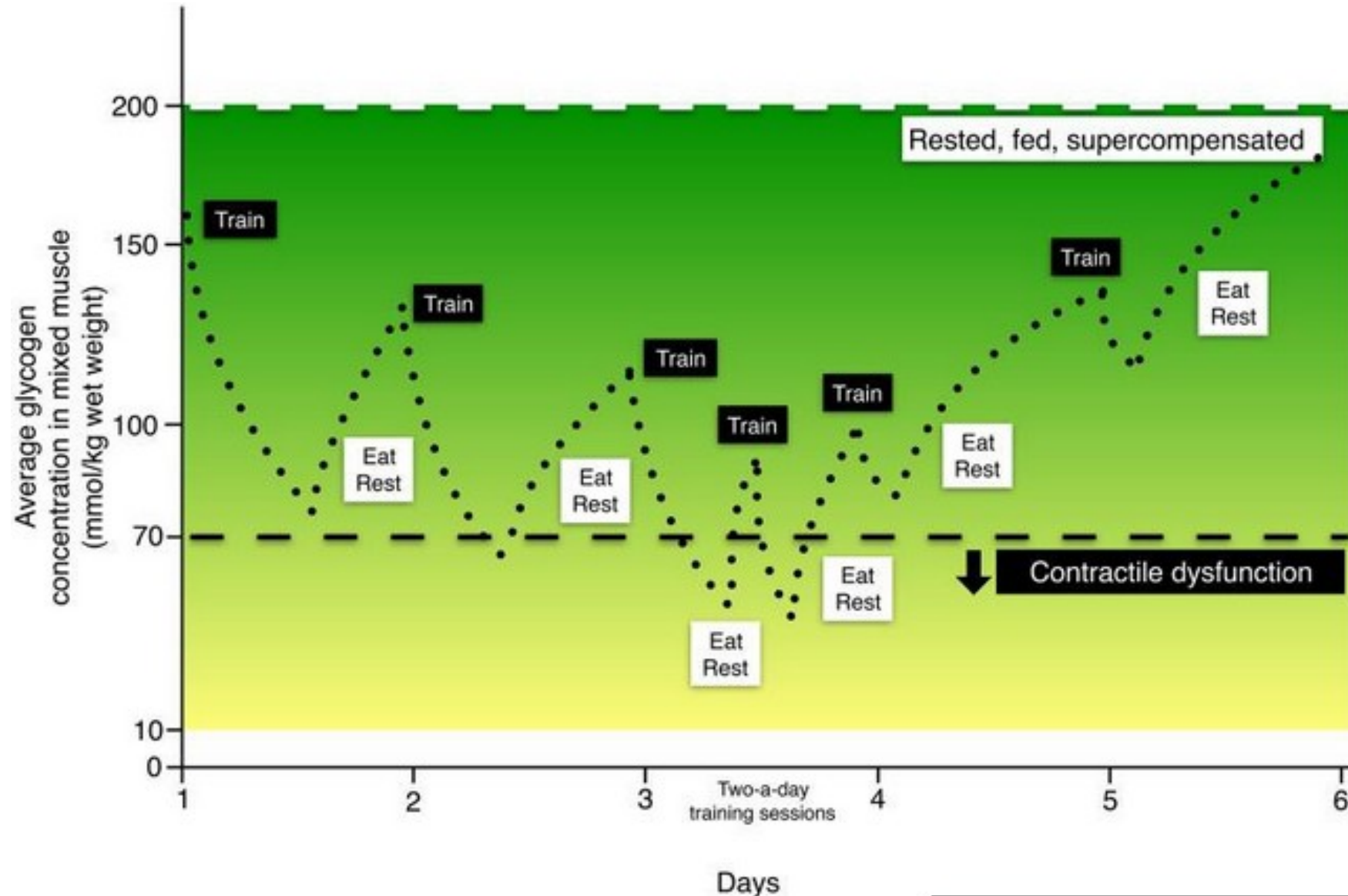
Fig. 1. Distribution of the glycogen concentration values in *m. quadriceps femoris* from 228 normal subjects. The glycogen concentration is given in g/100 g wet muscle tissue.

Glykogen... kolik máme?

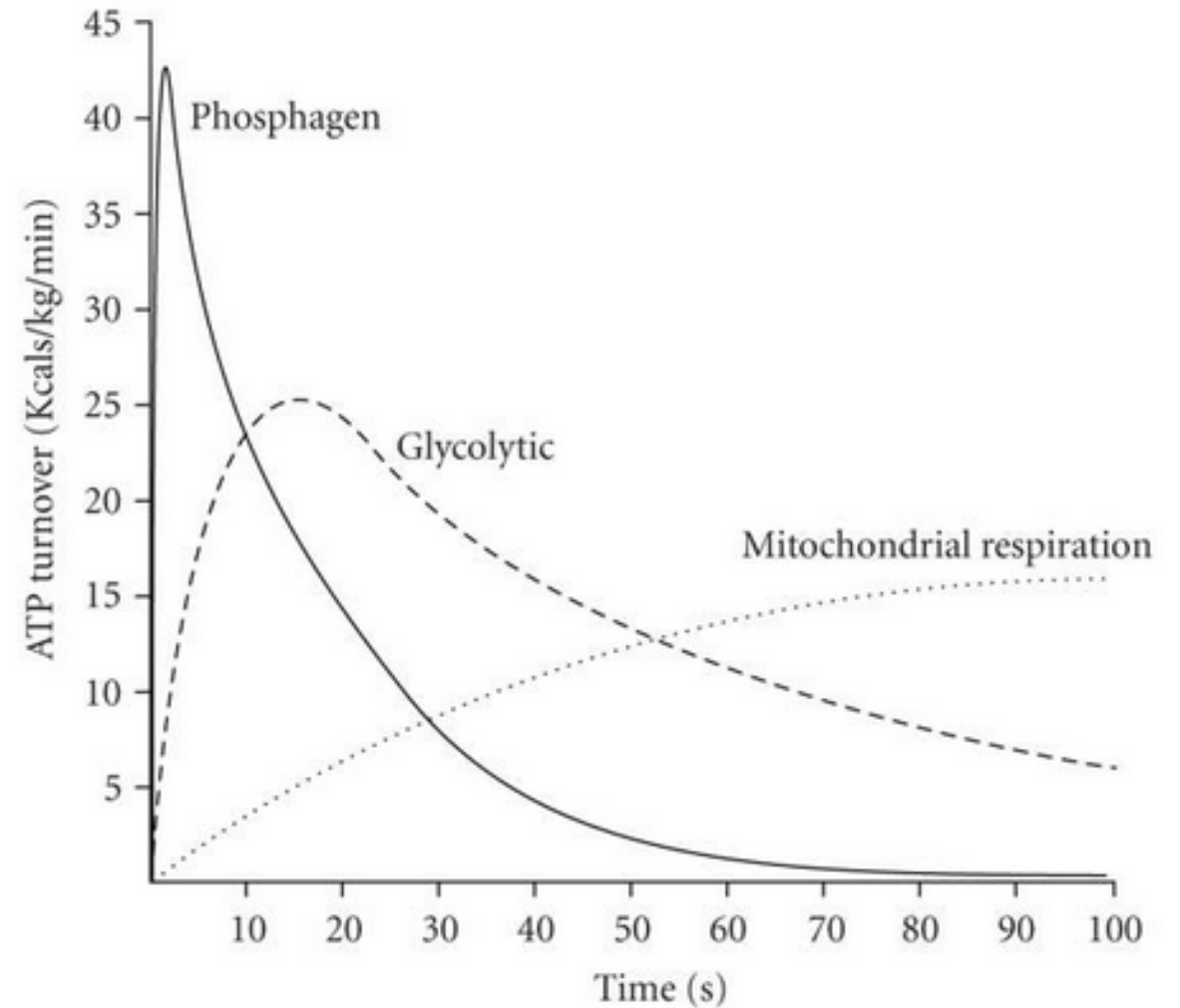
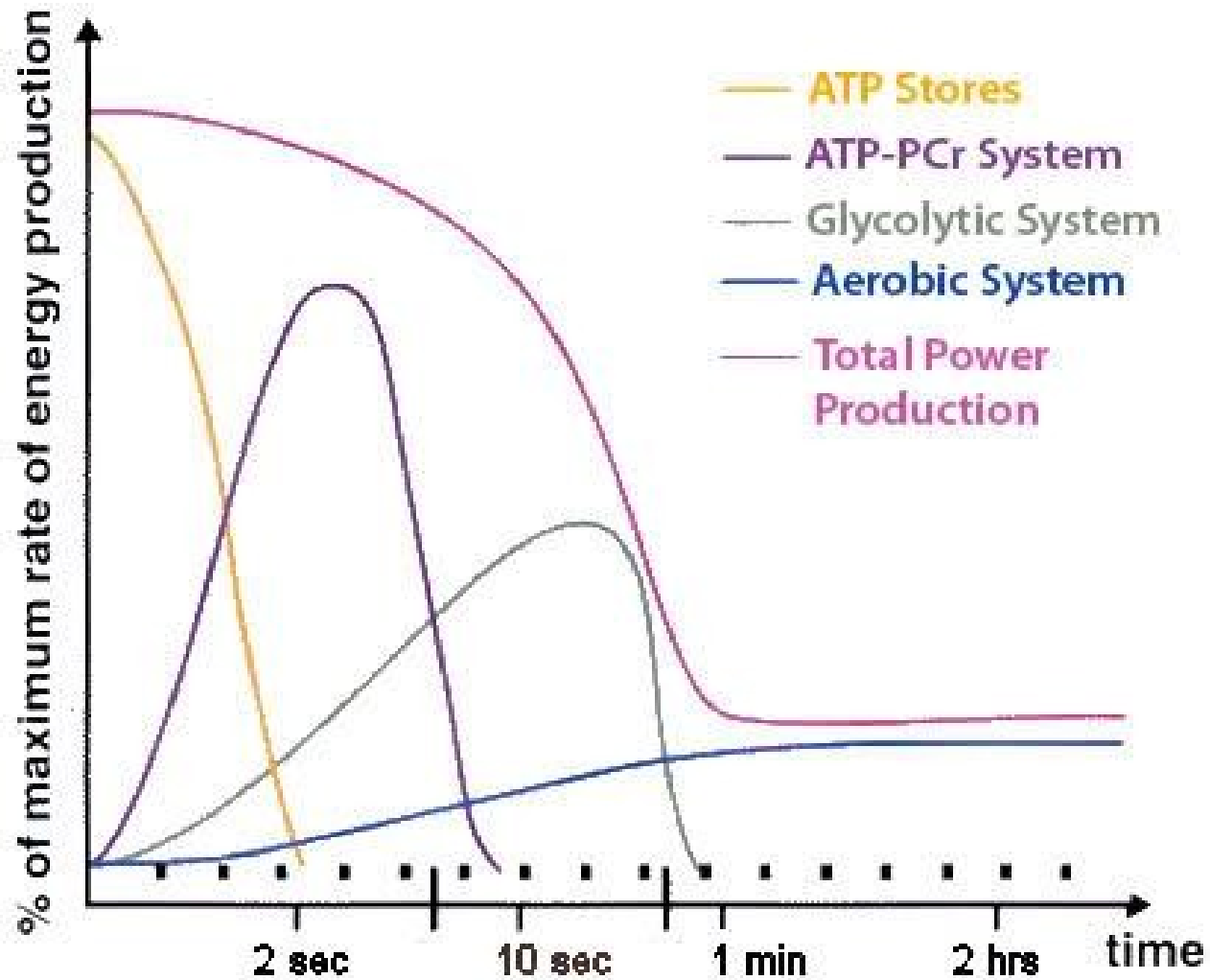
Sportovec	Koncentrace glykogenu
Dobře živený vytrvalostní sportovec po 8–12 hodinách odpočinku	150 mmol/kg wet muscle
Dobře živený vytrvalostní sportovec na vysokosacharidové stravě v superkompenzaci	Až 200 mmol/kg wet muscle

