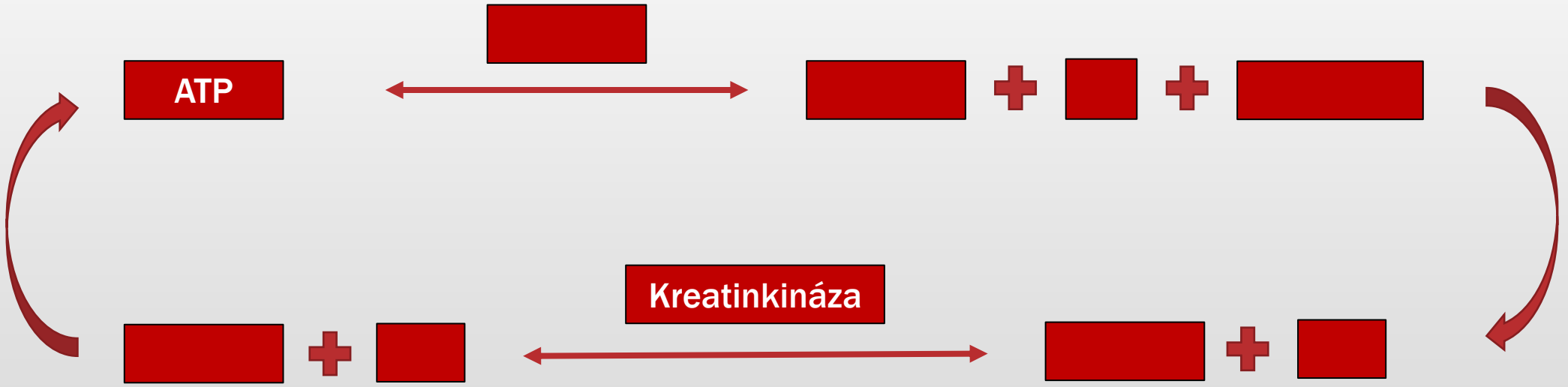
METABOLISMUS a ÚNAVA

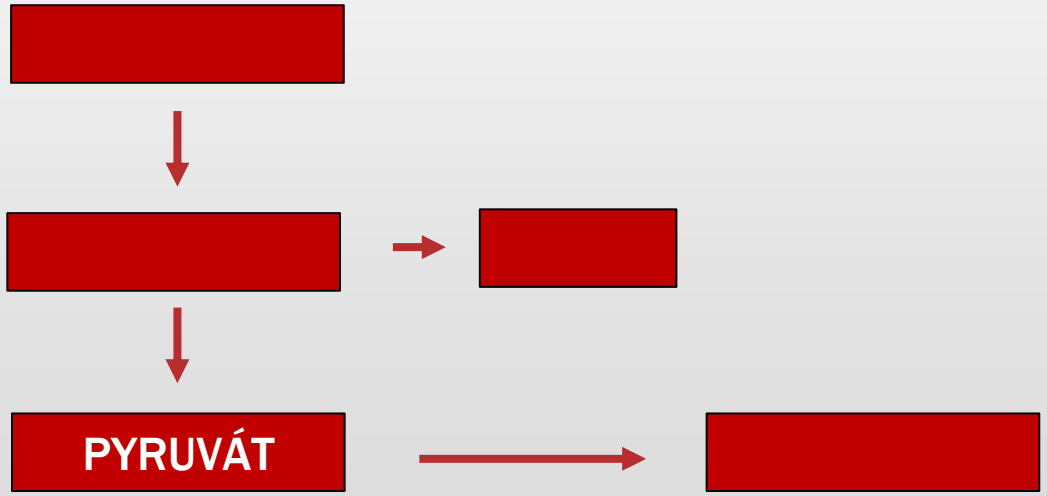
OPAKOVÁNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY

SYSTÉM:



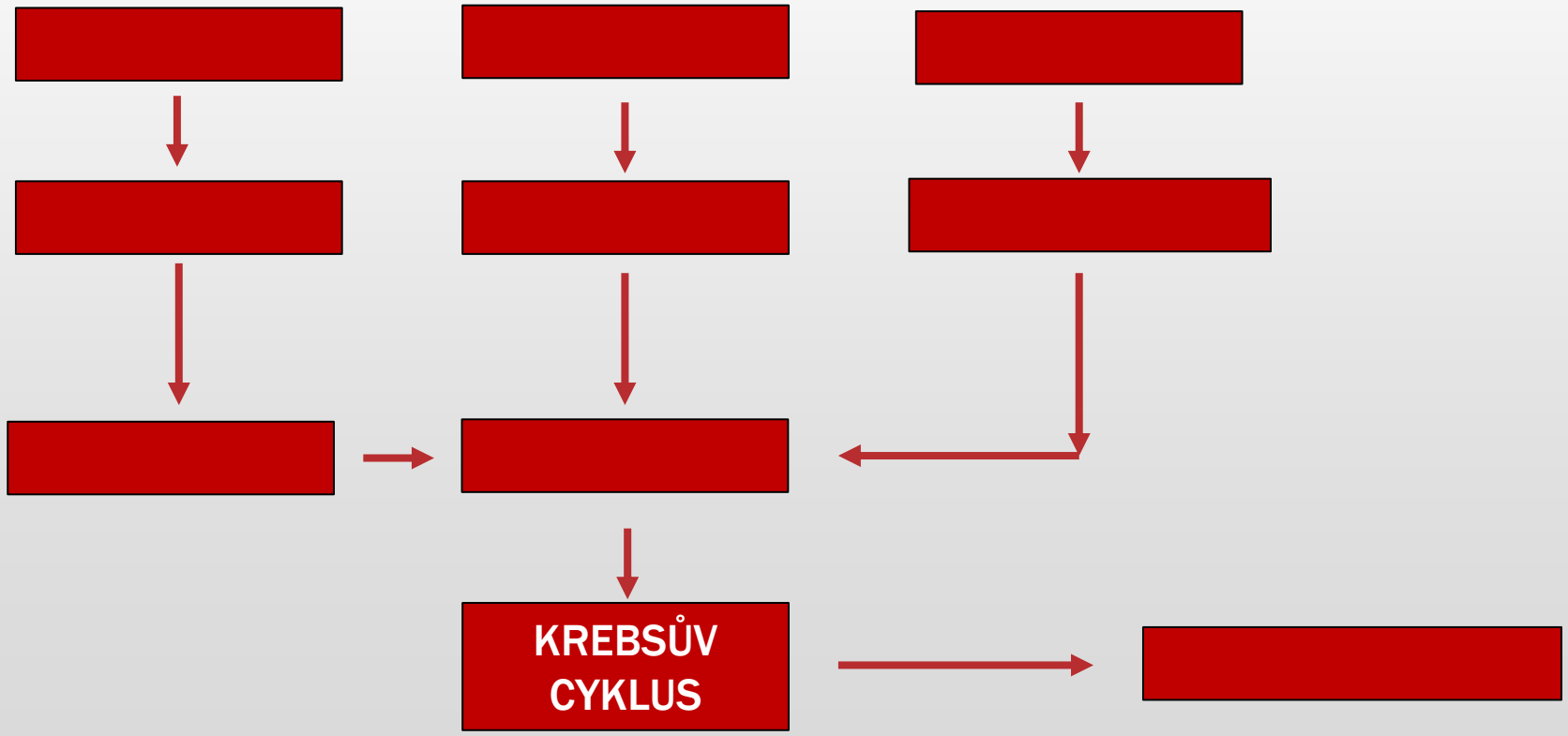
OPAKOVÁNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY

SYSTÉM:



