

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Vliv intenzity a objemu na rozvoj obecné vytrvalosti
v triatlonu
diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

PaedDr. Josef Horčic, Ph.D

Zpracoval:

Jan Kovalovský

Praha duben 2006

1. Anotace

Přímení a jméno autora : KOVALOVSKÝ Jan

Instituce : Laboratoř sportovní motoriky FTVS UK v Praze

Název práce: **Vliv intenzity a objemu na rozvoj obecné vytrvalosti v triatlonu**

Effects of Intensity and Volume on Developing General Endurance in Triathlon

Vedoucí práce: PaedDr. Josef Horčic, Ph.D.

Počet stran: 66

Počet titulů citované literatury: 25

Počet citovaných internetových zdrojů : 6

Klíčová slova: aerobní práh
 anaerobní práh
 respirační koeficient
 energetický ekvivalent
 aerobní max. výkon
 triatlon

V současné době se v tréninkovém procesu neobejdeme bez kvalitní tréninkové dokumentace. Evidování tréninkového zatížení pomocí výpočetní techniky umožňuje rozšířit evidenci parametrů ovlivňujících tréninkový proces, prohloubit vyhodnocování tréninku, což má vliv na zlepšení analýzy tréninkového zatížení.

V práci jsme se snažili poukázat na možnost využití energetické náročnosti pohybu jako zpřesňujícího ukazatele velikosti tréninkového zatížení při rozvoji dlouhodobé vytrvalosti v triatlonu. Z disciplín triatlonu jsme se zaměřili na cyklistiku a běh. Ke stanovení energetické náročnosti

pohybu jsme využili fyziologické hodnoty z běžeckých laboratorních testů. Samotnou energetickou náročnost pohybu jsme stanovili výpočtem podle Di Prampera.

Na základě stanovení energetické náročnosti pohybu vybraného jedince jsme vypracovali tréninkové plány s průběžným testováním. Po dvouletém tréninkovém cyklu jsme vyhodnotili vliv evidence energetické náročnosti pohybu řízení tréninkového procesu v triatlonu.

Přínosy práce předpokládáme :

- v přesnější evidenci tréninkového zatížení,
- v lepší analýze tréninkového procesu,
- v efektivnějším plánování tréninkového zatížení.

Annotation

Name: KOVALOVSKÝ Jan

Title: **Effects of Intensity and Volume on Developing General Endurance in Triathlon**

Key words: aerobic threshold
anaerobic threshold
respiratory quotient
power equivalent
aerobic capacity
aerobic max. performance
triathlon

At present time, high-quality training documentation is a necessary part of the training process. Computed records referring to training load allow to broaden accounting of parameters influencing the training process, and improve the training analysis, which will consequently allow for improving the training load analysis.

In this dissertation I tried to point out that power demands of physical activities can be used as a specifying indicator of the training load in developing long-term endurance in triathlon. In triathlon events I focused on cycling and running. When determining power demands of an activity, physiological values referring to running laboratory tests were used. The power demands were calculated according to Di Prampero.

As based on the power demand assessment of the given person's activity, training plans with current testing were elaborated. At the end of the two-year training cycle, accounting the effects of power demands on the triathlon training process was evaluated.

Supposed contributions:

- more accurate training load accounting
- better analysis of the training process
- more effective planning of the training load

Touto cestou bych chtěl poděkovat PaedDr. Josefu Horčicovi, Ph.D za odborné vedení práce, za praktické rady a za možnost využít jeho zkušenosti v této problematice.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a použil jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

Jan Kovalovský

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musí pečlivě pramen převzaté literatury citovat.

Jméno a příjmení :	Číslo	Datum
Adresa :	OP :	vypůjčení :

OBSAH

1	Anotace	2
2	Úvod	9
3	TEORETICKÁ ČÁST	11
3.1	Stavba svalu	11
3.2	Výživa ve sportu	16
3.2.1	Nároky organismu na výživu	16
3.2.2	Výživa ve vrcholovém sportu	17
3.3	Energetická náročnost vytrvalostních sportovních disciplín	17
3.4	Přeměna jednotlivých živin	18
3.4.1	Sacharidy	18
3.4.1.1	<i>Jednoduché sacharidy</i>	18
3.4.1.2	<i>Složené sacharidy</i>	19
3.4.1.3	<i>Rozdělení potravin podle glykemického indexu</i>	19
3.4.1.4	<i>Předzásobení sacharidy a glykogen</i>	20
3.4.2	Bílkoviny	22
3.4.3	Tuky	23
3.5	Enzymy	25
3.6	Přeměna látek a energií	25
3.7	Aerobní a anaerobní metabolismus	32
3.7.1	Aerobní práh	32
3.7.2	Aerobní maximální výkon, maximální aerobní kapacita	32
3.7.3	Anaerobní práh	33
3.8	Charakteristika vytrvalosti	34
3.8.1	Rozdělení vytrvalostních schopností	35
3.8.2	Biologický základ vytrvalosti v organismu	36
3.8.3	Metody a rozvoje vytrvalostních schopností	36

3.9 Energetická náročnost pohybu	39
3.9.1 Faktory ovlivňující energetickou náročnost pohybu	39
3.9.2 Energetické systémy	40
3.9.3 Energetické zásoby	41
3.9.4 Respirační koeficient	41
3.10 Testování funkčních parametrů	42
4 HLAVNÍ ČÁST	48
4.1 Cíl a úkoly práce	48
4.1.1 Cíl práce	48
4.1.2 Úkoly práce	48
4.2 Charakteristika souboru	48
4.3 Problém	51
4.4 Metody	52
4.4.1 Pracovní postup výzkumu	52
4.4.2 Postup při realizaci zkoumané metody	52
4.4.3 Přepoččet energetické potřeby	53
4.5 Příklad řízení tréninku pomocí energetické náročnosti	56
5 ZÁVĚREČNÁ ČÁST	59
5.1 Charakteristika a výsledky testů	59
6 Diskuse	62
7 Závěr	64
8 Seznam použité literatury	66
9 Abecední seznam zkratk a symbolů	68

2 Úvod

Dlouhý triatlon patří mezi nejtěžší sportovní víceboje. V poměrně krátké době dosáhl obrovského rozmachu a stále větší zájem veřejnosti a médií na popularitě jen přidává. Po zařazení triatlonu do olympijských her v Sydney 2000 jen málokdo neví, co to znamená, když se řekne triatlon či Hawaiský Ironman.

V prvopočátku triatlon znamenal 3,8km plavání, 180km kolo a 42km běh. Postupem času se tratě zkracovali, aby bylo možné do triatlonu začlenit všechny kategorie populace. Setkáme se tedy v současné době se sprint triatlonem o objemech 0,5km plavání, 20km kolo a 5km běh a ještě olympijským triatlonem 1,5km plavání, 40km kolo a 10km běh.

Cílem sportovního tréninku je zvyšování výkonnosti jedince. V celém procesu je zapotřebí dlouhodobého plánování, evidence, testování trénovanosti apod. V současné době je v praxi nejpoužívanější metodou stanovení náročnosti zatížení měření SF. Sportovci, trenéři nechají v odborných laboratořích stanovit aerobní a anaerobní prahy svých svěřenců, na jejichž základě stanovují intenzitu tréninkového zatížení. V případě amatérských sportovců se může zdát tento přístup dostačující. Pokud ale budeme chtít provádět sportovní činnost na vrcholové úrovni budeme potřebovat, stále více, s rostoucí výkonností podrobnější informace o tréninkovém procesu. Domněnku, že při měření srdeční frekvence je vše pod kontrolou, jak popisuje například Neumann a kol. (1992), je třeba vyvrátit. Celková problematika tréninkového procesu nemůže být popsána jen z pohledu jednoho ukazatele tréninkového zatížení.

Samotný pohyb nelze vykonat bez přiměřeného množství energie. Se stále rostoucí rychlostí pohybu dochází zákonitě ke zvyšování energetické náročnosti. Zde se nabízí možnost sledování, plánování zatížení přes energetický výdej organismu. Jestliže budeme provádět pravidelné zaznamenávání ukazatelů energetické náročnosti získáme tak další údaj s poměrně přesnou vypovídající hodnotou. Ukazatel spotřeby energie

charakterizuje relativně přesně celkový objem zatížení ve vztahu k celkovému objemu a intenzitě (Dill a kol., 1954).

V této práci se pokusím porovnat energetickou náročnost běhu různých intenzit a využít energetický výdej organismu jako zpřesňující ukazatel v evidenci a plánování tréninkového procesu.

3 TEORETICKÁ ČÁST

Pro seznámení se s problematikou energetické náročnosti pohybu je třeba nejen sledovat příjem a výdej energie, ale porozumět i základním chemickým pochodům v organismu, včetně vnějších vlivů ovlivňující celkový metabolismus v organismu.