- Po 2 hodinách intenzivní zátěže mohou zásoby glykogenu **klesnout až o 50 %**
- **Při snížení zásob glykogenu pod 70 mmol/kg wet muscle dochází k výraznému snížení výkonu**

Možný vývoj zásob sacharidů ve svalech během každodenní náročné FA

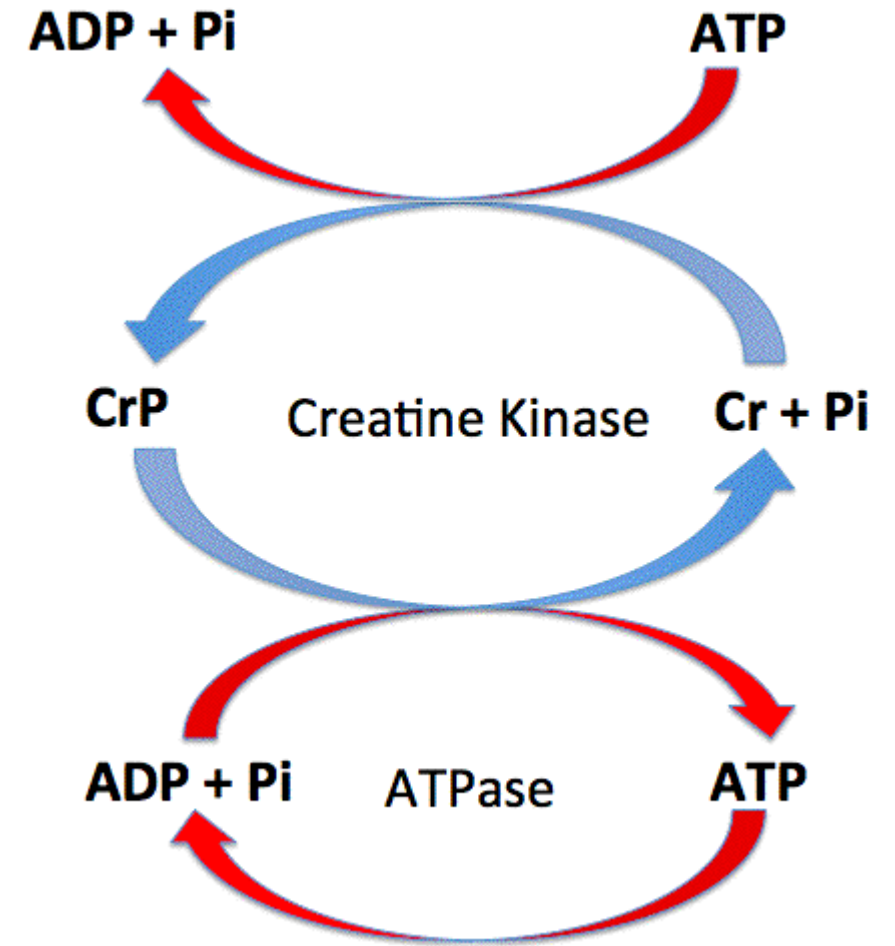


Energetické systémy a jejich zapojení během fyzické aktivity



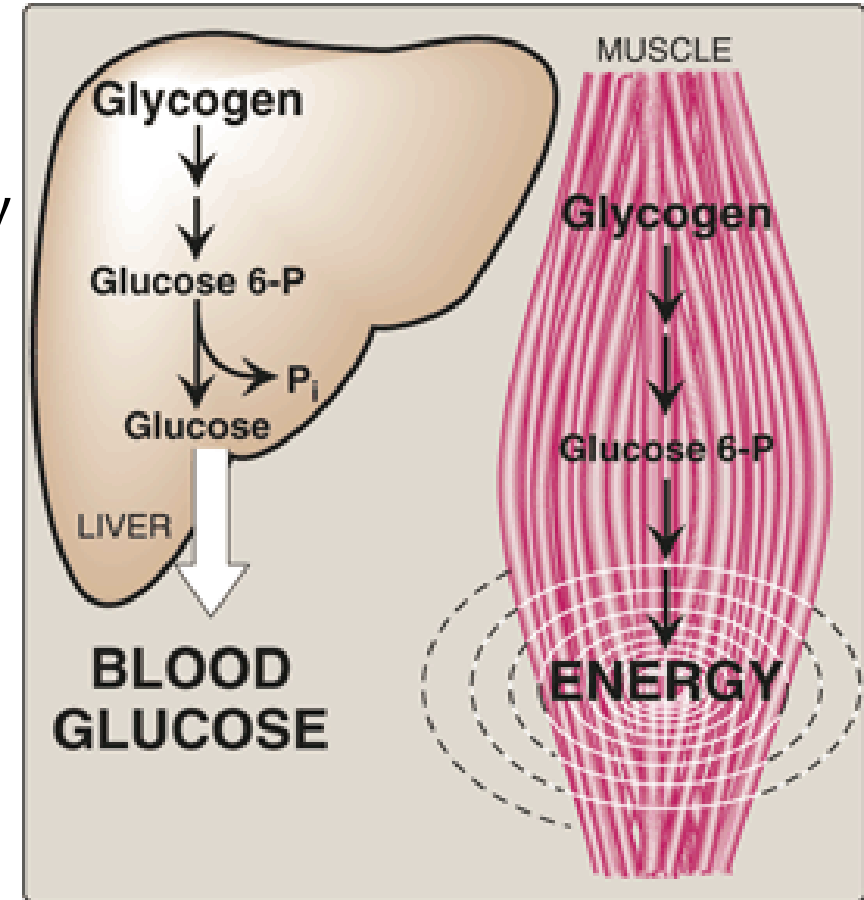
System ATP-CR

- Zásoby ATP ve svalu → energie max. na cca 3 trvání výkonu
- Spotřebované ATP resyntetizováno kreatinfosfátem (CP)
- Celkově tento systém zajišťuje asi prvních 10 s získávání energie
- Převažuje u rychlostních a silových sportů
- Dovoluje podat maximální krátkodobý výkon
- **To je důvod, proč silové/výbušné sporty často využívají kreatin jako doplněk stravy**