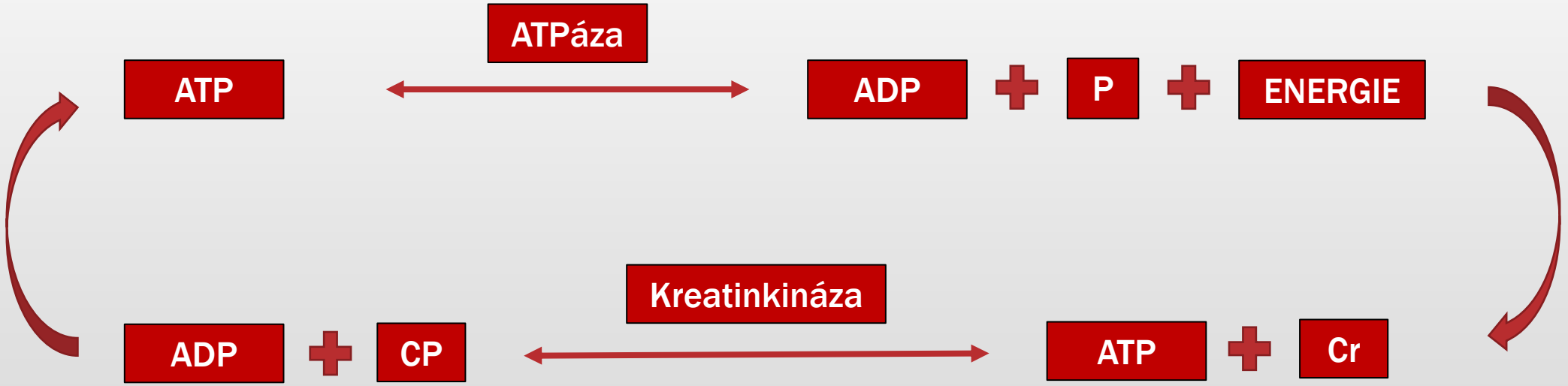
OPAKOVÁNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY

SYSTÉM:



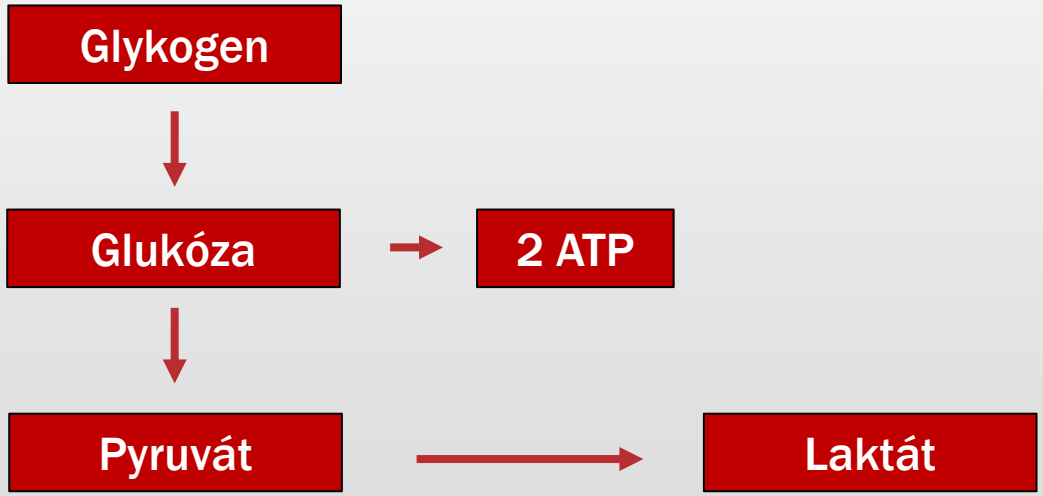
OPAKOVÁNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY

SYSTÉM: ATP-CP SYSTÉM



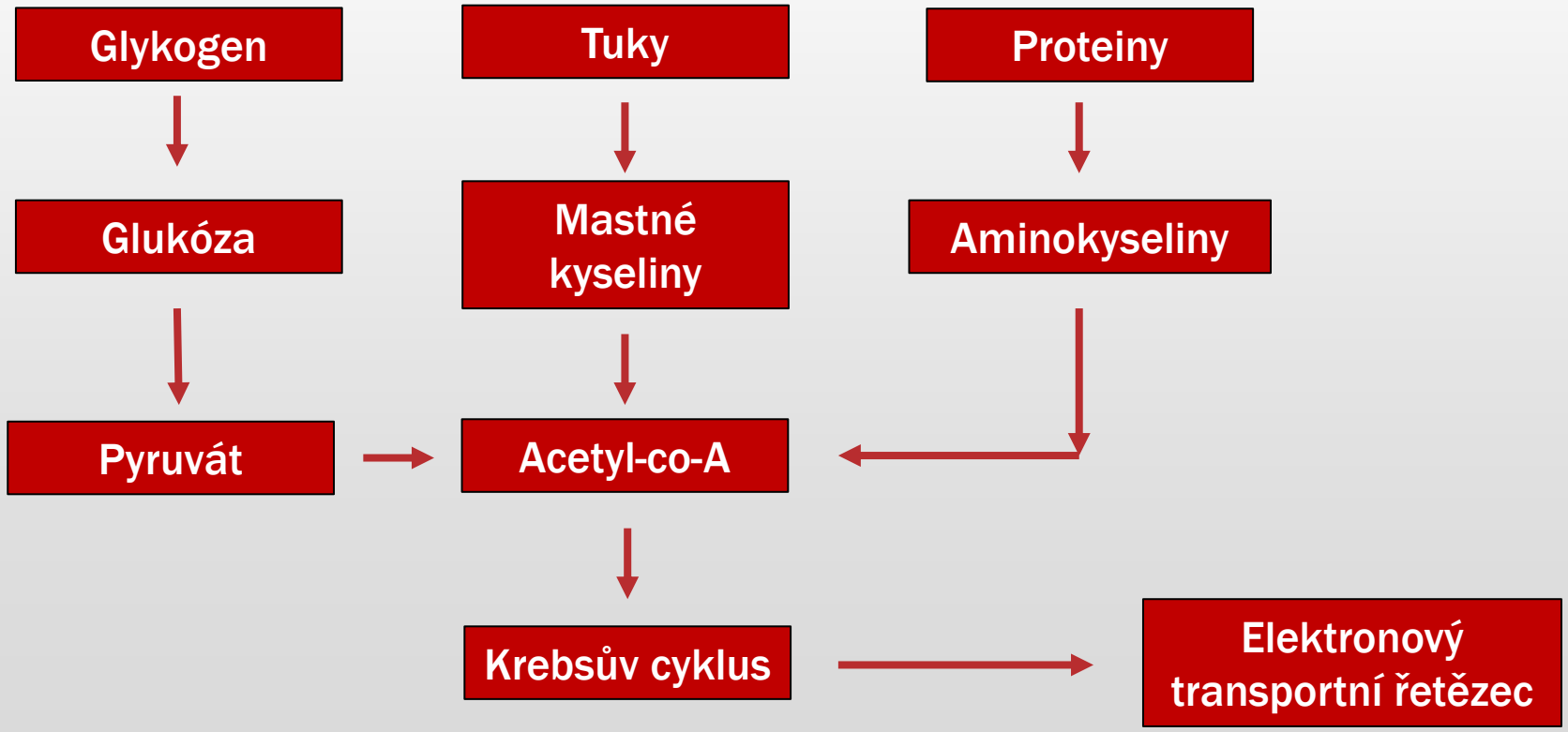
OPAKOVÁNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY

SYSTÉM: ANAEROBNÍ GLYKOLÝZA



OPAKOVÁNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY

SYSTÉM: OXIDATIVNÍ FOSFORYLACE



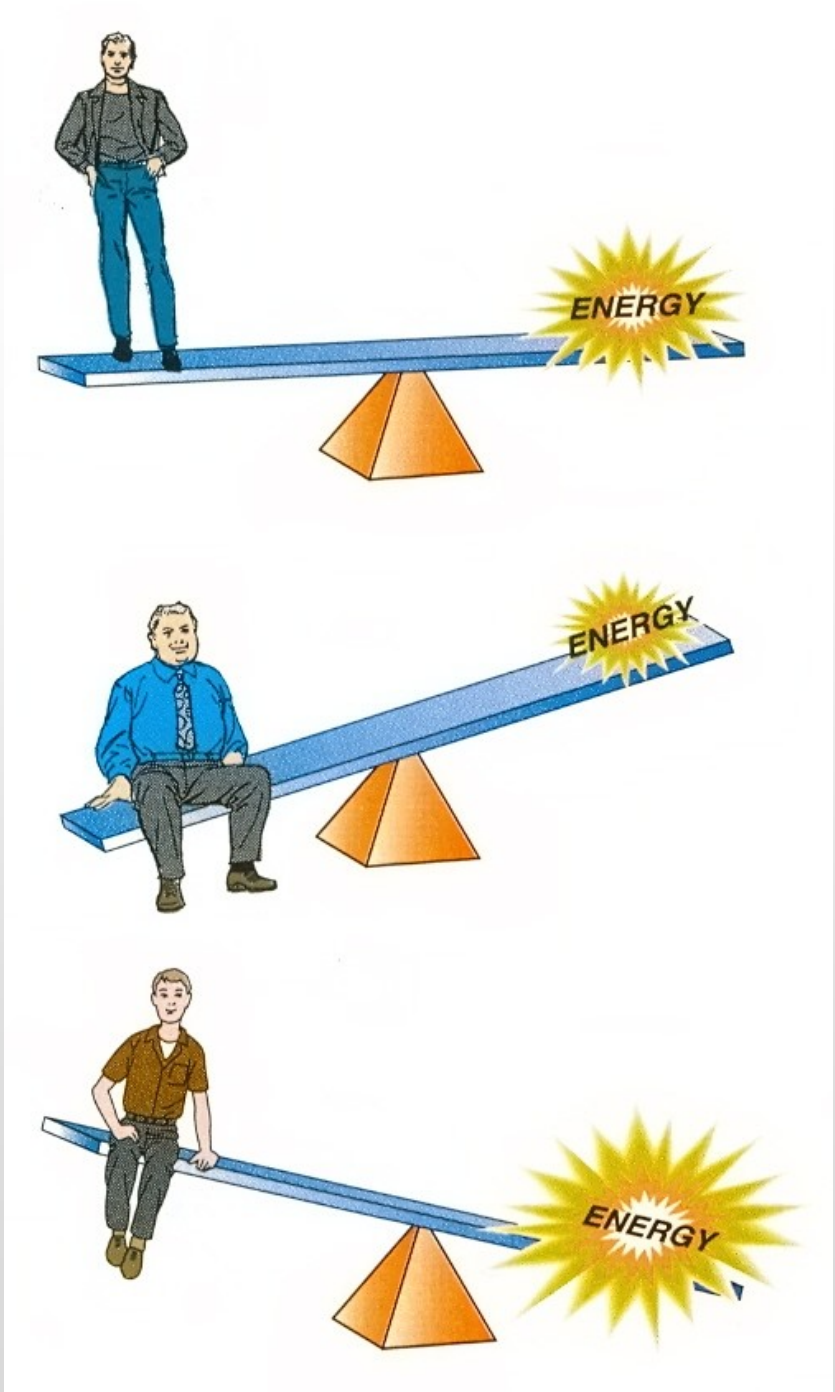
METABOLISMUS

ANABOLISMUS

- přeměna jednoduchých látek na látky složitější
- energie se spotřebovává

KATABOLISMUS

- štěpení složitějších látek
- energie se uvolňuje



BAZÁLNÍ METABOLISMUS (BMR)

= hodnota, která udává množství energie pro udržení všech vitálních funkcí člověka

- Energetická hodnota vznikající nad rámec této hodnoty → další činnost člověka
- Zvýšení při příjmu živin a trávení
- Pohlaví, věk, tělesná konstituce (především výška a hmotnost) a hormonální regulace
  - U mladých mužů průměrného vzrůstu asi 2000 kcal (ženy v průměru o 10% méně)

MĚŘENÍ BAZÁLNÍ ENERGETICKÉ SPOTŘEBY

- **tělesný a duševní klid**;
- **stav nalačno** (přibližně 14–16 hod od posledního jídla, ve kterém by neměly být obsaženy bílkoviny)
- **termoneutrální prostředí** (aby nebyly namáhány termoregulační mechanismy)

- BM = bazální metabolismu
- KM = klidový metabolismus (110 - 120% BM)
- PM = pracovní metabolismus (130 a více %BM)

VÝDEJ ENERGIE (KJ)

Výdej energie při pohybových aktivitách závisí na:

- intenzitě
- délce trvání

1kJ = 0,24 kcal **1kcal = 4,19 kJ**

spánek h	300
chůze 6 km/h	1000

běh 7 km/h	1995
běh 10 km/h	2520
běh 14 km/h	3658

jízda na kole 17 km/h	1773
jízda na kole 21 km/h	2217
jízda na kole 25 km/h	2662
jízda na kole nad 28 km/h	3658

METODY MĚŘENÍ ENERGETICKÉHO VÝDEJE

- Kalorimetrie
  - Přímá
  - Nepřímá
- Doubly labeled water (dvojitě značená voda)
- Akcelerometry
- Monitoring srdečního tepu
- Krokoměry

Metoda	Výhody	Omezení
Dvojitě značená voda	• Vysoká přesnost, „zlatý standart“ pro měření EE • Umožnuje probandům svobodu pohybu	• Vysoké náklady • Vysoká odbornost personálu • Neposkytuje žádnou konkrétní informaci o fyzické aktivitě
Přímá kalorimetrie	• Nejpřesnější metoda pro kvantifikaci EE	• Vysoká cena • Vyžaduje omezeni pohybu (jen vevnitř komory)
Nepřímá kalorimetrie	• Přesná a neinvazivní • Možnost hodnocení EE v běžném životě	• Relativně vysoké náklady • Školení personálu

Akcelerometry	• Neinvazivní metoda, méně zatěžuje člověka • Levná • Lze použít v laboratorním prostředí a běžném životě	• Nepřesnost měření v celé řadě činností
Monitor srdečního tepu	• Nízké náklady • Neinvazivní, universální a velice přesná metoda • Lze použít v laboratorním prostředí a běžném životě	• Elektrické nebo magnetické rušení signálu zařízení • Nevhodná pro měření EE s malou zátěží
Krokoměry	• Levná a neinvazivní metoda • Nejjednodušší zařízení	• Jenom na měření aktivity, která souvisí s chůzí • Nepřesná pro odhad EE