3.1 Stavba svalu dle Seligera (1992)

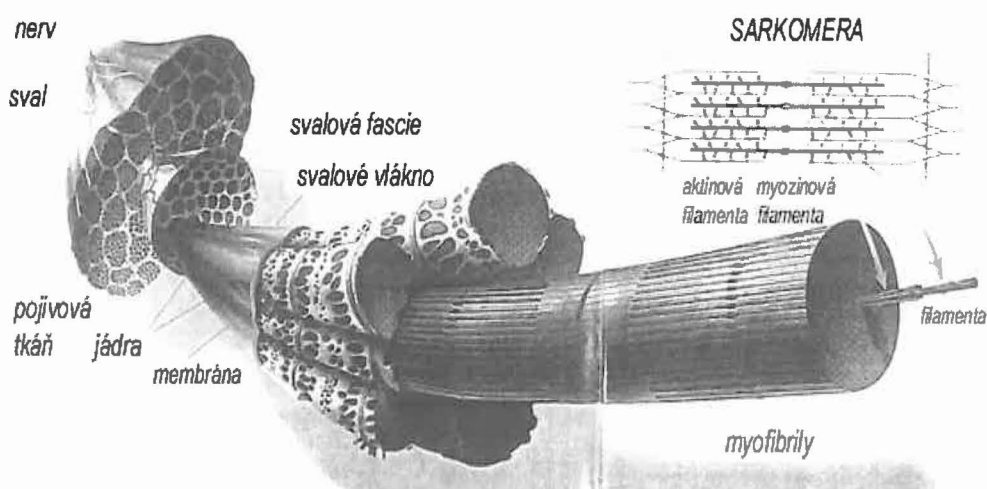
Lidské tělo obsahuje asi 660 svalů. Sval tvoří z cca 70% voda, asi 20% představují proteiny. Základní jednotkou kosterního svalu jsou svalová vlákna, podlouhlé buňky cylindrického tvaru navzájem spojené vazivem do svalových snopců (fascií), jejichž svazky tvoří sval připevněný na kosti šlachou. Každé svalové vlákno je složeno z membrány, vnitřní cytoplazmy (cytosolu), mitochondrií (buněčných „továren“ které vyrábějí za přítomnosti kyslíku energii), mnoha buněčných jader uložených pod membránou a tisíců myofibril, které vyplňují cytoplazmu uvnitř buňky. Největší svalová vlákna v lidském těle jsou až 30 cm dlouhá a 0,05-0,15 mm široká a obsahují tisíce jader. Myofibrily jsou uvnitř položeny v podélných svazcích a jsou stejně dlouhé jako vlákno. Vlivem nervového impulsu přenášeného ionty vápníku (Ca^{2+}) se smršťují, čímž vzniká svalový pohyb (svalová kontrakce). Jeden motorický nerv (motoneuron) takto může ovládat až několik tisíc svalových vláken, která dohromady tvoří samostatnou motorickou jednotku. Samotné myofibrily však mají ještě složitější stavbu: sestávají z podélných řetězců tzv. sarkomer, jež obsahují dva kontraktilní proteiny (filamenta), myozin a aktin, a ještě několik dalších proteinů, které jejich činnost regulují. V klidu jsou silnější myozinová filamenta obklopena slabšími aktinovými filamenty a navzájem se jen napatrně překrývají (viz obr. 1). Svalová kontrakce vzniká tím, že jsou aktinová filamenta vtahována mezi filamenta myozinu.

Propojení myozinu s aktinem a vlastní tah se uskutečňuje pomocí tzv. příčných můstků (myozinových hlav) na myozinových filamentech. energii pro pohyb příčných můstků poskytuje adenosintrifosfát (ATP).

Na každý pohyb příčného můstku je nutno rozštěpit hydrolýzou (reakcí s vodou) jednu molekulu ATP. Štěpením ATP vzniká adenosindifosfát (ADP) a organický fosfor (P). Tato reakce je velmi efektivní; pro pohyb se využije 40 - 50% získané energie a zbytek se ztrácí jako teplo. U dospělého člověka existují příčné můstky v několika hlavních variantách (izoformách), které závisí na typu motorického nervu, jímž je sval ovládán. Izoformy určují vlastnosti svalového vlákna a rychlost jeho smršťování. Kromě čtyř hybridních typů, které nejsou za běžných okolností rozlišovány, jsou to tři základní izoformy I, IIa a IIb,IIx.

Obrázek 1

Struktura svalového vlákna (www.medicdirect.co.uk)



Podle nich se svalová vlákna dělí na tři hlavní typy (viz tab 1): Pomalá (oxidativní) vlákna typu I jsou nezbytná pro vytrvalostní, aerobní svalovou práci (tj. dlouhodobou, méně intenzivní práci probíhající za přístupu kyslíku). Smršťují se sice pomalu, avšak využívají energii ATP efektivněji a jsou typické velkou hustotou prokrvení. Mají malý průřez, obsahují málo glykogenu (zásobní forma glukózy), málo enzymů účastných v glykolytických (anaerobních) reakcích, ale zato mají vysoký obsah oxidativních (aerobních) enzymů, které hrají roli v oxidativních reakcích (Krebsův cyklus), a vysoké zásoby triglyceridů (zásobní forma tuků). Obsahují rovněž velké množství proteinu myoglobinu, jenž je v sarkomerách zodpovědný za přenos kyslíku při svalové práci.

Tabulka 1
Charakteristiky tří hlavních typů svalových vláken

(www.medicdirect.co.uk)

	Pomalá (I)	Rychlá (IIa)	Rychlá (IIb)
Rychlost kontrakce	Pomalá	Rychlá	velmi rychlá
Velikost mot. jednotky	Malá	Velká	velmi velká
Únava	Vysoká	Střední	nízká
Sport. aktivita	aerobní AEP (dlouhé tratě)	dlouhodobá ANP (400 m)	Krátkodobá AEP (100 m)
Produkce síly	Malá	Vysoká	velmi vysoká
Obsah mitochondrií	100%	70%	40%
Obsah myoglobinu	100%	60%	30%
Hustota prokrvení	100%	80%	60%
Oxidativní kapacita	Vysoká	Vysoká	nízká
Aktivita citrát-syntázy	100%	80%	60%
Glykolytická kapacita	Nízká	Vysoká	vysoká
Aktivita PFK	100%	180%	230%
Hlavní zdroj energie	triglyceridy	glykogen, kreatinfosfát	glykogen, kreatinfosfát
fosfokreatin	100%	120%	120%
glykogen	100%	130%	150%
triglycerol	100%	40%	20%

Vlákna rychlá (typ II) se dělí na pomalejší typ IIa (oxidativně-glykolytický), jenž má i určitý aerobní potenciál, a rychlejší typ IIb či IIx (glykolytický), který je důležitý pro anaerobní sporty, kde dominuje explozivní energie, jako jsou např. sprinty. Vlákna typu IIa představují jakýsi přechod mezi vlákny I a IIb; mají velký průřez, velký počet mitochondrií, velké zásoby glykogenu i kreatinfosfátu, středně husté prokrvení a střední obsah myoglobinu i trygliceridů. Aktivita oxidativních i glykolitických enzymů je vysoká. Vlákna typu IIb mají také velký průřez, ale nízký obsah mitochondrií i myoglobinu a malé prokrvení. Mají velké zásoby kreatinfosfátu a glykogenu, avšak málo triglyceridů. Smršťují se asi 4krát rychleji než vlákna typu I. Aktivita glykolitických enzymů je vysoká, oxidativní enzymy jsou málo činné. Vlákna I a IIa jsou označována také jako vlákna červená. Toto zbarvení jim dodává myoglobin. Rychlá vlákna IIb se označují jako tzv. vlákna bílá.

Poměr rychlých a pomalých vláken je ve většině svalů přibližně rovnoměrný (50% : 50%). Mezi jedinci však existuje značná variabilita. Sprinteři světové třídy mají například ve stehenní svalovině 70-75% rychlých svalových vláken. Naopak vytrvalostní běžci mohou mít až 90% vláken typu I. Vlákna typu IIb mají navíc zajímavé charakteristiky; při dlouhodobém tréninku dostatečné intenzity se téměř bezzbytku konvertují na vlákna typu IIa.

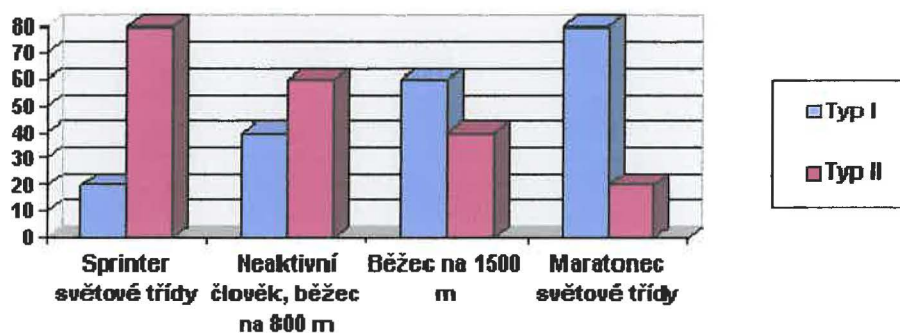
I když jiné konverze vláken (II - I, I - II) byly v dosavadních (krátkodobých) studiích prokázány, dosud prakticky neexistuje žádná dlouhodobá studie, která by nám mohla říci, do jaké míry byl poměr rychlých a pomalých vláken dán elitním sportovcům „do kolébky“ nebo jak byl ovlivněn dlouholetým tréninkem. Zatím se zdá, že takové konverze probíhají v podstatně menším rozsahu nebo během velmi dlouhé doby. Je například možné, že konverzi I - II lze dosáhnout mnohaletým vzpěračským tréninkem, protože v trapézovém svalu powerlifterů bylo objeveno více vláken typu II než u nesportujících. Několik studií udává zvýšení poměru pomalých vláken po vytrvalostním, běžeckém či intenzivním cyklistickém tréninku. Bylo rovněž doloženo, že existují rozdíly ve složení vláken mezi pravou a levou polovinou těla, což zjevně vyplývá z celoživotního preferování jedné končetiny.