Anaerobní glykolýza

- Nejvíce se uplatňuje se u krátkých výkonů
- Výkony s nedostatečným zásobováním kyslíkem pro svaly
- Takové získávání energie spojeno s tvorbou laktátu
- **Substráty pro tvorbu energie ze sacharidů:**
 - 1) Svalový glykogen
 - 2) Glukóza v plazmě
 - 3) Jaterní glykogen uvolňovaný do krve během FA (50 % snížení při 90 minut FA při 70 % peak VO₂)
 - 4) Případně glukóza z glukoneogeneze

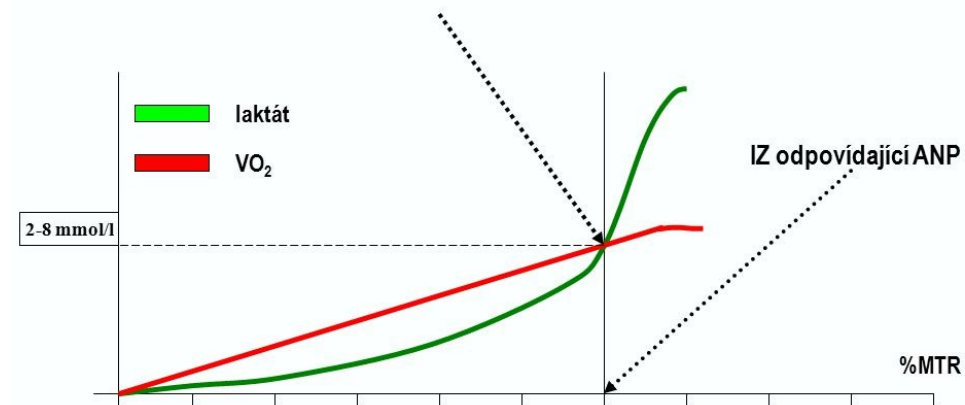


Anaerobní glykolýza

- **Anaerobní práh:** nejvyšší dosažená úroveň rovnovážného stavu nalézající se na hranici aerobně-anaerobní zóny. Jedná se o určitý časový úsek, kdy **v našem těle začíná výrazně nastupovat anaerobní glykolýza se současným vyplavováním laktátu do krevního oběhu**, nejčastěji 4 mmol/l.
- Moment, kdy začíná prudce růst laktát v krvi a organismus ho nestačí odbourávat
- U netrénovaných jedinců na úrovni 50–60 % VO_2 max., u trénovaných cca 85 % VO_2 max.
- Rychlostní sportovci dosahují hodnot laktátu 12–25 mmol/l
- Koncentrace laktátu v klidu 0,6–1,8 mmol/l
- **Co se děje s laktátem?**

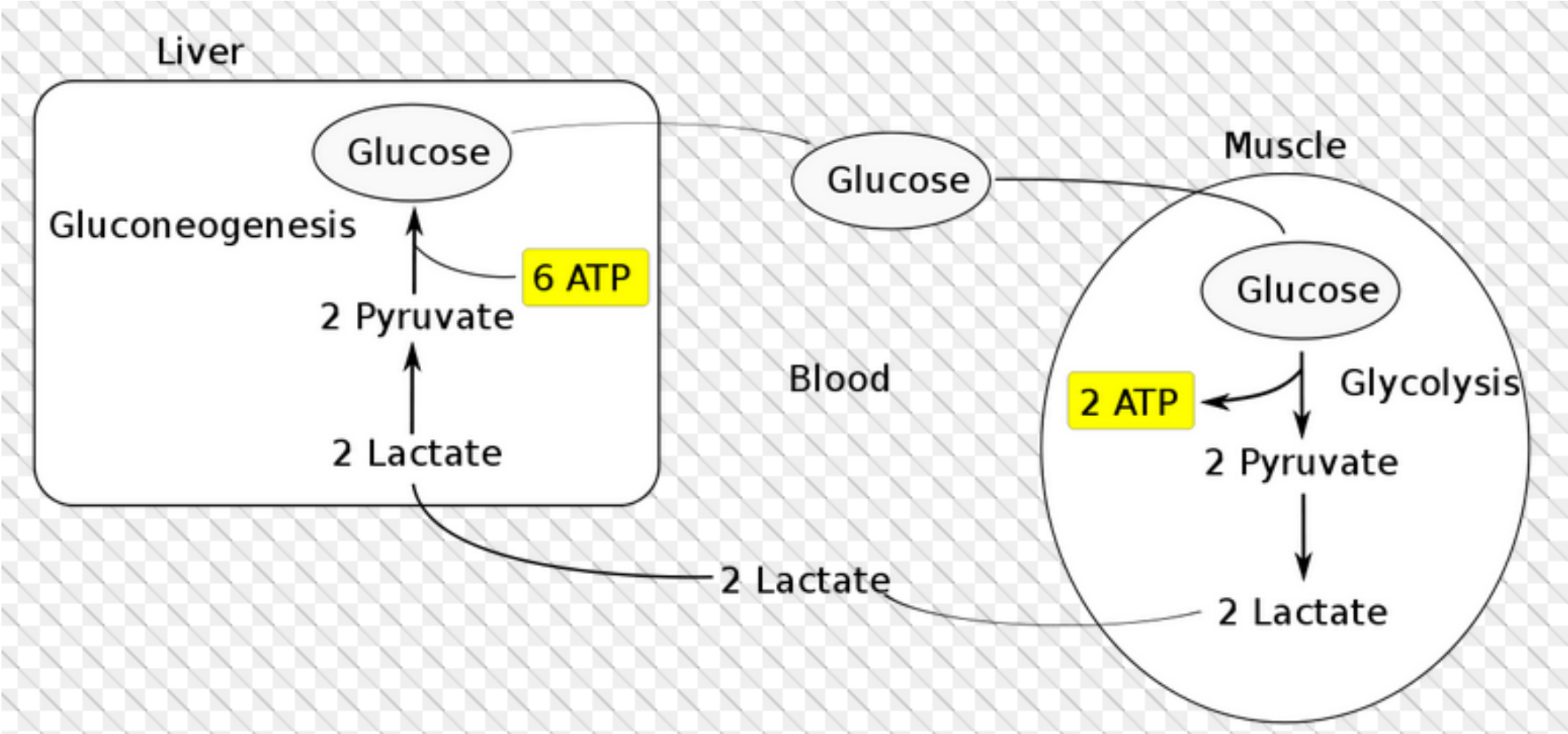
„Anaerobní“ práh (ANP)

Intenzita, při které dochází k porušení dynamické rovnováhy mezi tvorbou a spotřebou laktátu
(porušen maximální laktátový setrvalý stav)