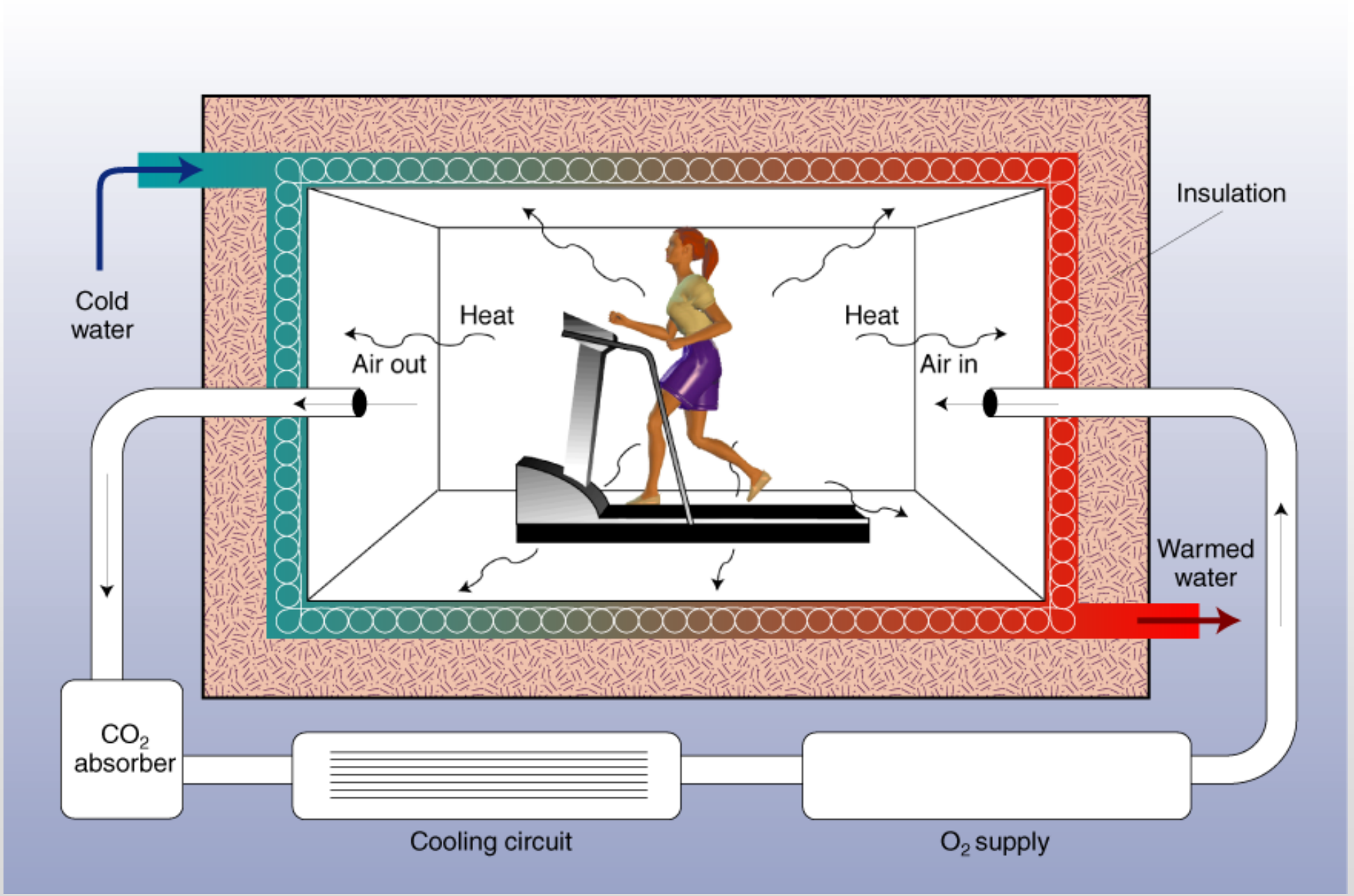
KALORIMETRIE

PŘÍMÁ

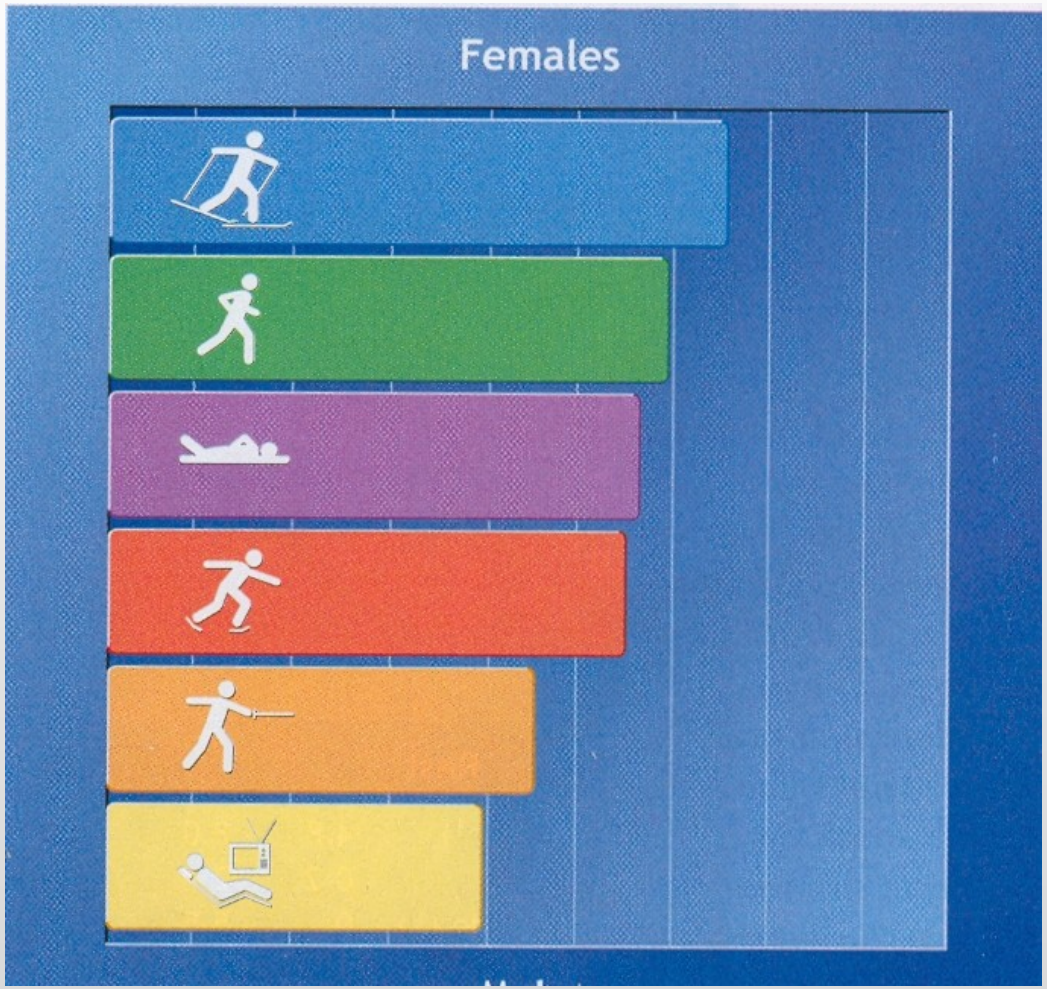
- Měření tělem vydané energie v podobě tepla – princip 1. termoregulačního zákonu
- Jen cca 40% vyprodukované energie je dále využíváno → cca 60% teplo
- Zaznamená celkový energetický výdej – není schopen monitorovat rychlé změny při uvolňování energie