Každopádně se jeví mnohem těžší dosažení změn I - II, a to jak při laboratorních pokusech, tak i ve sportovní praxi. Konverze II - I lze kupříkladu u myši dosáhnout jemnou elektrickou stimulací. Po skončení stimulace dojde k opětovné obnově rychlých vláken I - II. Vzájemný poměr svalových vláken ve svalu je možno přesně zjistit pouze pomocí svalové biopsie (viz obr 2). I tak se však mohou vyskytovat chyby, které činí až 8% (poměr vláken totiž není na všech místech ve stejném svalu zcela shodný). Byly nicméně vyvinuty metody, pomocí nichž se dá orientačně zjistit převaha vláken v konkrétním svalu. Při tréninku s činkami si nejdříve zjistíme nejvyšší hmotnost, kterou jsme schopni uzvednout, a poté vykonáme maximální počet opakování s 80% této váhy. Pokud vykonáme méně než 7 opakování, zapojovaný sval (resp. svaly) obsahuje převahu vláken typu II. Pokud vykonáme 7-12 opakování, poměr vláken se bude pohybovat kolem 50%. Vyšší počet opakování znamená převahu vláken typu I. Další jednoduchý školní test pracuje s vahou vlastního těla. Opřeme se zády o stěnu a pokrčíme nohy do podřepu, aby svíraly pravý úhel. Ti, kteří vydrží méně než 30 sekund, mají pravděpodobně vysoký poměr rychlých vláken. Čas delší než 1 minuta znamená výraznou převahu pomalých vláken (Seliger, 1992).

Obrázek 2

Poměr svalového vlákna u různých sportovců

(www.medicdirect.co.uk)



Průměrný počet kapilár na 1000 mm² svalového průřezu je (Wilmore & Costill, 1988):

- u netrénovaného člověka 0,84,
- u průměrně trénovaného 0,94,
- u vytrvalostně trénovaného 1,25.

3.2 Výživa ve sportu

3.2.1 Nároky organismu na výživu dle Fořta (2001)

Optimální zastoupení jednotlivých složek ve výživě sportovce by mělo pocházet asi z 60 % ze sacharidů, 15 % z bílkovin a 25 % z tuků. Podle druhu sportovní aktivity se tyto údaje mohou od udaných hodnot odchýlit (kategorie vytrvalecké, silové, rychlostní). Výživa ovlivňuje výkonnost sportovců, jejich vytrvalost a sílu. Například nadměrně zvýšený přívod bílkovin (více než 1,3 g/kg denně) již nevede ke zvětšení svalstva anebo k vyšší výkonnosti.

Energetická potřeba závisí na druhu a trvání sportovní činnosti.

Při cvičení v nízké intenzitě do 75% SF_{ANP} spalují svaly především tuky. Během cvičení ve střední intenzitě do 95% SF_{ANP} přispívají na celkové hrazení energie z 50 – 60 % zásoby tuku. Při náročném, intenzivním cvičení na úrovni SF_{ANP} je hlavním zdrojem glykogen.

Sacharidy jsou stěžejní pro sportovce vytrvalostních i silových sportů, protože na rozdíl od bílkovin a tuků jsou pohotovostně uloženy ve svalech.

Bílkoviny jsou nutné pro stavbu a ochranu svalové tkáně. Dostatečný příjem je nezbytný, ale pouze jedna třetina pokrmu by měla tvořena potravinami s vysokým obsahem bílkovin, zbytek by měly tvořit sacharidy.

Některé studie vysvětlují, proč jsou sacharidy důležité pro energeticky velmi náročný sportovní výkon. Testované osoby, které po zátěžovém testu konzumovaly stravu s vysokým obsahem bílkovin a tuků, měly snížené zásoby glykogenu ještě za pět dní. Osoby s vysokosacharidovou stravou doplnily zcela zásoby glykogenu na původní hodnoty za dva dny.

Z toho lze usoudit, že bílkoviny a tuky nejsou používány jako zdroj energie, pro rychlé doplnění vyčerpaných zásob glykogenu jsou nezbytné sacharidy.

3.2.2 Výživa ve vrcholovém sportu dle Fořta (2001)

Profesionální sport je činnost fyzicky i psychicky mimořádně náročná a velmi často nefyziologická, což ve svém důsledku klade zvýšené nároky na skladbu stravy. Složení výživy by mělo vycházet z cílených individuálně zaměřených doporučení nutricionistů.

Energetický výdej je u profesionálních sportovců 3 - 4 násobně vyšší v porovnání s rekreačními sportovci. Zabezpečení požadovaného množství energie ve formě běžné stravy je mnohdy nereálné s ohledem na nutnost rychlého a úplného zotavení a regenerace. Proto je sportovec samými podmínkami své činnosti často nucen cíleně používat výživové doplňky.

Zanedbaná příprava před vlastním závodem se negativně promítne v konečném výsledku.

3.3 Energetická náročnost vytrvalostních sportovních disciplín

Druhy sportu, např. triatlon, maratón, běh na střední a dlouhé tratě, běh na lyžích, plavání na 400 - 1500 m, vyžadují rezistenci organismu proti únavě. Při sportovní zátěži trvající do 1 hodiny jsou k pokrytí energetické potřeby využívány především glykogenové zásoby. Čím je zatížení větší (trváním, délkou trati), tím více je energeticky využíván také depotní tuk. Okamžik přeházení na utilizaci tukových rezerv závisí mj. na trénovanosti jedince. Výkonnost je do značné míry ovlivňována velikostí glykogenových rezerv. Čím je trénink intenzivnější, tím vyšší by měl být podíl sacharidů ve výživě (Fořt, 2001).

3.4 Přeměna jednotlivých živin

3.4.1 Sacharidy

Sacharidy dle Havlíčkové a kol. (1997) jsou zdrojem energie potřebné pro normální činnost svalů a mozku. Pocházejí z jednoduchých sacharidů a škrobů (složených sacharidů). Sacharidy jsou primárním zdrojem energie při intenzivním tréninku. 60 % (při superkompenzaci až 70 %) veškeré zkonsumované energie by mělo pocházet ze sacharidů, které se nacházejí zejména v ovoci, zelenině, pečivu a obilninách.

3.4.1.1 Jednoduché sacharidy:

- monosacharidy (glukóza, fruktóza, galaktóza)
- disacharidy (nejběžnější jsou sacharóza – řepný cukr, laktóza – mléčný cukr) – před vstupem do krve jsou nejprve přeměněny na molekuly glukózy, která slouží jako zdroj energie pro pracující svaly (<http://www.gmuender.org>).

Glukóza je použita jako zdroj energie nebo je uložena do zásoby pro pozdější použití. Člověk ukládá přebytečnou glukózu ve formě svalového nebo jaterního glykogenu. Tento je pak pohotovostně připraven pro cvičení. Průměrný muž o hmotnosti 75 kg má v játrech, svalech a krevním oběhu množství sacharidů odpovídající asi 7 500 kJ:

- | | |
|--------------------|----------|
| - svalový glykogen | 6 000 kJ |
| - jaterní glykogen | 1 200 kJ |
| - krevní glykogen | 300 kJ |

Tyto omezené zásoby sacharidů předurčují, jak dlouho může trvat zatížení. Vyčerpají-li se zásoby glykogenu, dostaví se obrovská únava, která nutí s cvičením skončit. Mnohem více energie než ve formě sacharidů se skýtá v zásobách tuku 250 000-400 000 kJ (<http://www.gmuender.org>).

Pro vytrvalostní sportovce ovšem není možné využívat tuk jako výlučný zdroj energie, neboť svaly vyžadují pro správné fungování určité množství sacharidů. Proto jsou sacharidy při vytrvalostních výkonech limitujícím faktorem (<http://www.gmuender.org>).

Také Williams (1997), Benardot (2000) vyvinuli nutriční strategii, která má zajistit dostatek sacharidů během cvičení pro svalový metabolismus. Zajištění sacharidů před a během cvičení zlepšuje výkonnost. Stejně důležité je obnovení zásob sacharidů (glykogenu) v těle ihned po cvičení.

3.4.1.2 Složené sacharidy (<http://users.rcn.com>):

- třetí typ sacharidů je polymer glukózy (řetězec asi 5 molekul glukózy), bývají jím slazeny sportovní nápoje.

Rostliny ukládají přebytečný cukr ve formě škrobu (např. kukuřice se zráním mění ze sladké na škrobovitou). Naopak je tomu u ovoce, které v procesu zrání přeměňuje škroby na cukry (např. banán).

Jednoduché sacharidy a škroby mají v konečném důsledku podobné schopnosti poskytnout svalům energii, ale rozdílné schopnosti vyživovat je vitaminy a minerály.

Sportovní výkon do značné míry ovlivňuje hladina krevní glukózy, která reaguje na glykemickou reakci sacharidů obsažených v potravinách. Jde o schopnost podílet se na přísunu glukózy do krve. Glykemická reakce potravin závisí na mnoha faktorech včetně zkonsumovaného množství, obsahu vlákniny, množství tuku a způsobu úpravy potravin. Podle schopnosti potravin zvyšovat hladinu glukózy byl vytvořen tzv. glykemický index. Na jeho základě jsou potraviny obsahující sacharidy rozděleny na potraviny vhodné před cvičením, během cvičení a po cvičení.

3.4.1.3 Rozdělení potravin podle glykemického indexu (<http://users.rcn.com>):

Potraviny s vysokým glykemickým indexem (brambory, kukuřičné vločky, med) rychle přejdou do krve a je nejvhodnější jíst je během tréninku a po něm

potraviny se středním nebo nízkým glykemickým indexem (rýže, těstoviny, banány) přecházejí do krve pomalu a je vhodné konzumovat je před tréninkem, protože poskytují energii dlouhodoběji. Potraviny s nízkým glykemickým indexem omezují potřebu konzumace sacharidů během dlouhodobého výkonu, protože jejich účinek na hladinu glukózy v krvi je dlouhodobý.

Ochrannou funkci mají potraviny s vysokým obsahem vlákniny – obiloviny, ovoce, zelenina. Energeticky nevyužitelné polysacharidy a další složky vlákniny potravy by u dospělých měly dosahovat v průměrné denní dávce 30 g (0,3 - 0,4 g /kg tělesné hmotnosti).