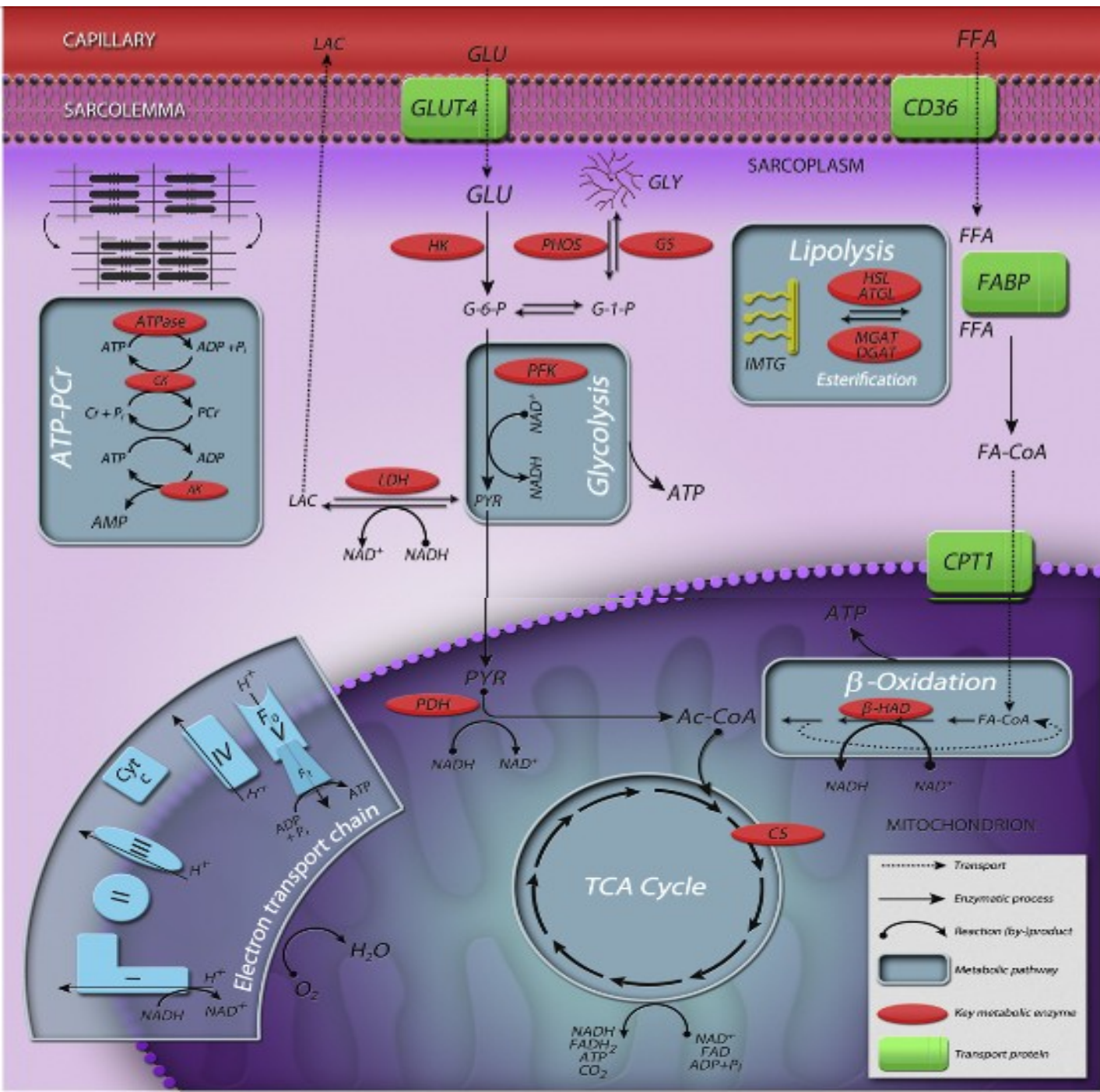
Coriho cyklus a laktát

- Co se děje s laktátem v organismu dále?
- Laktát v místě vzniku (např. anaerobně pracující sval) nemůže být přeměněn zpátky na pyruvát, protože stále není dostatek kyslíku.
- Proto laktát putuje krví do jater, kde je v procesu glukoneogeneze přeměněn zpátky na pyruvát a následně glukózu. Ta může být využita znovu v pracujícím svalu
- Laktát může také spalovat např. srdeční tkáň
- **Coriho cyklus je tedy transportní dráha laktátu do jater, kde z něj může být zpátky vytvořena glukóza**



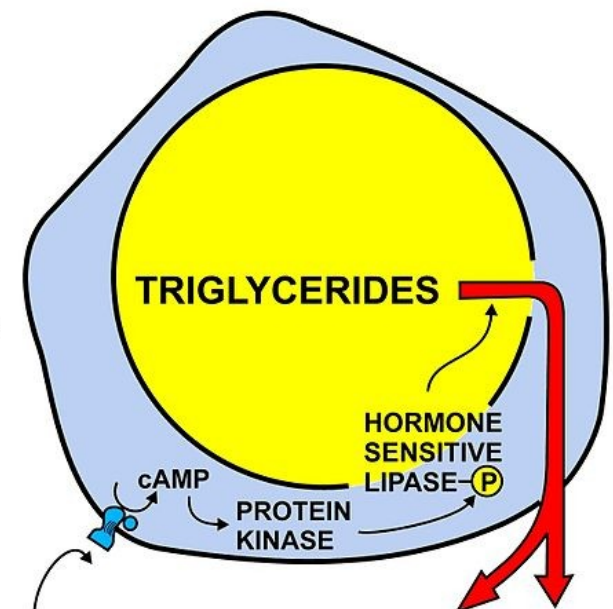
Aerobní získávání energie

- Charakterizován dostatečným přísunem kyslíku pro pracující svalové buňky
- Lze ovlivnit trénovaností (zejména vytrvalostní aktivity)
- **Substráty pro tvorbu energie:**
- **1) Svalový glykogen**
- **2) Glukóza v plazmě** – příjem sacharidů během FA (exogenní zdroje)
- **3) Mastné kyseliny** – tuková tkáň a IMTG, případně ketolátky
- **4) Aminokyseliny** – jejich oxidace během FA nežádoucí, ale děje se (5–10 %)
- V jakém procesu se spalují mastné kyseliny?



LIPOLYSIS

IN THE ADIPOCYTE:

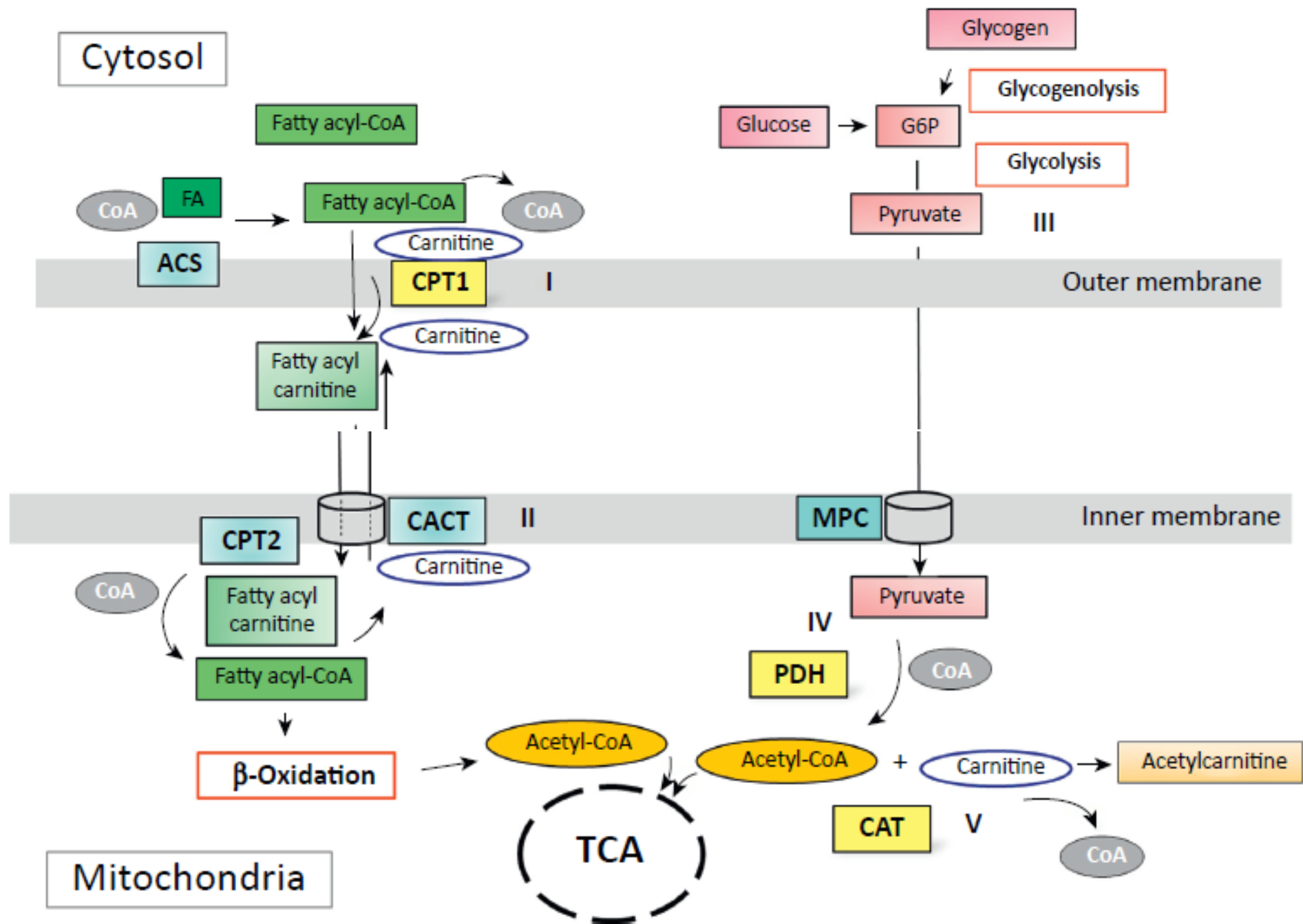


IN THE BLOOD:

EPINEPHRINE

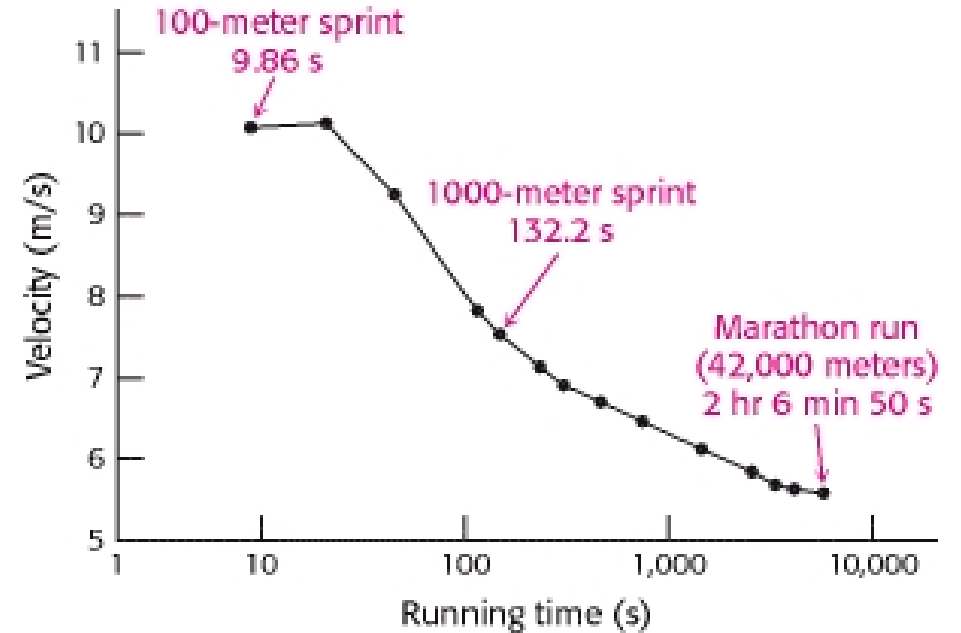
FREE FATTY ACIDS

GLYCEROL



Rychlost získávání ATP z různých substrátů

Jaké palivo je nejefektivnější?