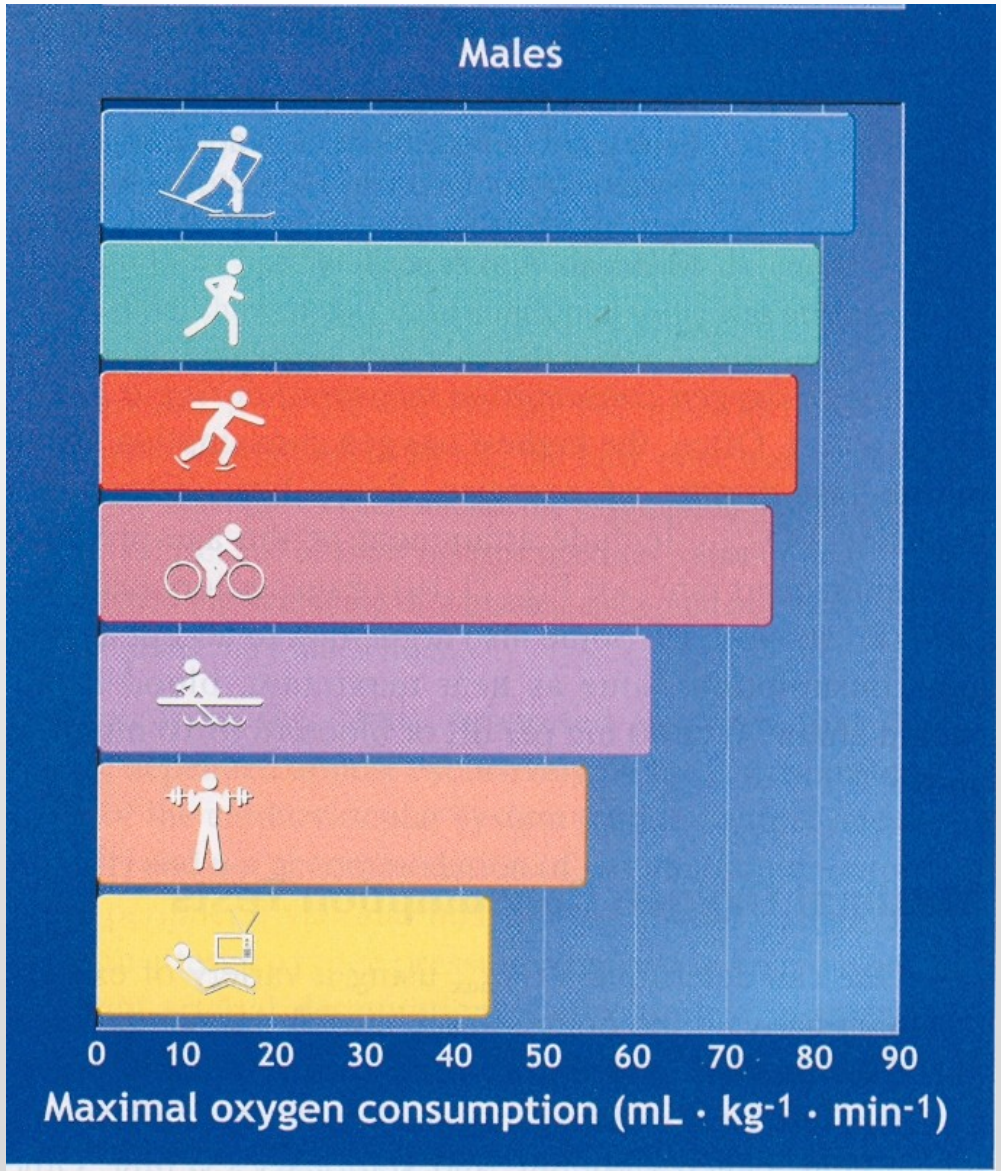
NEPŘÍMÁ

- Rychlejší a levnější metoda
- Měření na základě analýzy plynů (O_2, CO_2), spotřeba O_2 a intenzita zátěže jsou na sobě přímo závislé

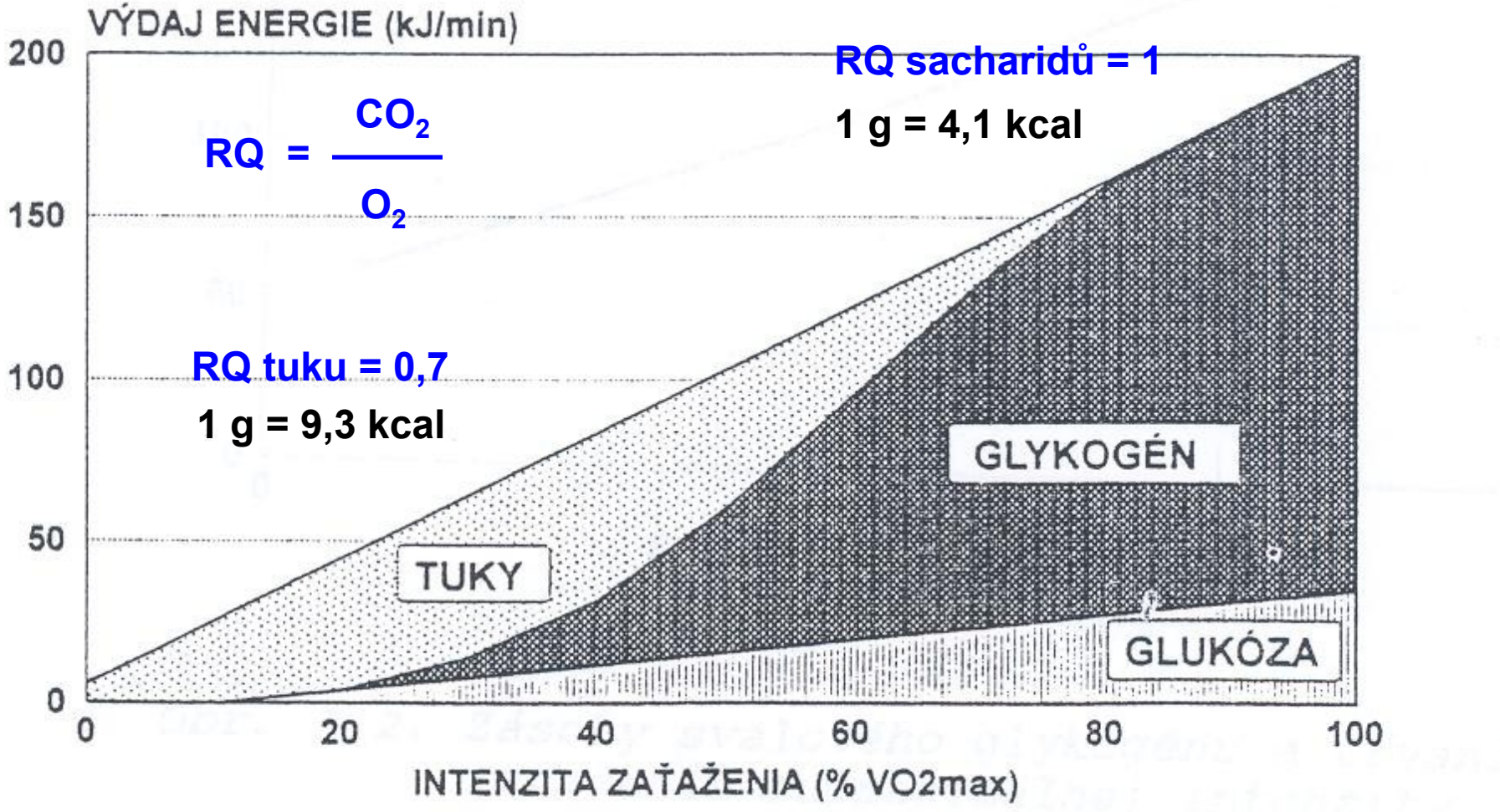

Cold water
Heat
Air out
Heat
Air in
Insulation
Warmed water
CO_2 absorber
Cooling circuit
O_2 supply

X-country skiers
Runners
Mid distance runners
Swimmers
Speed skaters
Cyclists
Rowers
Weight lifters
Fencers
Sedentary


Females


Males
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
Maximal oxygen consumption (mL · kg-1 · min-1)

RESPIRAČNÍ KVOCIENT = POMĚR MEZI VYDÝCHANÝM OXIDEM UHLIČITÝM A SPOTŘEBOVANÝM KYSLÍKEM



Zdroje energetického krytí při zvyšující se intenzitě

RQ (RER)	% kcal	
	sacharidy	lipidy
0,71	0,0	100,0
0,75	15,6	84,4
0,80	33,4	66,6
0,85	50,7	49,3
0,90	67,5	32,5
0,95	84,0	16,0
1,00	100,0	0,0