3.4.1.4 Předzásobení sacharidy a glykogen (<http://mujweb.atlas.cz/veda>)

Pro dosažení maximálního výkonnostního potenciálu nestačí zásobovat svaly pouze před důležitým závodem, ale během celé přípravné fáze. Strava vysokosacharidová (60 – 70 %), nízkotučná, přiměřená na bílkoviny zabrání dlouhodobému vyčerpání glykogenů a umožní nejen optimálně trénovat, ale také úspěšně závodit. Neplatí ovšem názor “čím více, tím lépe”, svaly nebudou glykogenem lépe zásobeny. Cílem by mělo být denně přijmout 8 g sacharidů na 1 kg hmotnosti (pozor na sacharidy pocházející pouze z ovoce – mohou vést k průjmům, naopak bílé pečivo způsobuje zácpu). Došlo-li k optimálnímu předzásobení glykogenem, lze poznat ze zvýšené tělesné hmotnosti o 1 až 2 kg (na každých 100 g glykogenů se ukládá 300 ml vody, která může být použita během výkonu).

Biochemické změny, které se objevují v důsledku tréninku, ovlivňují množství glykogenů, které je tělo schopno uskladnit ve svazech. Dobře trénované svaly dokážou uložit o 20–50 % více glykogenů než svaly netréované. Tím se zvyšují vytrvalostní schopnosti. Proto pro špičkový sportovní výkon začátečníkovi nestačí jen svaly správně předzásobit sacharidy.

Vyčerpání svalového glykogenu způsobí náhlou ztrátu svalové síly, zatímco vyčerpání zásob jaterního glykogenu způsobuje změny ve vnímání. Jaterní glykogen je přesouván do krevního oběhu a zajišťuje udržení stálé hladiny glukózy v krvi, která je nutná pro správné fungování mozku. I když je v těle dostatek svalového glykogenu, sportovec může v důsledku neodpovídajícího uvolňování glukózy z jater cítit poruchy koordinace, závratě, neschopnost soustředit se a celkovou slabost. Je zapotřebí, aby potrava byla konzumována dostatečně krátce před náročným výkonem, neboť mozek, na rozdíl od svalů, není schopen ukládat glukózu a spalovat tuk. Tak je možné udržet hladinu glukózy v krvi na konstantní úrovni a zajistit energii pro správné fungování mozku. Sportovci s nízkou hladinou glukózy v krvi mají zhoršenou svalovou činnost a horší výkonnost. Úspěch v soutěži závisí na dobře energeticky zásobených svalech, ale i na dostatečné energii pro činnost mozku.

Konzumace vysokosacharidové stravy je důležitá pro optimální nasycení svalů sacharidy zejména tehdy, bude-li vytrvalostní výkon trvat déle než 90 minut (např. maraton, triatlon, běh na lyžích, cyklistická etapa).

Při omezeném příjmu tuků je nutné adekvátně zvýšit příjem sacharidů (výměnou tuků za sacharidy se zvýší objem potravy, neboť 1 g tuku obsahuje více energie než 1 g sacharidů). Není ovšem správné tuky z jídelníčku úplně vyřadit, neboť sportovci s velkým výdejem energie nejsou často schopni sníst odpovídající množství energie výhradně v sacharidech, protože se jedná o velký objem potravy. Tuk proces ukládání glykogenu ve svalech nijak neovlivňuje.

Na vlákninu bohaté sacharidy podporují pravidelný pohyb ve střevech (např. celozrnné výrobky, ovoce a zelenina), proto by měly mít přednost před konzumací velkého množství jednoduchých sacharidů a rafinovaných produktů, které zvyšují riziko zácpy, zejména pokud je trénink omezen. Trpí-li osoba průjmy, je vhodné příjem vlákniny před závodem omezit.

3.4.2 Bílkoviny dle Fořta (2001)

Bílkoviny jsou nezbytné pro tvorbu a údržbu svalové hmoty, červených krvinek, vlasů a dalších tkání a také pro produkci hormonů, udržení imunity. Bílkoviny přijaté ve stravě jsou při trávení rozloženy na aminokyseliny, které jsou následně přetvořeny na bílkovinu svalů a ostatních tkání. Bílkoviny mohou být použity jako zdroj energie, pokud není v organismu dostatečné množství sacharidů (např. během mimořádně dlouhých vyčerpávajících výkonů), nebo jsou uloženy ve formě glykogenu a tělního tuku. Člověk neumí ukládat nadbytek bílkovin ve formě tělesných bílkovin (svalové hmoty), a proto je nutné potřebnou dávku bílkovin přijmout každodenně ve stravě. To je důležité zejména pro pohybově aktivní osoby omezující příjem energie, protože bílkoviny jsou používány jako zdroj energie v případě, že v těle není dostatek glykogenu.

Dobrym zdrojem bílkovin je hovězí a vepřové maso, ryby, drůbež a luštěniny (fazole, hrách, čočka).

Všichni aktivní lidé potřebují více bílkovin, než kolik činí současné doporučení pro normální populaci (0,8 g/kg hmotnosti). Potřeby bílkovin jsou pro jednotlivé osoby v závislosti na jejich fyzické aktivitě značně variabilní.

Mnoho sportovců, a kulturistů zejména, se domnívá, že zvýšený příjem bílkovin ovlivní růst svalové hmoty. Tento názor se ale zdá být diskutabilní. Obecně lze totiž za adekvátní dávku bílkovin u kulturistů označit množství 1,4 - 1,8 g na 1 kg hmotnosti a pro vytrvalostní sportovce 1,2 - 1,4 g na 1 kg hmotnosti. Konzumované množství bílkovin by však nemělo přesáhnout 2,0 g/1 kg hmotnosti.

Přestože mají vytrvalostní sportovci podstatně vyšší (2 až 3krát) celkovou potřebu energie, je pro ně (stejně jako pro nespovovce) dostačující příjem bílkovin tvořící 10 - 11% celkového energetického přívodu. Přívod speciálních produktů s bílkovinami a sacharidy nebo potravin s jejich vysokým obsahem po tréninku může napomoci při opětovném vytvoření glykogenových zásob.

Používání bílkovinných preparátů a doplňkových volných aminokyselin nemá při vyvážené stravě žádný pozitivní účinek na organismus a syntézu bílkovin.

Nadměrná konzumace bílkovin může negativně ovlivnit výkonnost a dokonce vést i ke zdravotním problémům:

- příliš mnoho bílkovin omezuje svalům dodávku energie ve formě sacharidů
odpadním produktem bílkovin je urea, která je vylučována močí, z toho důvodu je pravděpodobné častější nutkání močit, což může být nepohodlné během tréninků a soutěží; důsledkem může být až dehydratace a kalciurie (bílkoviny narušují metabolismus vápníku),

- výživa bohatá na bílkoviny je obvykle bohatá na tuky; pro lepší výkonnost je vhodné příjem nasycených tuků omezit, sníží se tak i riziko vzniku některých nádorů.

Bezpečné dávky bílkovin pro různé osoby Fořt (2001)	
Doporučená denní dávka	Gramů bílkovin na 1 kg hmotnosti (g)
dospělý se sedavým zaměstnáním	0,8
kondičně cvičící dospělý	1,0 - 1,5
dospělý sportovec	1,2 - 1,8
dospívající sportovec v růstu	1,6 - 1,8
dospělý budující svalovou hmotu	1,4 - 1,8
sportovec omezující příjem energie	1,6 - 1,8
max. využitelná dávka pro dospělého	1,8

3.4.3 Tuky

Dle Havlíčkové a kol. (1997) tuky znamenají největší energetický potenciál, nejsou primárním zdrojem energie pro organismus. Jen u profesionálních sportovců platí, že energie z tuků se využije pro zvýšení výkonnosti svaloviny při pravidelném vytrvalostním tréninku. U sportovců je vhodné příjem tuků omezit na 25 % z celkového denního příjmu energie.

K oxidaci mastných kyselin v látkové výměně se využijí mastné kyseliny se střední délkou řetězce (C12 - C16). Kromě množství přiváděných tuků je důležité i jejich složení (Havlíčková a kol., 1997).

Důležitý je dostatečný a vyvážený příjem polynenasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem (C18 - C24), které plní úkol přenašečů a strukturálních prvků (Havlíčková a kol., 1997).

Nesprávný poměr mezi kyselinou arachidonovou (převážně v živočišných tucích) a kyselinou gamalinolenovou a ikosapentaenovou (převážně v rostlinných a rybích olejích) vede k poruchám ikosanové látkové výměny a k poruchám funkce membrán a receptorů (Havlíčková a kol., 1997).

Také z hlediska výstavby funkčních jednotek v buňkách se různým tukům přiřazuje zvláštní význam. Schopnost přenosu kyslíku nebo iontů nebo stabilita membrán jsou ovlivněny množstvím a složením mastných kyselin ve stěnách buněk a organel. Stravou jsou tak přiváděny tuky poskytující organismu důležité vlastnosti, ale i tuky s vlivem na zvýšení stresu. Tak bylo u triatlonistů zjištěno, že špatně probíhající reakce na svalový stres nebo zánět souvisí s nízkou koncentrací polynenasycených a vysokým obsahem nasycených mastných kyselin v plazmě (Havlíčková a kol., 1997).

Dřívější doporučený poměr zastoupení nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin 1 : 1 : 1 se změnil ve prospěch mononenasycených, a to 1 : 1,4 : 0,6, tj. při 30 % zastoupení tuků v energetickém podílu 10 % : 14 % : 6 % (Berb, 2001).

Tuky dle Havlíčkové a kol. (1997) jsou zdrojem energie, která se používá při aktivitách v nízké intenzitě (např. čtení a spaní) a dlouhotrvajících aktivitách (např. dlouhé tréninkové běhy nebo pomalá jízda na kole). Tuky živočišného původu (máslo, sádlo, tuk v mase) obsahují převážně nasycené mastné kyseliny a přispívají k onemocnění srdce, cév a k některým druhům zhoubných nádorů. Tuky rostlinného původu (např. olivový olej, slunečnicový olej, sójový olej) jsou významné obsahem nenasycených mastných kyselin. Zastoupení tuků ve stravě by se mělo věnovat více pozornosti, protože spotřeba poly-nenasycených mastných kyselin může ovlivnit sekundární fenomény související s výkonem (svalovou únavu, zotavovací proces).