Fuel source	Maximal rate of <u>ATP</u> production (mmol/s)	Total ~P available (mmol)
Muscle <u>ATP</u>		223
Creatine phosphate	73.3	446
Conversion of muscle glycogen into lactate	39.1	6,700
Conversion of muscle glycogen into CO ₂	16.7	84,000
Conversion of liver glycogen into CO ₂	6.2	19,000
Conversion of adipose-tissue fatty acids into CO ₂	6.7	4,000,000

Note: Fuels stored are estimated for a 70-kg person having a muscle mass of 28 kg.

Source: After E. Hultman and R. C. Harris. In *Principles of Exercise Biochemistry*, J. R. Poortmans (Ed.). (Karger, 1988), pp. 78–119.

Srovnání získané energie: sacharidy vs. tuky

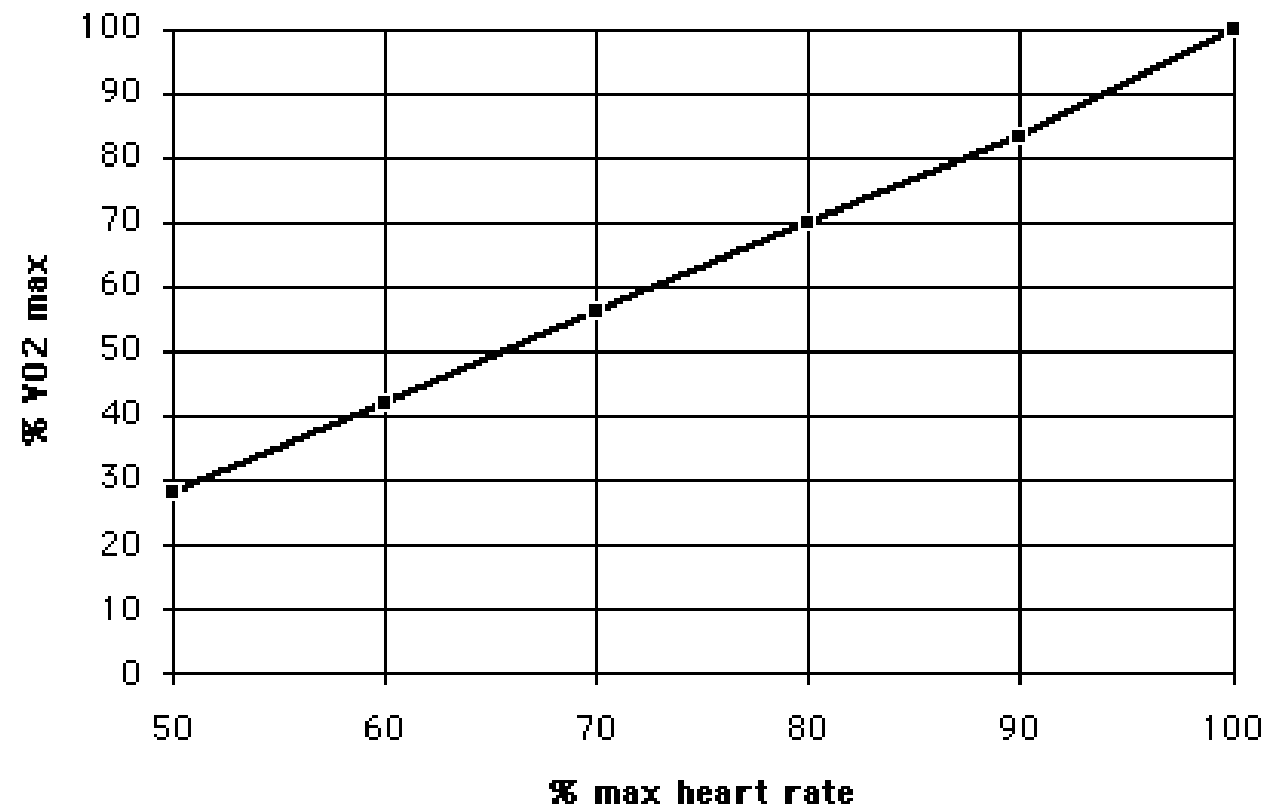
Substrát	Přístup kyslíku	Množství ATP
Glukóza	Anaerobní	2 ATP
Glukóza	Aerobní	36–38 ATP
Kyselina palmitová (mastná kyselina)	Aerobní	129 ATP

Co všechno má vliv na oxidaci sacharidů vs. tuků během fyzické aktivity?

- Intenzita FA
- Délka FA
- Trénovanost jedince
- Pohlaví
- Stav nalačno/po požití stravy
- Výživa (zastoupení sacharidů a tuků) → Stav glykogenových zásob
- Supplementace sacharidy během tréninku → Klíčové u profesionálních sportovců
- Podrobněji si rozebereme v přednášce **Low-carb vs. low-fat a vliv na sportovní výkon**

Využití substrátů během FA různých intenzit

- Intenzita fyzické aktivity nejčastěji vyjádřena jako:
- **% TF max:** procento z maximální tepové frekvence
- **% VO₂ max:** procento z maximálního objemu spotřebovaného kyslíku během FA
- Vztah mezi **% TF max** a **% VO₂ max**:
- **Muži:** % TF max: $0,643 \times \% \text{VO}_2 \text{ max} + 36,8$
- **Ženy:** % TF max: $0,628 \times \% \text{VO}_2 \text{ max} + 39$



Jak orientačně určit výdej energie při sportovních aktivitách i bez fitness hodinek?



- MET jednotky (tzv. metabolic equivalent of task), [Odkaz na webovou stránku](#)
- **1 MET jednotka: zátěž s výdejem energie 1 kcal/kg tělesné hmotnosti za hodinu**
- Pro čistý výdej energie skrze aktivitu nutno odečíst 1 MET jako klidový výdej energie
- MET jednotky lze snadno převést na PAL, které lze připočíst k základnímu výdeji energie, ale lze počítat i s kcal
- Postup pro převod MET na PAL: Počet MET jednotek za danou aktivitu vydělit číslem 22

Hodnoty PAL některých sportovních aktivit

Activity	Examples	Per Hour of Activity	Multiplier PAL
Low Intensity Aerobic (130 HR or lower)	Brisk walking, slow cycling (<13 mph)	1.5 cal/lb (3.3 cal/kg) 2 cal/lb (4.4 cal/kg)	0.15 0.2
Medium Intensity Aerobic (130-150 HR)	Swimming, jogging cycling (13-15mph)	2-3 cal/lb (4.4-6.6 cal/kg)	0.2-0.3
High Intensity Aerobic (160-180 HR)	Cycling (17-18mph), running (6' mile)	3-4 cal/lb (6.6-8.8 cal/kg)	0.3-0.4
Highly Trained Athletes	Cycling (18+mph), running (8' mile or faster)	5-8 cal/lb (10.5-17.6 cal/kg)	0.5-0.8
Weight Training	Recreational Physique/PL/OL	1 cal/lb (2.2 cal/kg) 2 cal/lb (4.4 cal/kg)	0.1 0.2-0,35
Team Sports (variable)	Volleyball Basketball Soccer	1-2 cal/lb (2.2-4.4 cal/kg) 3.75 cal/lb (8.25 cal/kg) 6 cal/min (13.2 cal/kg)	0.1-0.2 0.375 0.6

MET jednotky u vytrvalostních sportů

Sport	MET jednotky
Cyklistika, rychlost nad 30 km/hod, závodní tempo	14–15,8
Veslování na stroji, vysoké úsilí	12
Sportovní tanec	11,3
Běh cca 10 km/h, 15 km/h, 20 km/h	10,5; 14,5; 23
Kolektivní sporty	8–10
Běžecké lyžování	12–15

Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: the Tour de France.

Saris WH¹, van Erp-Baart MA, Brouns F, Westerterp KR, ten Hoor F.