Krokoměry a pedometry

- Počítá ušlé kroky a vzdálenost (km)
- Zobrazuje spotřebovanou energii (kcal), množství těl. tuku (v gramech)
- **1kcal = 4,2 kJ**
- Počet kroků se měří mechanicky podle otřesů, které při chůzi či běhu vznikají
- Krokoměr nejčastěji umisťuje v oblasti pasu, kyčelních kloubů, kde jsou otřesy asi nejméně tělem utlumeny
- Ze změřeného počtu kroků se pomocí dalších údajů dá spočítat ušlá či uběhnutá vzdálenost, musíme si jen nastavit správnou průměrnou délku vlastního kroku
- S měřeným časem známe rychlost, dobu chůze a vložíme-li i hodnotu naší váhy, lze zhruba spočítat i spotřebovanou energii či spálené kalorie
- Údaje se ukládají do paměti, takže víme třeba, kolik jsme celkově našlapali za několikadenní cestu

MET – metabolický ekvivalent

- vyjadřuje kolikanásobně je výdej energie vyšší jak bazální metabolismus

1 MET = množství kyslíku, které člověk spotřebuje v klidu za 1 min/1 kg hmotnosti

asi 3,5 ml/kg/min

AKTIVITY	MET
Čtení, sledování TV	1,3
Umývání nádobí, žehlení, vaření	2,3 – 2,5
Chůze	2 - 4
Běh	7 - 9
Kolo	4 – 10
Plavání	6 - 10

VÝPOČET náležitého BAZÁLNÍHO METABOLISMU

Kalorimetrie (nepřímá energometrie)

- pro praxi se používají tabulkové hodnoty, tzv. náležité hodnoty bazálního metabolismu (nál. BM)

- nál.BM udává průměrný energetický výdej za bazálních podmínek s přihlédnutím k věku, výšce, hmotnosti a pohlaví

PRŮMĚRNÝ VÝDEJ ENERGIE ZA DEN

ŽENY (věk 20 – 30 let)				
výška	hmotnost	aktivita žádná	střední aktivita	vysoká aktivita
160	50	7500	8600	9100
	60	8200	9200	10100
170	60	8200	9200	10100
	70	8900	10000	11100
180	70	8900	10000	11000
	80	9600	10800	12100

PRŮMĚRNÝ VÝDEJ ENERGIE ZA DEN

MUŽI (věk 20 – 30 let)				
výška	hmotnost	aktivita žádná	střední aktivita	vysoká aktivita
170	60	9800	10800	11800
	70	10500	11500	12500
180	70	10500	11500	12500
	80	11300	12400	13500
190	80	11300	12400	13500
	90	12200	13000	14100

DOPORUČENÉ HODNOTY PŘÍJMU ENERGIE

ŽENY			
Věková kategorie	19–34 let	35–54 let	nad 55 let
Energie (kJ)	9 000–11 000	8 500–10 000	8 000
Bílkoviny (g)	70–80	65–75	65
Tuky (g)	65–85	60–75	55
Sacharidy (g)	321–385	308–353	289

MUŽI			
Věková kategorie	19–34 let	35–54 let	nad 55 let
Energie (kJ)	11 000–14 000	10 000–13 000	9 000
Bílkoviny (g)	80–100	75–95	70
Tuky (g)	75–105	70–100	60
Sacharidy (g)	408–499	364–457	333

ENERGETICKÝ VÝDEJ vs ENERGETICKÝ PŘÍJEM VE SPORTU

- ENERGETICKÁ BILANCE
- ENERGETICKÁ DOSTUPNOST
- RELATIVNÍ ENERGETICKÁ NEDOSTATEČNOST VE SPORTU

  (RED-S)

ENERGETICKÁ BILANCE

= poměr mezi příjmem a výdejem energie

HODNOCENÍ ENERGETICKÉ BILANCE:

- bilance vyvážená
- bilance pozitivní
- bilance negativní

ENERGETICKÁ DOSTUPNOST (ED)

kvantifikuje energetické potřeby na základě denního energetického příjmu a tréninkového energetického výdeje

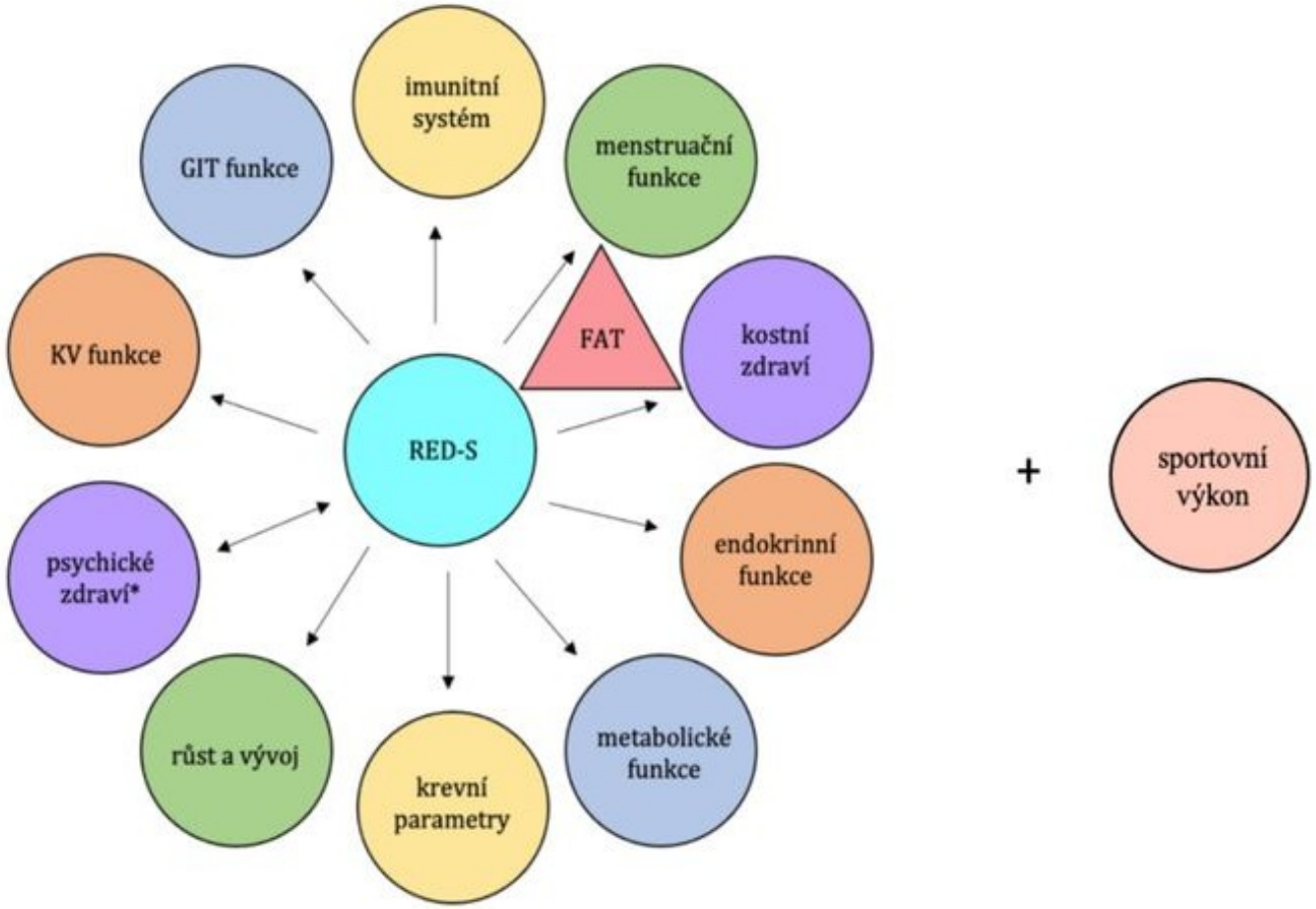
- je množství energie, které organismu sportovce zbývá, odečteme-li tréninkový nebo závodní/soutěžní EV od denního EP

$$EA = \frac{energetický\ příjem\ (kcal) - energie\ vynaložená\ na\ fyzickou\ aktivitu\ (kcal)}{beztuková\ tělesná\ hmotnost\ (kg)}$$

Optimální ED 40-45 kcal/kg/FFM/den

Hraniční ED ≤ 30 kcal/kg/FFM/den !