3.5 Enzymy (www.users.rcn.com)

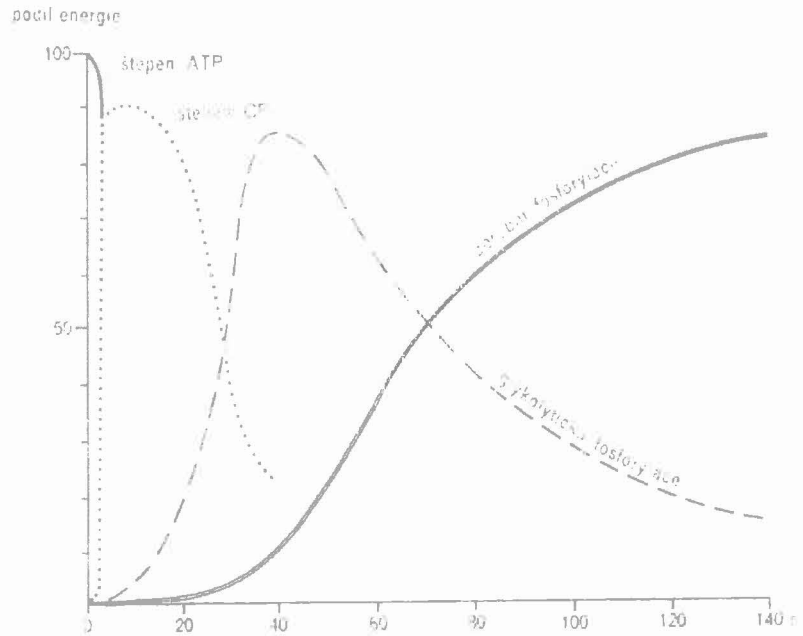
Při chemických reakcích ve svalové buňce hraje důležitou roli celá řada enzymů. Měření jejich aktivity umožňuje pochopit fyziologické procesy. Pokud se účastní energetických procesů v mitochondriích (Krebsův cyklus) za přítomnosti kyslíku, označujeme je jako enzymy oxidativní. Enzymy rozkládající glukózu v cytosolu nazýváme enzymy glykolytické. Při rozkladu glukózy a produkci laktátu např. „asistují“ glykolytické enzymy glykogen - fosforyláza (PHOS), fosfofruktokináza (PFK; indikuje intenzitu glykolýzy), hexokináza (HK) a laktát-dehydrogenáza (LDH; indikuje produkci laktátu). V mitochondriích jsou to oxidativní enzymy citrát-syntáza (CS), pyruvát - dehydrogenáza (PDH), malát-dehydrogenáza (MDH) a 3-hydrooxyacyl-CoA dehydrogenáza (HAD).

3.6 Přeměna látek a energií (www.users.rcn.com)

Krátkodobé intenzivní výkony (sprint, vzpírání těžkých vah) je možno po omezenou dobu (řádově desítky sekund) provádět anaerobně (tj. bez přístupu kyslíku). Během prvních cca 5 sekund je nejprve energie pro pohyb čerpána rozkladem malých zásob ATP uložených ve svalu. Když jsou tyto zásoby vyčerpány, je nový ATP regenerován reakcí ADP s kreatinfosfátem uloženým ve svalech. Z kreatinfosfátu se uvolní molekula organického fosforu a spojením s ADP vznikne nová molekula ATP. Tyto reakce jsou hlavním zdrojem energie po dalších cca 20 sekund a na rozdíl od anaerobní glykolýzy při nich nevzniká laktát. Během delšího cvičení se kreatinfosfát nestačí regenerovat a jeho podíl na celkové energetické produkci prudce klesá. Po skončení zátěže se jeho zásoby ve svalech opět obnoví během 2-3 minut. Z uvedeného plyne, že čím vyšší budou zásoby kreatinfosfátu ve svalech, tím déle a s větší energií bude možno provádět krátkodobý, vysoce intenzivní anaerobní výkon. Protože kreatinfosfát vzniká sloučením organického fosforu s kreatinem, využívá se umělý příjem vysokých množství kreatinu pro zvýšení zásob kreatinfosfátu a tím i pro zlepšení výkonnosti v disciplínách jako sprint či vzpírání (viz obr. 3, 4).

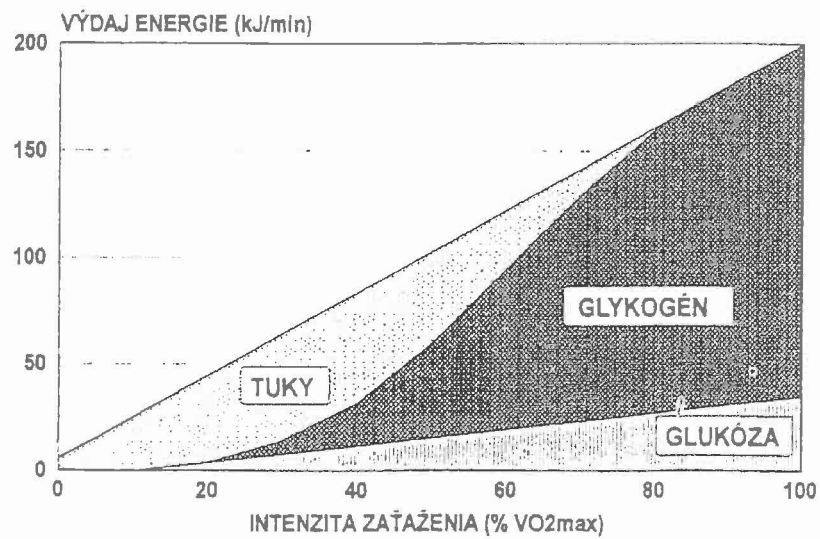
Obrázek 3

Podíl energetického krytí (%) v závislosti na trvání zátěže (Hamar, 2001)



Obrázek 4

Výdej energie v závislosti na intenzitě zátěže (% VO_{2max}) (Hamar, 2001)



Prakticky souběžně s regenerací ATP z kreatinfosfátu začíná v cytoplazmě svalové buňky i produkce ATP anaerobním rozkladem glukózy (anaerobní glykolýza) na pyruvát, který je nakonec za asistence enzymu laktát dehydrogenáza (LDH) rozložen na laktát (resp. kyselinu laktátovou/kyselinu mléčnou). Anaerobní glykolýza je sice dosti neefektivní způsob získávání energie, nicméně probíhá velkou rychlostí (až 100 krát rychleji než aerobní glykolýza). Už po cca půl minutě, kdy se zásoby kreatinfosfátu prudce sníží, se na celkové energetické produkci podílí z cca 2/3. Náhlý zlom v poměru pohotovité produkce energie z kreatinfosfátu a poněkud pomalejší anaerobní glykolýzy zapříčiňuje po 30 - 40 sekundách známou „čtvrťkařskou krizi“ z důvodu snížené rychlosti produkce ATP.

Zásoby glukózy pro okamžitou potřebu při intenzivních výkonech (řádově několik desítek minut) jsou obsaženy ve svalovém glykogenu. Další zásoby glukózy jsou uloženy v jaterním glykogenu. Játra jsou schopna vytvářet glukózu také z proteinů (neefektivně a s důsledky v podobě škodlivých metabolitů), tuků, laktátu i jiných substancí v procesu zvaném glukoneogeneze. Glukóza z jater proudí do krve a při průtoku svaly je spotřebována k tvorbě energie. Jaterní glukóza však nepostačuje ke krytí intenzivního svalového výkonu; navíc určitá minimální úroveň glukózy v krvi musí být zachována, protože krevní glukóza je zdrojem energie pro mozek a další tkáně. Z toho důvodu je schopnost svalů přijímat glukózu z krve limitována (viz tab 2).

Tabulka 2

Zásoby energie u průměrného člověka (www.gmuender.org)

Zásoby energie u průměrného člověka				
Zdroj energie	Zásobní forma	Množství	Energetický zisk na 1gram	Celkem energie v Kcal
Karbohydráty (cukry)	Jaterní glykogen	110g	4,1Kcal/g	451Kcal
	Svalový glykogen	250g	4,1Kcal/g	1,025Kcal
	Glukóza v tělesných tkáních	15g	4,1Kcal/g	62Kcal
Celkem karbohydrátů		357g		1,538Kcal
Lipidy (tuky)	Podkožní tuk	7,800g	9 Kcal/g	70,980Kcal
	Vnitrosvalový tuk	161g	9 Kcal/g	1,465Kcal
Celkem tuků		7,961		72,445Kcal

Při výkonech trvajících déle než 1 minutu dominuje aerobní způsob získávání energie (aerobní glykolýza). V cytoplazmě svalové buňky je glukóza rozkládána na pyruvát a ten je poté prostřednictvím enzymu pyruvát dehydrogenázy (PDH) metabolizován v mitochondriích v tzv. Krebsově cyklu (cyklu kyseliny citrónové) za vzniku vody (H₂O), oxidu uhličitého (CO₂) a velkého množství energie (necelých 40 ATP). Tento proces probíhající za přítomnosti kyslíku se nazývá oxidativní fosforylace. Když se intenzita výkonu stupňuje, množství mitochondrií, oxidativních enzymů a přijímaného kyslíku nestačí odbourávat pyruvát a dochází k jeho přeměně na laktát v procesu anaerobní glykolýzy.

Pokud jsou po cca 60-90 minutách intenzivního výkonu zcela vyčerpány zásoby glykogenů a krevní glukóza nepostačuje, svaly začnou využívat energii převážně oxidací tuků (resp. volných mastných kyselin) v Krebsově cyklu na H₂O a CO₂.