⊕ Author information

Abstract

Food intake and energy expenditure (EE) were studied in five cyclists during the 22-day race of the Tour de France. The course is about 4000 km including 30 mountain passages (up to 2700 m altitude) and can be considered as one of the most strenuous endurance endeavors. Nutritional intake was calculated from daily food records. EE was estimated from sleeping time and the low activity period. EE during cycling was predicted based on detailed information. Mean energy intake (EI) was 24.7 MJ with a highest mean daily EI of 32.4 MJ. Mean EE was 25.4 MJ with a highest mean daily EE of 32.7 MJ. Relative contribution of protein, CHO, and fat was 15, 62, and 23 En% resp. 49% of EI was taken during the race resulting in a CHO intake of 94 g.h⁻¹ representing 69 en%. It is questioned whether this amount of CHO is optimal in relation to CHO oxidation and performance. About 30% from CHO intake came from CHO-rich liquids. High EI resulted in high Ca and Fe intake. For vitamins, especially B1, this relation was not found. Vitamin B1 nutrient density dropped to 0.25 mg/4.2 MJ during the race caused by a large intake of refined CHO-rich food items. However, vitamin supplementation was high. Daily water intake was 6.71 with extremes up to 11.81. Therefore, the strategy of intake of large quantities of CHO-rich liquids seems to be the appropriate answer to maintain energy and fluid balance under these extreme conditions.

Příjem sacharidů ve vytrvalostním sportu

Doporučení pro příjem sacharidů ve vytrvalostních a jiných sportech (American College of Sports Medicine, 2016)

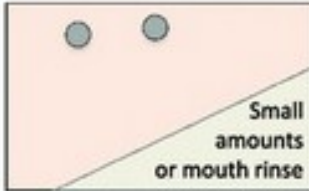
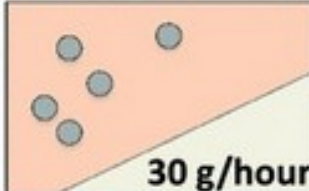
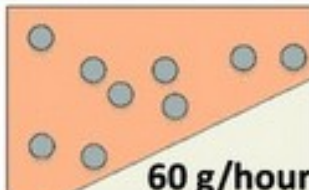
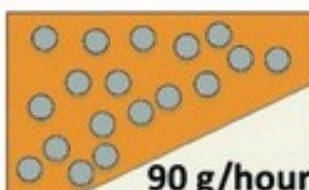
Úroveň aktivit	Příjem sacharidů	Poznámka
Lehká	3–5 g/ kg TH	Nízká intenzita, „rekreační hodina fyz. aktivity denně“ (chůze, jóga, lehká jízda na kole) – „mohu normálně mluvit nebo zpívat během FA“
Střední	5–7 g/kg TH	Cca 1 hod FA/d („mohu jenom mluvit“)
Vysoká	6–10 g/kg TH	1–3 hod FA/d
Velmi vysoká	8–12 g/kg TH	Více jak 4–5 hod FA/d

Doporučení pro příjem sacharidů ve vytrvalostních sportech – **Speciální situace** (**American College of Sports Medicine, 2016**)

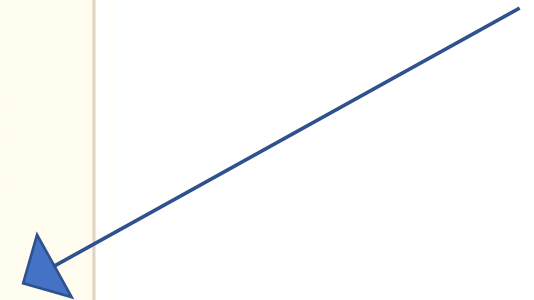
Situace	Příjem sacharidů
„Nacukrování“ před závodem trvajícím ne déle než 90 minut	Přijmout 7–12 g/kg TH 24 hodin před závodem
„Nacukrování“ před závodem trvajícím déle než 90 minut	10–12 g/kg TH každých 24 hodin 36–48 hodin před závodem
Méně než 8 hodin pauza mezi dvěma náročnými fyzickými aktivitami	1–1,2 g/kg TH první 4 hodiny po 1. zátěži, pak dle normálního příjmu

Doporučení pro příjem sacharidů – Během zátěže

(American College of Sports Medicine, 2016)
(Carbohydrate Intake During Exercise, Jeukendrup, 2014)

Duration of exercise	Amount of carbohydrate needed	Recommended type of carbohydrate	Additional recommendation
30–75 minutes	 Small amounts or mouth rinse	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training recommended
1–2 hours	 30 g/hour	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training recommended
2–3 hours	 60 g/hour	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training highly recommended
> 2.5 hours	 90 g/hour	ONLY multiple transportable carbohydrates	Nutritional training essential

„Trénink GITu“, jak jsme se bavili na konci přednášky



Sacharidy ve výživě a transportéry ve střevě (Glucose Plus Fructose Ingestion for Post-Exercise Recovery: Greater than the Sum of Its Parts?, Gonzales, 2017)

Table 1

Common dietary carbohydrates, their constituent monomers and major intestinal transport proteins.

Carbohydrate	Chain Length	Constituent Monomers	Bonds	Apical Membrane Intestinal Transport Protein(s)
Glucose	1	-	-	SGLT1; GLUT2; GLUT12
Fructose	1	-	-	GLUT5; GLUT2; GLUT7; GLUT8; GLUT12
Galactose	1	-	-	SGLT1; GLUT2
Maltose	2	Glucose + Glucose	α -1,4-glycosidic	SGLT1; GLUT2; GLUT8/12
Sucrose	2	Glucose + Fructose	α -1,2-glycosidic	SGLT1; GLUT5; GLUT2; GLUT7; GLUT8 GLUT12
Isomaltulose	2	Glucose + Fructose	α -1,6-glycosidic	SGLT1; GLUT5; GLUT2; GLUT7; GLUT8 GLUT12
Lactose	2	Glucose + Galactose	β -1,4-glycosidic	SGLT1; GLUT2; GLUT12
Maltodextrin	~3-9	Glucose + Glucose...	α -1,4-glycosidic	SGLT1; GLUT2; GLUT12
Starch	>9 (typically >300)	Glucose + Glucose...	α -1,4- and α -1,6- glycosidic	SGLT1; GLUT2; GLUT12

- Maximální oxidace exogenně dodávané glukózy cca 1,2 g/min
- Maximální rychlost oxidace exogenní glukózy+fruktózy cca 1,7 g/min (tj. zhruba 90 g sacharidů za hodinu)

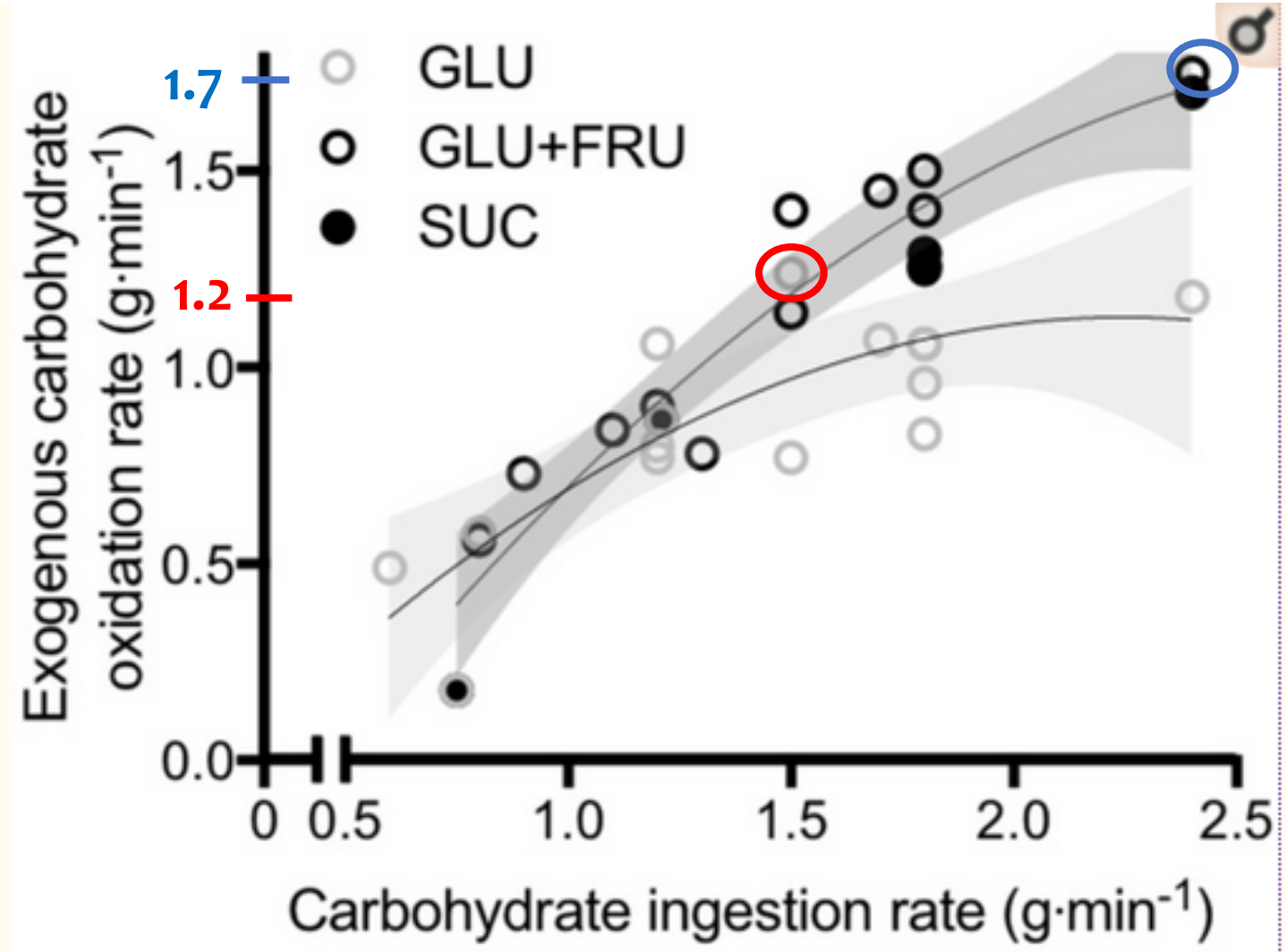


Figure 1

Peak exogenous carbohydrate oxidation rates during exercise in studies that directly compared glucose (polymer) ingestion alone (GLU), vs. either glucose plus fructose co-ingestion (GLU + FRU), or sucrose ingestion (SUC). Each symbol represents the mean from a single study. The light grey shaded area represents the 95% confidence intervals for GLU and the dark grey shaded area represents the 95% confidence intervals for GLU + FRU and SUC. Data extracted from references [22,23,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66].