RELATIVNÍ ENERGETICKÁ NEDOSTATEČNOST VE SPORTU (RED-S)



RED-S: relativní energetická nedostatečnost ve sportu
FAT: ženská atletická triáda

KV funkce: funkce srdce a cév
GIT funkce: funkce trávícího systému

* Poruchy psychiky mohou RED-S předcházet nebo být jeho projevem.

(Zdroj: Mountjoy 2018)

ÚNAVA - skupinová aktivita

- Co je to únava? Jak vypadá únava?
  - 100m sprint
  - 400m běh
  - maraton

TYPY ÚNAVY

AEROBNÍ - POMALU NASTUPUJÍCÍ ÚNAVA

- Dostatečná dodávka kyslíku pracujícím svalům → kritickým faktorem pokles glykogenu

ANAEROBNÍ – RYCHLE NASTUPUJÍCÍ ÚNAVA

- Nadprodukce laktátu → rozvoj metabolické acidózy (nadbytek H^+)
- zhoršení podmínek pro vznik a vedení svalových potenciálů → zhoršení kontraktility svalstva
- Přerušovaná zátěž → kyselé katabolity jsou krví odplavovány a nedochází k útlumu glykolýzy → pokles glykogenových zásob a následující hypoglykemie

FYZICKÁ (TĚLESNÁ, SVALOVÁ) ÚNAVA

- jako tíhu, slabost, případně bolest nebo ztuhnutí kosterních svalů
- pokles svalové síly, ztráta rychlosti a jemné koordinace pohybů, svalové křeče

PSYCHICKÁ (DUŠEVNÍ) ÚNAVA

- jako pocit vyčerpání, ztrátu koncentrace, zhoršení paměti nebo ospalost
- nedisciplinovanost, chybí odhad vlastních schopností a dochází ke snížení adaptability na nově vznikající situace

TYPY ÚNAVY

FYZIOLOGICKÁ (PŘIROZENÁ) ÚNAVA

- **Místní únava** – bolest/ pokles síly svalu nebo malé skupiny
- **Celková únava** – bolest velkých svalových skupin/ částí těla, snížení schopnosti koordinace a snížení kvality pohybových návyků

PATOLOGICKÁ ÚNAVA

- **Akutní únava**
  - Lehčí stupeň = přetížení → prohloubení příznaků fyziologické únavy - křeče, nauzea, bledost, rychlý a mělký dech i tep, pocení, bílkovina v moči (proteinurie)
  - Těžký stupeň = schvácení → může skončit selháním krevního oběhu a smrtí
- **Chronická únava-** dlouhodobý pokles výkonu, snížení hmotnosti, obranyschopnosti organismu, poruchám trávení, nechutenství, poruchám spánku, podrážděnosti nebo apatii
- Prohloubením → přetrénování – těžší stupeň - dlouhodobé nerespektování regeneračních procesů

PŘETRÉNOVÁNÍ

Difference between overreaching and overtraining is the amount of time needed for performance restoration (not the type or duration of training stress or degree of impairment).

Fatigue

Akutní únava

Overreaching

Přepětí

Functional

Funkční

Non-functional

Nefunkční

Overtraining

syndrome

Syndrom přetrénování

Recovery is rapid, usually within 24-48h

Recovery takes longer (up to 2 weeks), but is all part of a planned program to improve performance longer term (i.e. training camps)

Recovery takes even longer (weeks, sometimes months). The negatives outweigh the positives. There is no long term gain

Recovery takes a very long time, sometimes many months.

The Supercompensation Principle

IMPROVED FITNESS

CURRENT FITNESS LEVEL

DECLINED FITNESS

Supercompensation refers to the process of the body adapting to training stress. After a training session, the body fatigues as a result of new stresses and demands placed on it. When given an opportunity to recover, the body compensates by adjusting itself to a higher level of fitness in anticipation of the next training session, leading to beneficial training adaptations.

1 TRAINING SESSION

Results in acute fatigue & a predictable drop-off in performance

2A RECOVERY 1 2-3 DAYS

Energy stores and performance return to baseline

2B RECOVERY 2 >3 DAYS

Supercompensation occurs and, if there is no further training, performance will slowly decline back down towards the initial fitness level

3 SUPER-COMPENSATION

Adaptive rebound response beyond baseline

4 RETURN TO BASELINE

In absence of further training, fitness declines to baseline

TIME

MORE INFO:
Designed by Adam Virgile
Learn more here:
https://blog.shakebot.co/

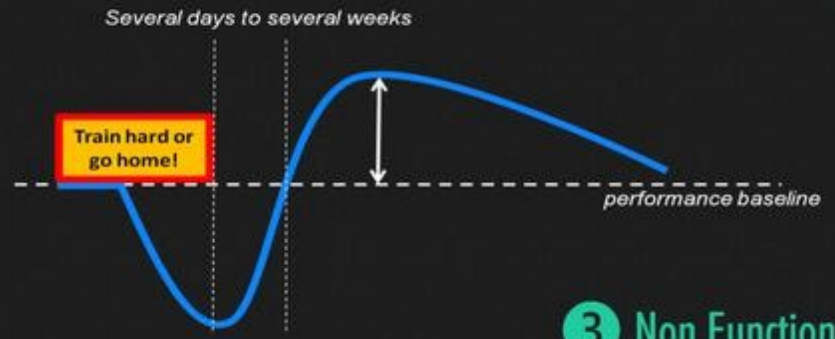
@shakebotapp

THE DIFFERENT STAGES OF TRAINING-INDUCED FATIGUE

Designed by @YLMSportScience

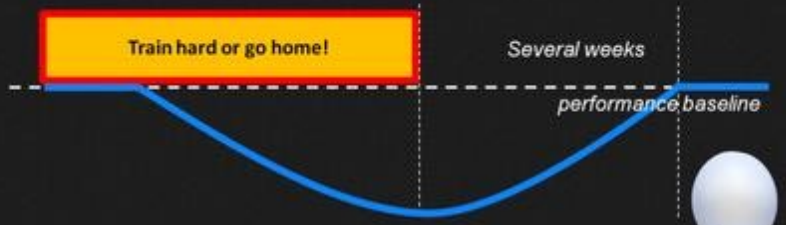
2 Functional Overreaching

- Very high perceived fatigue
- Short-term performance decrement,
- Performance restoration takes from several days to several weeks,
- Performance supercompensation



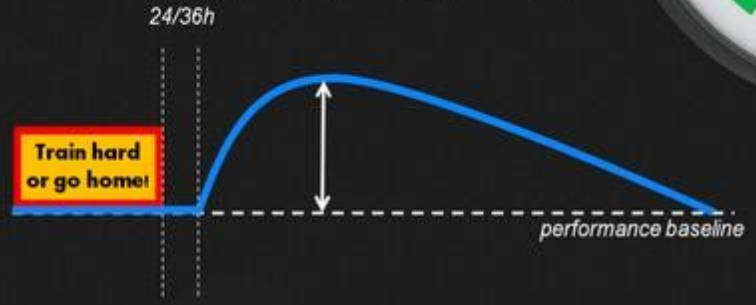
3 Non Functional Overreaching

- Very intense perceived fatigue
- Short-term decrement in performance capacity (< 1 month),
- Performance restoration… without supercompensation