Tento způsob produkce energie (lipolýza) nevytváří laktát, ale je méně ekonomický nežli rozklad glukózy, neboť na stejný objem energie vyžaduje více kyslíku (viz tab. 3).

Tabulka 3
Metabolické reakce produkující energii pro svalový pohyb
 (www.gmuender.org)

Reakce produkující energii pro svalový pohyb	
HYDROLÝZA ATP (první sekundy)	$ATP + H_2O > ADP + H_3PO_4 + 31$ kJ na 1 mol ATP
REGENERACE ATP Z KREATINFOSFÁTU (dominuje až do cca 20 sekund)	$kreatinfosfát (PCr) + ADP = ATP +$ kreatin + 43 kJ na 1 mol PCr
ANAEROBNÍ GLYKOLÝZA - Anaerobní rozklad glukózy (dominuje po vyčerpání PCr od 20-30 do cca 60-80 sekund)	$glukóza + 2 ATP$ (nebo glykogen + 1 ATP) > 2 laktát + 4 ATP
AEROBNÍ GLYKOLÝZA - Aerobní rozklad glukózy (dominuje po 60-80 sekundách)	$glukóza + 2 ATP$ (nebo glykogen + 1 ATP) (+ O₂) > 6 CO₂ + 6 H₂O + cca 38 ATP
LIPOLÝZA - Aerobní rozklad tuků (volných mastných kyselin) (dominuje po vyčerpání glykogenu po cca 60-90 minutách)	1 mol volných mastných kyselin (+ O₂) > CO₂ + H₂O + ATP

To nevyhnutně vyvolává vyšší požadavky na dodávku kyslíku (zvýšení ventilace) a protékání krve (vyšší srdeční výkon). Při produkci energie z tuků již nelze udržet vysoké pracovní tempo (nad 50 - 60% VO_{2max}). Vyčerpání glykogenových zásob a „najetí“ na pomalejší oxidaci tuků se projevuje notoricky známou krizí po 30 kilometrech maratonského závodu (viz obr. 5).

Při produkci energie za převážně anaerobních podmínek se ve svalu hromadí laktát, a to i přes jeho rychlé vyplavování do krve a další metabolizaci v játrech (tam je použit při syntéze glukózy), nepracujících svalech, ledvinách či v srdci (přeměněn na pyruvát). Když dosáhne hladina laktátu určité úrovně, zvýší se koncentrace souběžně produkovaných iontů vodíku do takové míry, že způsobí výrazný pokles pH, což vyvolá inhibici enzymů a tím i svalových funkcí.

Rychlost poklesu pH závisí na pufrací kapacitě krve a svalů, tj. schopnosti neutralizovat metabolické zplodiny a omezovat okyselování. Pufrací kapacita má velký význam pro sportovní výkon a lze ji zvýšit tréninkem. Po skončení výkonu se pomocí zvýšené hyperventilace (zvýšený příjem O_2) rychleji odplavuje ze svalu laktát a jsou doplněny energetické rezervy (ATP, kreatinfosfát). Tato zvýšená spotřeba kyslíku se běžně označuje jako „kyslíkový dluh“ a je přibližně úměrná množství vykonané anaerobní práce. Při výkonech delších než cca 30 sekund se laktát nahromadí takovým způsobem, že se prudce zvyšuje čas na zotavení. Běžci na 400 metrů proto potřebují nejméně 60 minut, aby byli schopni zopakovat kvalitní výkon.

Obrázek 5

Energetický metabolismus v závislosti na časovém průběhu

(Neumann, 1998)

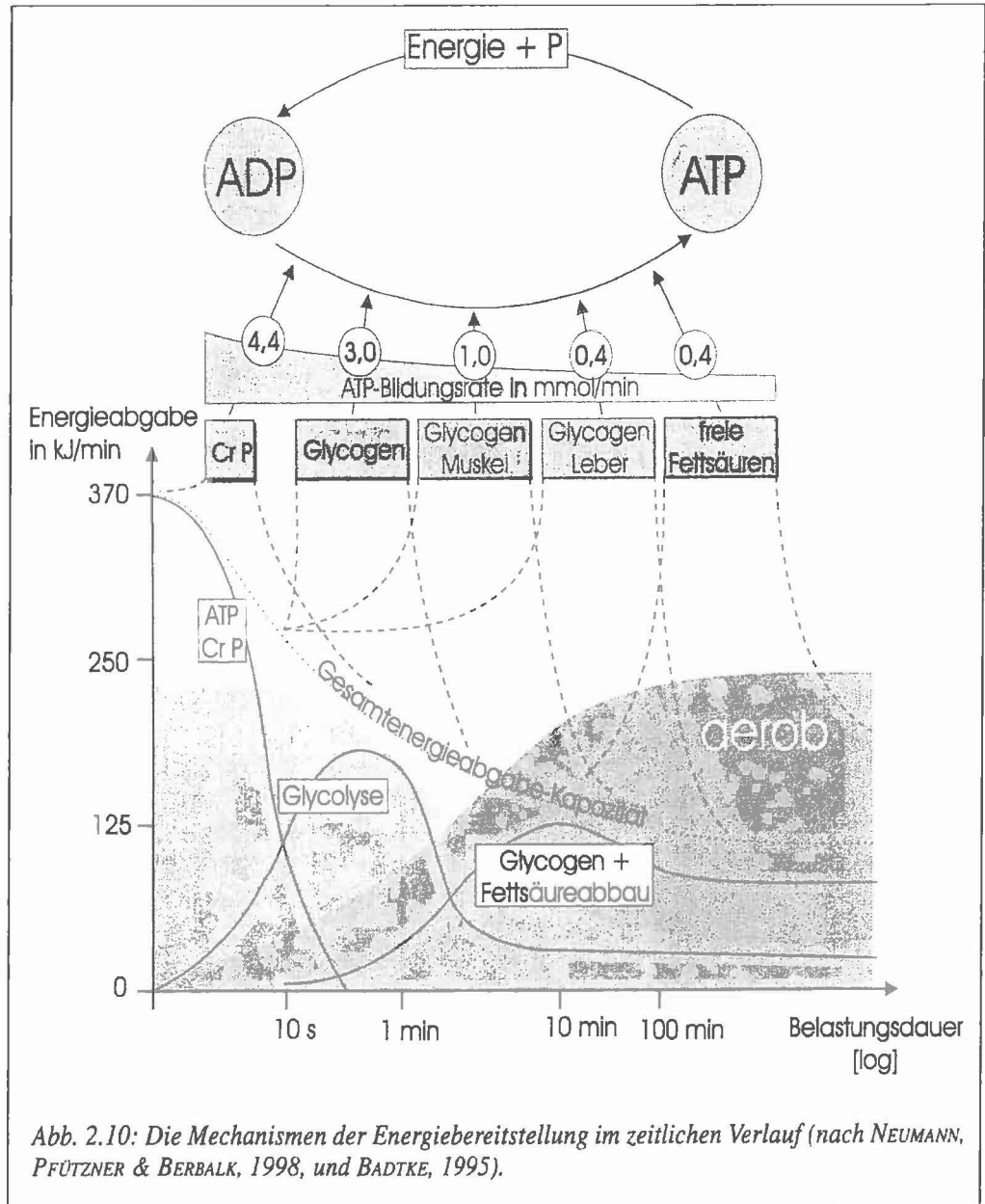


Abb. 2.10: Die Mechanismen der Energiebereitstellung im zeitlichen Verlauf (nach NEUMANN, PFÜTZNER & BERBALK, 1998, und BADTKE, 1995).

3.7 Aerobní a anaerobní metabolismus

3.7.1 Aerobní práh

Je stanoven dle Neumanna (2004) hodnotou 80% - 85% SF_{max} . Energie je hrazena štěpením tuků a cukrů, jejich poměr se mění v závislosti na intenzitě zátěže ve prospěch cukrů za dostatečného přísunu kyslíku. Laboratorně je definován laktátem 2 mmol. Hodnota tohoto prahu se tréninkem zvyšuje. Zatížení na úrovni aerobního prahu se využívá pro optimální rozvoj dlouhodobé vytrvalosti.

3.7.2 Aerobní maximální výkon, maximální aerobní kapacita

Dle Dovalila (2002) je aerobní max. výkon (VO_{2max}) maximální spotřeba kyslíku = nejvyšší možná individuální hodnota spotřeby kyslíku, dosažitelná při práci velkých svalových skupin v časové jednotce. Měří se v průběhu 1 min. a v hodnotách za 1 min. se také vyjadřuje v l/min nebo v ml/min/kg.

U vytrvalců činí VO_{2max} 70 - 80 ml/min/kg, u žen 70 - 75 ml/min/kg. Průměr dospělé populace byl zjištěn kolem 45 u mužů, u žen 36 (Seliger, 1992). Hodnota závisí na věku, pohlaví, hmotnosti těla, trénovanosti : zdá se že je geneticky podmíněna, může se měnit v rozsahu 20 - 30%.

Po funkční stránce je VO_{2max} komplexním ukazatelem výkonnosti celého transportního systému pro kyslík od vdechnutí atmosférického vzduchu až po využití kyslíku v buňkách svalu.

Maximální aerobní kapacita = využití co největší části maximální možné spotřeby kyslíku po delší dobu, v podstatě co nejdéle. Aerobní kapacita se chápe jako projev schopnosti pracovat převážně v aerobním režimu, bez výraznějšího zapojení anaerobních energetických procesů. Je tím vyšší, na čím vyšší úrovni je aerobní krytí energetického požadavku cvičení a čím déle je organismus schopen se na této úrovni aerobního metabolismu pracovat.