Limitující kroky v absorpci sacharidů při průchodu GIT a následné oxidaci ve svalech při zátěži



Praktické doporučení: Výživa před výkonem

Hobby sportovci

Pro dobrý výkon při sportu důležitý obsah sacharidů v jídlech za posledních cca 48 hodin až do posledního jídla před aktivitou

Poslední jídlo před tréninkem: cca 90–120 minut. Lehce stravitelné, chutné.
Obsah sacharidů v posledním jídle dle celkového příjmu v jídelníčku (cca do 1 g/kg TH)

Vše je třeba individualizovat

**Hobby sportovci mnohem nižší potřeba živin
(často záměr hubnout díky FA sportování „pro radost“)**

- Pozor na vysoký příjem vlákniny a špatně stravitelných sacharidů zejména v době před výkonem (do 4 hodin před výkonem)

Praktické doporučení: Výživa před výkonem Profi sportovci

Doporučení pro vytrvalostní sportovce před závodem (superkompenzace)

1) 24–48 hodin před závodem strava bohatá na sacharidy dle doporučení podle délky závodu (viz slajd č. 32)

2) 1–4 hodiny před výkonem přijmout 1–4 g/kg TH

3) Pozor na vysoké dávky rychlých sacharidů těsně (60–30 min.) před výkonem – zvýšení hladiny inzulínu → snížení využívání MK → svaly závislé na S → hypoglykémie

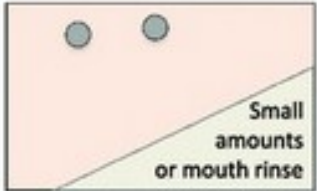
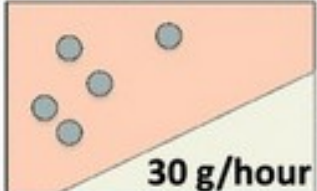
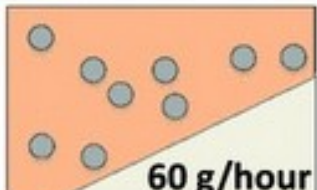
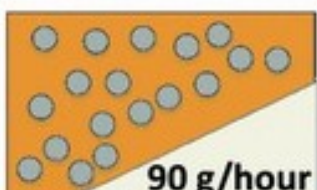
4) Možné je přijmout sacharidy těsně před výkonem 5–15 min (nápoj s 30–50 g S)

- Pozor na vysoký příjem vlákniny a špatně stravitelných sacharidů zejména v době před výkonem (do 4 hodin před výkonem)

Ideální koncentrace nápoje pro příjem sacharidů během zátěže

Pro vytrvalostní zátěž se proto jeví jako nejlepší isotonický iontový nápoj s koncentrací sacharidů 6–8 %, který se dobře vstřebává z trávicího traktu do krve a dodá jak tekutiny, tak zároveň podstatné množství sacharidů. Sportovec by měl prostřednictvím tohoto nápoje přijmout 0,4–0,8 l tekutiny za hodinu.

Prostřednictvím tohoto nápoje by měli profesionální sportovci přijímat (American College of Sports Medicine, 2016) (Carbohydrate Intake During Exercise, Jeukendrup, 2014)

Duration of exercise	Amount of carbohydrate needed	Recommended type of carbohydrate	Additional recommendation
30–75 minutes	 Small amounts or mouth rinse	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training recommended
1–2 hours	 30 g/hour	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training recommended
2–3 hours	 60 g/hour	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training highly recommended
> 2.5 hours	 90 g/hour	ONLY multiple transportable carbohydrates	Nutritional training essential

Praktické doporučení: Výživa během výkonu, Hobby sportovci

Doporučení

- 1) Při zátěži trvajících 60–120 minut se každou hodinu zátěže snažte přijmout alespoň 30 g sacharidů. Při náročnějších aktivitách se potřeba **může vyšplhat** až k 60 g sacharidům za hodinu. **NENÍ TŘEBA POUŽÍVAT VÍCE DRUHŮ SACHARIDŮ**
- 2) Tento příjem sacharidů může být kryt ze sacharidového gel, či energetické tyčinky, případně vlastnoručně vytvořeného iontového nápoje viz předchozí slajd
- 3) Základní **příjem tekutiny skrze iontový nápoj** by se měl pohybovat v rozmezí **0,4–0,8 l za hodinu** a může se dále zvyšovat. Při příjmu 60 g sacharidů za hodinu to odpovídá zhruba 750 ml nápoje.
- 4) Alternativou pro rekreační aktivity může být prostě „jen“ sladký nápoj nebo kus ovoce

Praktické doporučení: Výživa během výkonu, Výkonnostní/profi sportovci

Doporučení

- 1) Při zátěži trvajících **60–120 minut** se každou hodinu zátěže snažte přijmout alespoň **30 g sacharidů**, možná však bude třeba zvýšit příjem až k 60 gramům. Při náročnějších a delších aktivitách přesahujících **2,5 hodiny**, může být nutnost příjmu až **90 gramů sacharidů za hodinu**.
- 2) Spíše než gely a energetické tyčinky jsou v takovém případě vhodnější vlastnoručně vytvořené iontové nápoje s různými sacharidy (čistá glukóza, maltodextrin, fruktóza, sacharóza či vitargo) o **koncentraci 6–8 %** (tj. 6–8 g sacharidů ve 100 ml nápoje).
- 3) Při nutnosti doplňování sacharidů v množství vyšším než **1,2 g/min** (tj. cca **60–72 g za hodinu**) je **NUTNÉ ke glukóze přidat i fruktózu v poměru 2:1** (při příjmu **90 g sacharidů za hodinu to je 60 g glukózy a 30 g fruktózy**).
- 4) Základní **příjem tekutiny skrze iontový nápoj** by se měl pohybovat v rozmezí **0,4–0,8 l za hodinu** a může se dále zvyšovat. Při příjmu 60 g sacharidů za hodinu to odpovídá zhruba 750 ml nápoje, při příjmu 90 g sacharidů za hodinu až 1250 ml.
- 5) Iontový sportovní nápoj můžete doplnit o **5–10 gramů BCAA** pro oddálení pocitu únavy, ideálně v jejich instantní formě.

Obecné cíle doplnění živin po vytrvalostní fyzické aktivitě

Důležité pro nastartování regeneračních procesů po výkonu:

Podpora svalové proteosyntézy (MPS) po výkonu
Zastavení svalového katabolismu (MPB)