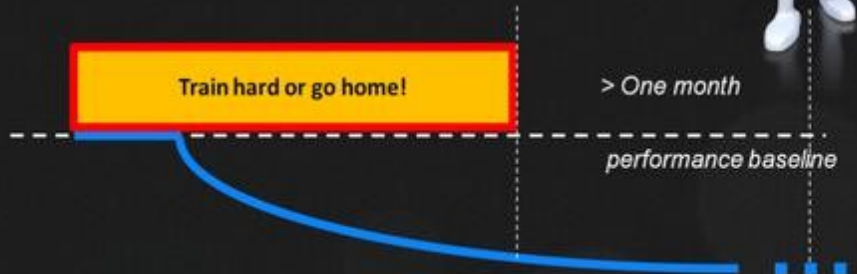
1 Acute Fatigue

- High perceived fatigue
- No performance decrement after a 24/36h rest period,
- Performance supercompensation



4 The Overtraining Syndrome

- Very intense perceived fatigue
- Long-term performance decrement (> 1 month)



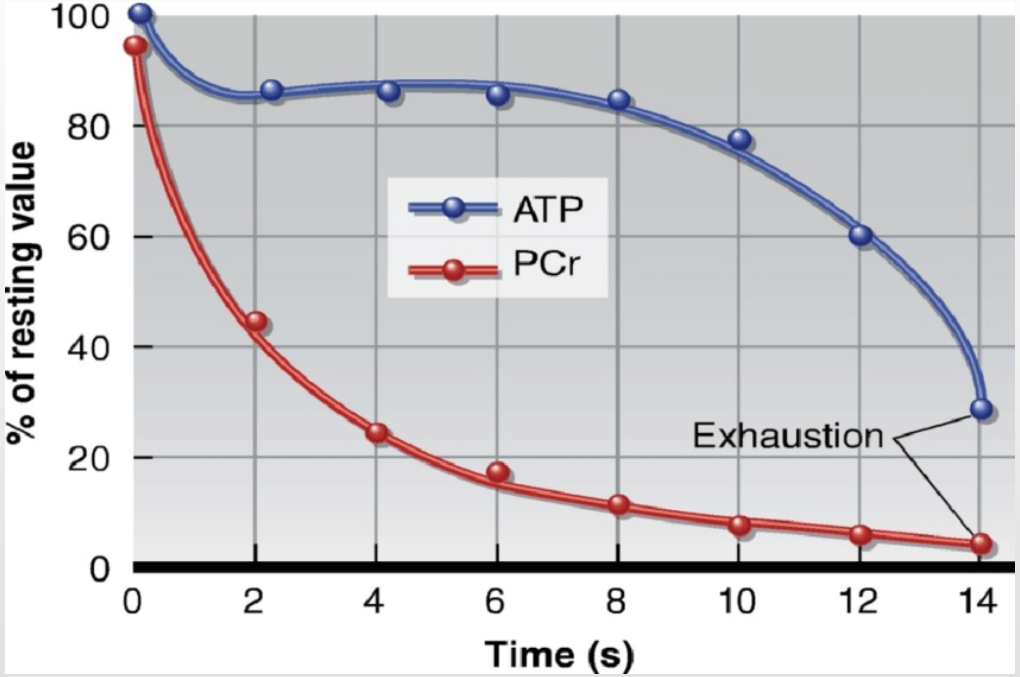
Reference
Meeusen et al. Med Sci Sport Exerc 2013

DŮVODY VZNIKU ÚNAVY

- Vyčerpání energetického systému
- Akumulace metabolických produktů
- Nervový systém
- Selhání mechanizmu svalové kontrakce

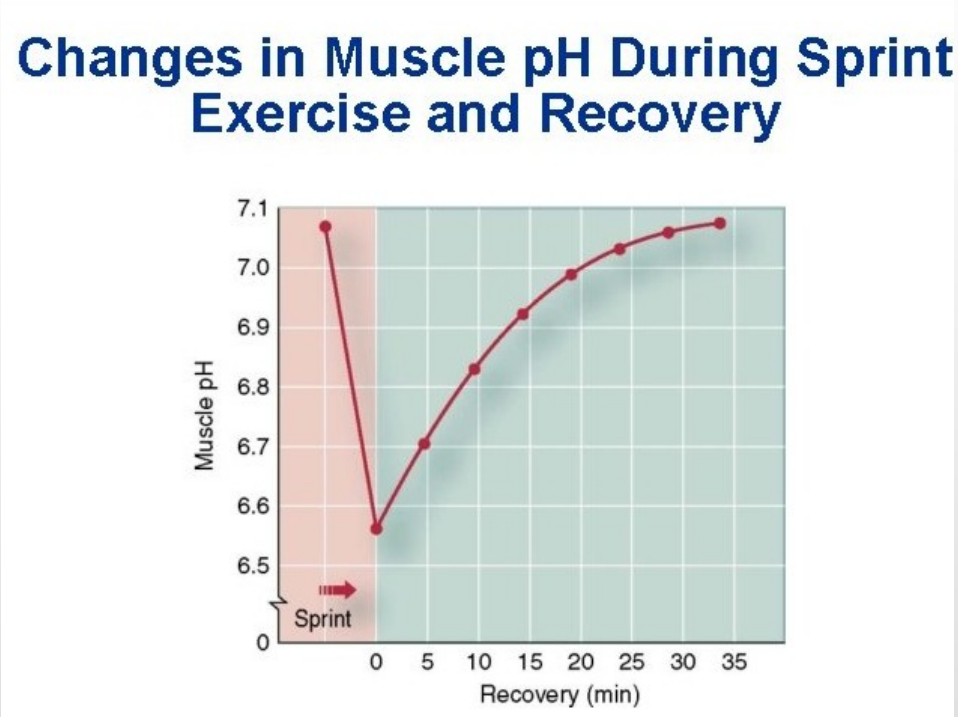
VYČERPÁNÍ ENERGETICKÉHO SYSTÉMU

- Kreatinfosfát (CP)
  - Resyntéza zásob ATP při anaerobních procesech → doplnění tělesných zásob
  - Při opakované maximálně silové zátěž → vyčerpání kreatinfosfátových zásob dříve než zásob ATP → narušení možnosti resyntézy ATP → vyčerpání zásob ATP a CP
- Glykogen
  - Hladina ATP doplňována také anaerobní/aerobní glykolýzou
  - Svalový glykogen – primární zdroj ATP po několika vteřinách výkonu
  - Hladina závislá na intenzitě zátěže – sptint 35-40x rychlejší spotřeba než chůze
  - Může být limitující i u zátěže nižší intenzity – maraton
  - Nedostatek typicky ovlivňuje zátěž cca 30min a víc – do té doby metabolity



Akumulace metabolických produktů

- Aktivity krátkého trvání a vysoké intenzity → vznik laktátu a H^+ → snížení pH → narušení svalové kontrakce
- pH 6,4 → přerušení glykolýzy → vyčerpání zásob ATP
- Nahrazování Ca^+ H^+ → narušení aktinomiozinové kontrakce → snížení svalové síly
- Hlavní limit u výkonů nad 20-30 sec



ÚNAVA NEUROMUSKULÁRNÍHO SYSTÉMU

- Nervový impuls způsobí uvolnění Ca^{+} ze sarkoplazmatického retikula → navázání Ca^{+} na troponin → svalová kontrakce
- Narušení dvěma způsoby:
  - Narušení nervového impulzu – snížení syntézy acetylcholaminu, narušení vnímavosti ACh receptorů
  - CNS – narušení kvality neuromuskulárního přenosu - ochranné opatření – neochota pokračovat v činnosti – psychická zátěž