3.7.3 Anaerobní práh

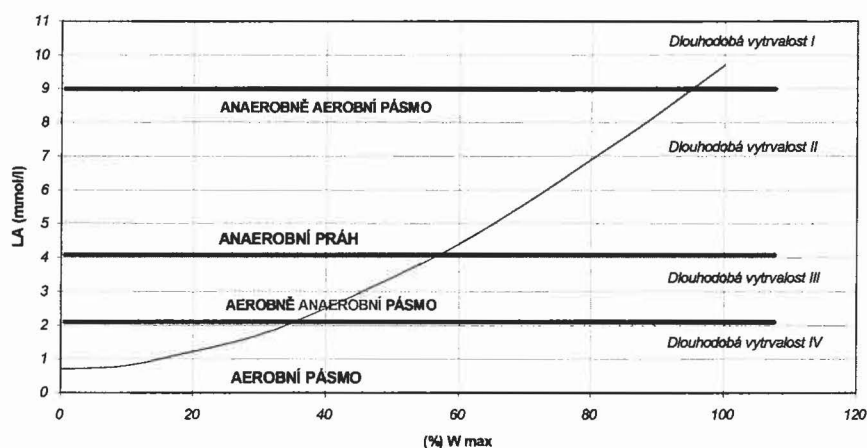
Dle Dovalila (2002) anaerobní práh znamená takovou nejvyšší intenzitu konstantního zatížení, při níž k úhradě energie nestačí pouze aerobní procesy, výrazněji se uplatňují už také procesy anaerobní, avšak celý metabolický systém zůstává ještě v dynamické rovnováze tvorby a využití laktátu.

Zjištění konkrétních hodnot předpokládá funkční vyšetření v laboratoři. Sledováním koncentrace laktátu při stupňovaném zatížení se vytváří tzv. laktátová křivka. Bod, v němž tato křivka překračuje hranici 4 mmol/l, určuje hledaný anaerobní práh (viz obr. 6).

Dle Hottenrotta (1998) může být u lépe trénovaných sportovců individuální anaerobní práh také pod 3 mmol/l.

Obrázek 6

Vztah mezi intenzitou a pásmy zatížení v % maximálního výkonu a hladinou laktátu (Hottenrott, 1995)



3.8 Charakteristika vytrvalosti

Vytrvalost dle Neumann (2004) lze charakterizovat jako schopnost vykonávat práci určité intenzity po určitou dobu a je charakterizována schopností udržet co nejdéle daný výkon. Úroveň vytrvalosti je určena především funkčními schopnostmi oběhového ústrojí, dýchací soustavy, charakterem látkové výměny, stavem energetických zásob a nervové soustavy, jakož i koordinací těchto systémů. Podstatnou roli hraje i hospodárnost všech orgánů, úroveň pohybové koordinace a stupeň rozvoje psychických předpokladů pro vytrvalostní charakter zatížení. Pro pochopení základního fyziologického členění jednotlivých druhů vytrvalosti je třeba si ozřejmit některé základní pojmy. Bezprostředním zdrojem energie při jakémkoliv výkonu je rozklad ATP ve svalové tkáni. ATP je látka energeticky velmi bohatá, ale její zásoby ve svalu jsou poměrně malé a nelze je tréninkem zvyšovat. Proto je výkon svalů a trvání fyzické zátěže přímo závislé na rychlosti a velikosti obnovy ATP, která probíhá těmito základními pochody :

- aerobně (za přístupu kyslíku) oxidací živin v závislosti na velikosti průtoku krve svalem,

- anaerobně (bez přístupu kyslíku) štěpením fosfagenu (jeho zásoby ve svalu jsou poměrně malé a brzy se vyčerpají) nebo glykogenu na kyselinu mléčnou nebo-li laktát, jehož hromadění ve svale zhoršuje jeho činnost a urychluje nástup únavy. Podíl aerobního a anaerobního metabolismu je přitom závislý především na době trvání pohybové činnosti, přičemž s délkou výkonu se podíl aerobního metabolismu zvyšuje. Na podíl aerobního a anaerobního metabolismu má přímý vliv i stupeň trénovanosti, který lze exaktně vyjádřit s využitím dále uváděných biochemických testů.

Dle Dovalila (2002) vytrvalost je schopnost člověka k dlouhotrvající pohybové činnosti. Je to soubor předpokladů provádět cvičení s určitou nižší než maximální intenzitou co nejdéle nebo po stanovenou dobu co nejvyšší možnou intenzitou.

Neuman (2004) definuje vytrvalost jako schopnost vykonávat určitou činnost tak dlouho, než dojde k poklesu výkonnosti.

3.8.1 Rozdělení vytrvalostních schopností

1. Podle počtu zapojených svalů:

- lokální vytrvalostní schopnost (1/3 svalové hmoty),
- globální vytrvalostní schopnost (více jak 1/3 svalové hmoty).

2. Podle doby trvání (viz tab. 4):

Tabulka 4

Rozdělení vytrvalosti podle doby trvání (Neumann, 2004)

Vytrvalost	Doba pohybové činnosti (čas)	Spotřeba kyslíku (% VO_{2max})	Energetické krytí (% aerobn. podílu)
Krátkodobá	35s - 2min.	100	20
Střednědobá	2 – 10min.	95-100	60
Dlouhodobá I.	10 - 35min.	90-95	70
Dlouhodobá II.	35 - 90min.	80-95	80
Dlouhodobá III.	90 - 360min.	60-90	95
Dlouhodobá IV.	nad 360min.	50-60	99

3. Podle vnějšího projevu:

- statická vytrvalostní schopnost (výdrž ve shybu),
- dynamická vytrvalostní schopnost (sedy-lehy, běh).

4. Podle podílu ostatních schopností:

- obecná vytrvalost (aerobní kapacita, aerobní výkon),
- speciální vytrvalost (herní, plavecká, běžecká, atd.).

3.8.2 Biologický základ vytrvalosti v organismu (www.users.rcn.com)

Z biologického hlediska jde při vytrvalostním výkonu o plynulé dodávání kyslíku a energetických zdrojů svalovým buňkám a současný odvod zplodin látkové výměny. To je dáno několika dalšími faktory, které lze ve většině případů ovlivnit, proto je vytrvalostní schopnost poměrně dobře trénovatelná.

1. Dědičnost: poměr rychlých a pomalých svalových vláken.

2. Kardiopulmonární soustava: její činnost je dobře ovlivnitelná tréninkem a jedná se především o ovlivnění:

a) dýchacího systému: příjem kyslíku do organismu závisí na minutové ventilaci (dechový objem x dechová frekvence) a využití kyslíku ze vzduchu,

b) oběhového systému: příjem kyslíku do svalových buněk závisí na minutovém objemu srdečním (srdeční objem x srdeční frekvence),

c) cévním zásobením ve svalu (počtu kapilár obklopujícím svalové vlákno).

3.8.3 Metody a rozvoje vytrvalostních schopností

a) Intervalové metody: metody rozvíjející aerobní výkon

1. Gerschlerova metoda: využívá činnost srdce v době, kdy je zachováván velký systolický objem (120 - 180 tepů). Doba cvičení 90 s, interval aktivního odpočinku nejvýše 90 s do doby poklesu srdeční frekvence pod 120 - 140 tepů /min. Cvičení ukončit jakmile tepová frekvence neklesá pod 140 tepů / min.

2. Saltin - Astrandova metoda (švédská): využívá zvyšující se spotřeby kyslíku v následných intervalech. Doba cvičení 3 – 5 min (maximální intenzita), aktivní odpočinek 3 – 5 min. Cvičení ukončit jakmile nelze danou intenzitu vydržet.

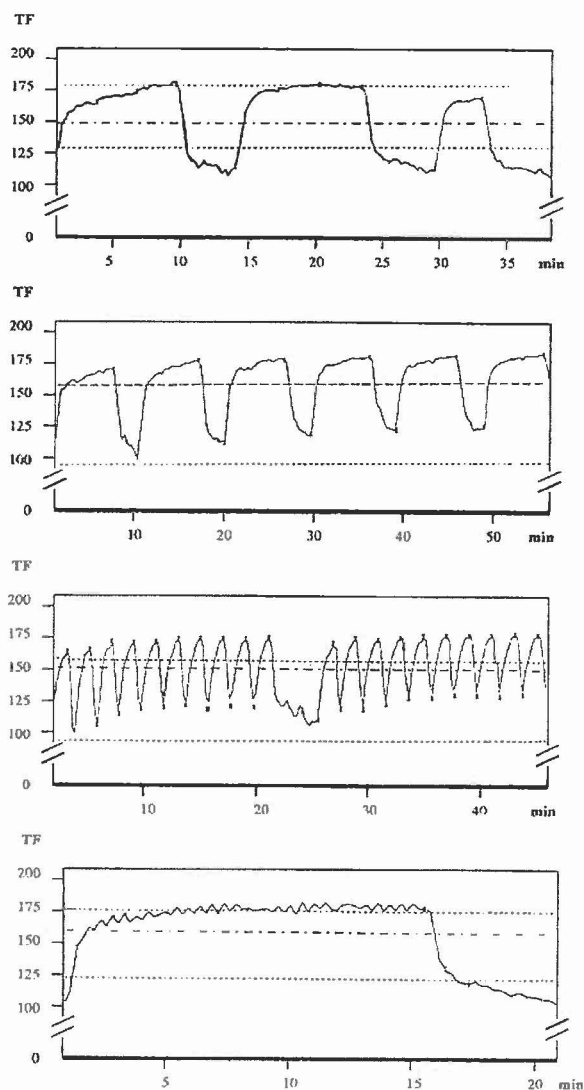
3. Berghova metoda: obdoba metody předchozí se zkrácením intervalů zatížení a zotavení. Doba cvičení 10 – 15 s (maximální intenzita), pasivní odpočinek 10 - 15 s. Doba cvičení 30 min.

Intervalové metody dle doby zatížení (viz obr. 7):

1. krátkodobá intervalová metoda: trvání zatížení 15 s - 2 min,
2. středně dlouhá intervalová metoda: 2 - 8 min,
3. dlouhodobá intervalová metoda: 8 - 15 min.