Regenerace (obnova) svalového a jaterního glykogenu

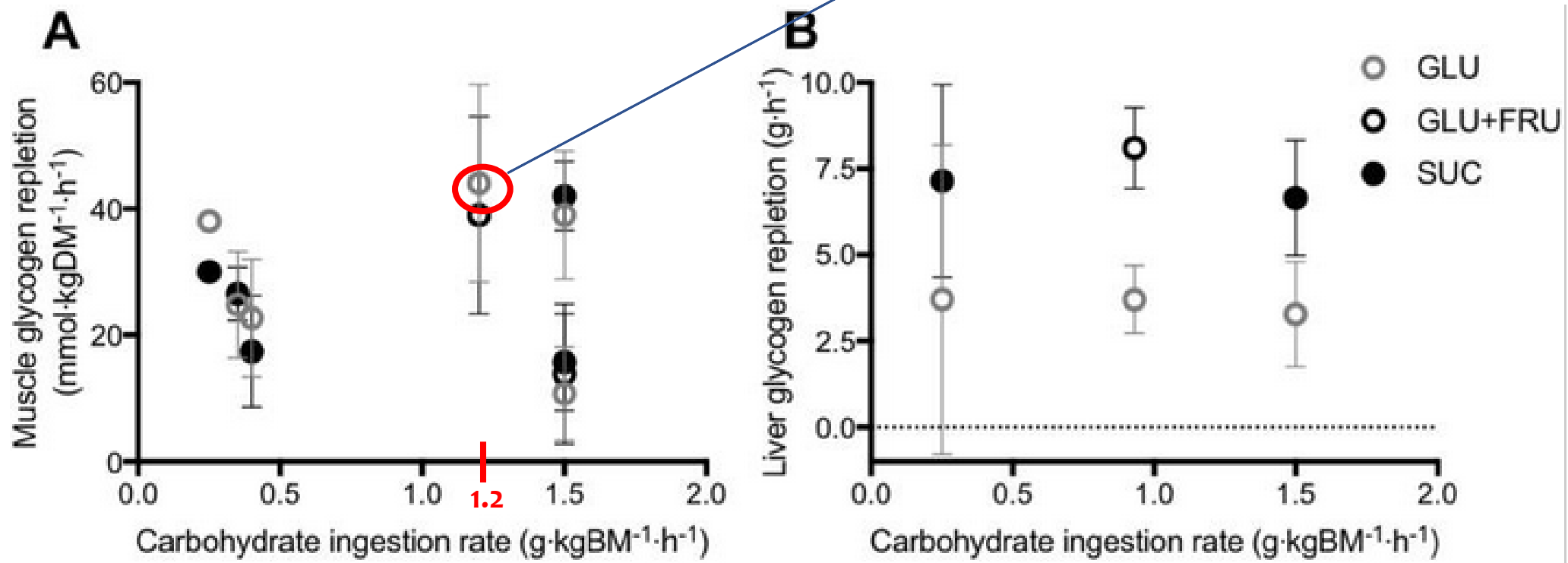
Doplnění ztracených tekutin

Doplnění ztracených minerálních látek (iontů)

Praktické doporučení: Výživa po výkonu

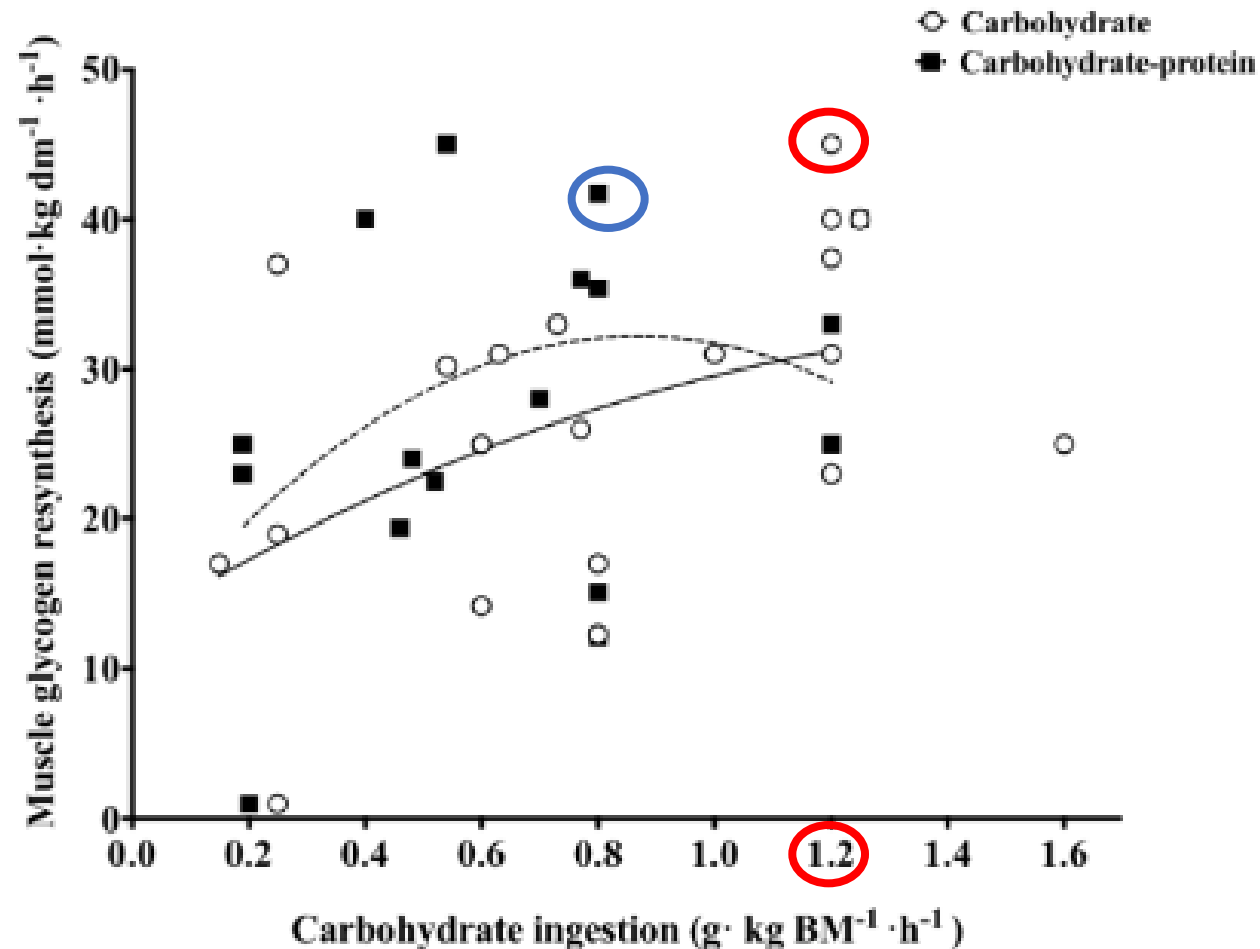
- Regenerace svalového a jaterního glykogenu

Ze studií vyplývá, že nejrychleji se svalový glykogen doplňuje při příjmu cca 1,2 g/kg TH/h



Praktické implikace: Výživa po výkonu

- Regenerace svalového a jaterního glykogenu



Praktické doporučení: Výživa po výkonu

Obnova svalových glykogenových zásob ve 2 fázích:

- **1) Velmi rychlá do 60 min. po zátěži – nezávislá na inzulinu pro GLUT4 transportéry**
- **2) Pomalejší dalších cca 48 h po zátěži – mnohem pomalejší oproti 1. fázi, závislá na inzulinu**

Fáze	Rychlost doplňování	Poznámka
1) Fáze rychlá (někdy uváděno pouze 30–40 minut)	12–30 mmol/kg wet muscle/hod	Klíčová pro výkonnostní sportovce
2A) Pomalá s dostatečným příjmem sacharidů (cca 1–1,2 g/kg/hodina), trvá cca jen 4–5 hodin	8–12 mmol/kg wet muscle/hod	„Pořád dobrá příležitost“
2B) „Další zpomalení“ po úvodních 4–5 hodinách	Cca 4–6 mmol/kg wet muscle/hod	
2C) Pomalá bez příjmu sacharidů (při normální glykemii)	1–2–3 mmol/kg wet muscle/hod	

Praktické doporučení: Výživa po výkonu

Konečný verdikt

- Celkový příjem sacharidů po výkonu se odvíjí od celkové ztráty svalového glykogenu, celkového výdeje energie a **také nutnosti rychlého doplnění sacharidů do svalů pro případnou další následující zátěž**
- Hobby doporučení:

Fáze příjmu	Příjem
1) Rychlá obnova glykogenu (pokud je nutná)	Příjem 1–1,2 g/kg sacharidů TH, případně 0,8–1,0 g/kg S + 0,3–0,4 g/kg B
2) Pomalejší fáze	Za cca 60–120 minut další „pevné jídlo“ s obsahem podobného množství živin

Praktické doporučení: Výživa po výkonu

Konečný verdikt

- Celkový příjem sacharidů po výkonu se odvíjí od celkové ztráty svalového glykogenu, celkového výdeje energie a nutnosti rychlého doplnění sacharidů do svalů pro případnou další následující zátěž. **U výkonnostních/profi sportovců bude nutnost časného doplnění svalového glykogenu vyšší**
- Profi doporučení:

Fáze příjmu	Příjem
1) Rychlá obnova glykogenu	Příjem 1,2 g/kg sacharidů TH, případně 0,8–1,0 g/kg S + 0,3–0,4 g/kg B
2) Další cílené doplňování glykogenu po zátěži (V případě potřeby)	První 4 hodiny příjem 1,2 g/kg/TH sacharidů každou hodinu (+ možnost přidat zdroj proteinů podle denního příjmu)
3) „Pevné jídlo“	Po této fázi „pevné jídlo“ s obsahem podobného množství živin jako v 1. fázi

Nejdůležitější body přednášky

1) Celkový příjem sacharidů v jídelníčku

2) Příjem sacharidů před závodem (superkompenzace), před aktivitou
Rozlišovat hobby/rekreační sport vs. výkonnostní/profi sportovce

3) Doporučení pro příjem sacharidů během zátěže - zdroje, množství živin
Rozlišovat hobby/rekreační sport vs. výkonnostní/profi sportovce

4) Doplnění sacharidů po fyzické zátěži - zdroje, množství živin
Rozlišovat hobby/rekreační sport vs. výkonnostní/profi sportovce

5) Celkově schopnost rozlišovat značně rozdílné potřeby sportovců
Hobby/rekreační sport vs. výkonnostní/profi sportovce