Obrázek 7

Průběh srdeční frekvence při různých formách vytrvalostního zatížení
Hottenrott (1995) – 1, - 2. přerušované, rovnoměrné dlouhé úseky, 3. přerušované, rovnoměrné krátké úseky, 4. souvislý, rovnoměrný úsek.



b) Dlouhodobé metody (souvislé metody): metody rozvíjející aerobní kapacitu:

1. Metoda souvislá: nepřerušované zatížení nízké a střední intenzity.
 2. Metoda střídavá: plánovitě je měněna rychlost běhu, čímž se organismus nuceně dostává do kyslíkového dluhu, který následně při lokomoci nižší intenzity odbouráván, příklad: běh 60 minut - střídání 1000 m za 4 : 20 min (SF 140) a 500 m za 1 : 40 min (SF 180).
 3. Fartleková metoda: hra s během, intenzita podle subjektivních pocitů, využívání běhu v terénu.
- c) Metoda dlouhodobých intervalů (metoda na úrovni ANP): metoda zvyšující anaerobní práh. Zatížení 8 - 20 min maximální intenzitou (na úrovni ANP). Aktivní odpočinek 6 - 15 min.

Tabulka 5

Oblasti zatížení podle Neumanna (1998)

schopnosti	tréninkové formy	% intenzity
závodní	závody	100%
rychlostní vytrvalost	rychlostní trénink	95-120%
silová vytrvalost	silový trénink	85-95%
základní vytrvalost 2	vytrvalostní trénink vyšší intenzitou	90-95%
základní vytrvalost 1	vytrvalostní trénink nižší intenzitou	75-90%
kompence/regenerace	kompensační trénink	pod 70%

Tabulka 6

Stupně tréninkového zatížení podle Sleamaker (1996)

Stupeň intenzity zatížení	% VO_{2max}	% max. srdeční frekvence	Odpovídající trén. prostředky
I.	55-65%	60-70%	dlouhé tratě, síla
II.	66-75%	71-75%	vytrvalost, síla, stupňovaná zátěž
III.	76-80%	76-80%	vytrvalost, síla
IV.	81-90%	81-90%	intervaly, závodní rychlost
V.	91-100%	91-100%	závod, krátké rychlé úseky

3.9 Energetická náročnost pohybu

Energetická náročnost pohybu byla opakovaně zkoumána a testována např. u O'Toole (1987), Kaneko (1983). Ve většině presentací je uváděn úzký vztah stoupající rychlosti pohybu a velikosti energetického výdeje. Nejrozpracovanější a z velké části přesnější jsou výpočty di Prampera (1986).

Rekordní rychlosti dosažené při různých formách lidského pohybu kolísají v rozsahu pro vytrvalostní disciplíny obdobné doby trvání od 1,7 m/s při plavání volným stylem do asi 14 m/s při cyklistice. Příčiny způsobující tyto značně rozdílné výkony, spočívají převážně v energetické potřebě pohybu definované jako množství energie spotřebované na jednotku vzdálenosti.

Těsný vztah, existující mezi výkonem a energetickou potřebou pohybu může být vyjádřen následovně. Energetický výdej, přesahující klidový vztah za jednotku času (E) je produktem rychlosti pohybu (v) krát energetická potřeba (C) → $E = C * v$. Z rovnice je možné vypočítat, že maximální rychlost pohybu závisí na poměru maximálního metabolického výkonu E_{max} k energetické potřebě pohybu při této rychlosti. Tato rovnice platí bez ohledu na energetické krytí pohybu.

3.9.1 Faktory ovlivňující energetickou potřebu pohybu

Energetická potřeba běhu dle Prampera (1986) je jednotkou tělesné hmotnosti a vzdálenosti. Některá pozorování však ukazují, že C je asi o 10% větší u sprinterů nežli u běžců na dlouhé vzdálenosti. Rozdíl je také možné vypočítat u dětí a dospělých jedinců. Daleko větších rozdílů v energetické potřebě způsobují vnější a vnitřní faktory, které na objekt působí.

Vnější faktory :

- odpor prostředí
- profil terénu
- teplota
- nadmořská výška

Odpor prostředí je úměrný čtverci rychlosti prostředí (v^2) $\rightarrow Ra = k * v$, kde (k) je konstanta, která závisí na hustotě prostředí, koeficientu odporu a projekci plochy tělesa do frontální roviny. Energie spotřebovaná na jednotku vzdálenosti pro překonání odporu prostředí neboli aerodynamického odporu (Cr) je dána výrazem $Cr = k * v^2$.

Některé studie ukazují, že například energetická potřeba chůze má své minimum při optimální rychlosti, která je tím menší, čím prudší je svah. Zatímco u všech svahů je energetická potřeba běhu závislá na rychlosti a profilu. U běhu je tedy jasné, že při konstantní rychlosti bude energetická potřeba lineárně závislá na profilu.

Vnitřní faktory :

- trénovanost, věk, hmotnost, psychika, zdravotní stav, technika, vybavení.

Trénovanost je definována jako soubor adaptačních změn v organismu sportovce, který je charakterizován především parametry „vnitřního“ výkonu či „vnitřní“ práce. Z fyziologického hlediska lze energii získávat z aerobních a anaerobních zdrojů. Trénovanost jedince rozhodne, z jakých zdrojů a v jakém množství bude energie do pracujících svalů dopravena.

Technika do značné míry také ovlivňuje energetickou potřebu pohybu. Energetická potřeba běhu dosahuje minima při optimální frekvenci kroků, která se mění anebo pouze nepatrně zvyšuje se zvyšující rychlostí (Boje O., 1944; Hogberg P., 1952; Karpovich P. V., 1944). Také při cyklistice, je mechanická účinnost a tedy energetická potřeba přepravy ovlivněna pedálovou frekvencí.

3.9.2 Energetické systémy

- 1) Kreatinfosfátový systém (ATP – CP) - zásoba na 2 - 20 kontrakcí
- 2) Anaerobní glykolýza (LA – systém) - tvorba ATP a laktátu
- 3) Aerobní glykolýza (O_2 systém) - tvorba ATP, CO_2 a H_2O

3.9.3 Energetické zásoby

- 1) ATP (fosfagen – přímo ve svalových buňkách): 20 – 30 kJ
- 2) Glykogen (svalstvo, játra): 6000 – 7500 kJ (RQ = 0,9)
- 3) Tuky (podkoží): 200 000 kJ (200 MJ) (RQ = 0,7)
- 4) Bílkoviny (jen určité aminokyseliny - patologicky): (RQ = 0,8)

3.9.4 Respirační koeficient

Dle Havlíčková a kol. (1997) při tělesném klidu nebo při málo intenzivní práci je čerpána energie ze všech živin, při intenzivní svalové činnosti jsou hlavním, někdy i výhradním zdrojem cukry. O tom, které živiny jsou metabolisovány, nás informuje respirační kvocient (RQ), což je poměr mezi vydýchaným oxidem uhličitým a spotřebovaným kyslíkem.

$$RQ = \frac{\text{CO}_2 \text{ molecules}}{\text{O}_2 \text{ molecules}} \times \frac{10^{19}}{10^{19}} = \frac{V_c}{V_o}$$

Oxidují-li se glycidy, pak množství vydýchaného oxidu uhličitého a spotřebovaného kyslíku je stejné, RQ = 1, pro tuky platí RQ = 0,7 a při oxidaci bílkovin je RQ = 0,8. Při přeměně cukru na tuky je RQ větší než 1, při glukoneogenezi (tvorba cukrů z necukerných zdrojů tj. tuků a bílkovin) je RQ menší než 0,7 podle rozsahu přeměn (viz tab. 7).

Tabulka 7**Energický ekvivalent Neuman (2004)**

Respirační koeficient	Hrazení energie	Energetický ekvivalent
RQ 1,0	jen uhlohydráty	5,05 kcal
RQ 0,95	dominují uhlohydráty	5,01 kcal
RQ 0,90	uhlohydráty a tuky	4,93 kcal
RQ 0,85	smíšené pásmo	4,89 kcal
RQ 0,80	tuky a uhlohydráty	4,81 kcal
RQ 0,75	dominují tuky	4,77 kcal
RQ 0,70	jen tuky	4,69 kcal

3.10 Testování funkčních parametrů dle Suchý, Slaba (2002)

Základní antropometrie

Cílem je zjištění základních antropometrických parametrů, které jsou potřebné i pro další vyšetření. Měříme tělesnou hmotnost, tělesnou výšku a procento depotního tuku, dále i aktivní tělesnou hmotnost (ATH). Doplňkově je možné zjišťovat i další tělesné rozměry, jako délky a obvody končetin a trupu. Ty však nejsou pro sportovní výkonnost v triatlonu příliš směrodatné (prosazují se různé typy postav), ale mohou mít poměrně značnou vypovídací hodnotu při individuálním posuzování, např. relativní úrovně svalové hypertrofie a tím i specifických silových předpokladů. Množství tělesného tuku indikujeme metodou měření kožních řas nebo bioimpedanční metodou. Z praktických důvodů se jeví výhodná metoda založená na měření 10 kožních řas, která umožňuje sledovat i distribuci podkožního tuku a při opakovaném měření její případné změny. Na přístrojové vybavení je náročnější bioimpedanční metoda, která postihuje kromě celkového množství tuku i množství a distribuci vody a kvalitu svalové hmoty.

Na základě evidence přesného datumu testování a narození vypočítáváme věk sportovce s přesností na setiny roku.

Vyšetření plicních funkcí

Vyšetřením plicních funkcí sledujeme hodnoty související s maximálním usilovným výdechem. Současná technika umožňuje sledovat a registrovat nejen maximální vitální kapacitu plic při usilovném výdechu, ale i dynamiku výdechu, tedy rychlosti průtoku v závislosti na čase, tzv.: rozepsaný usilovný výdech. Pro diagnostiku stavu plicních funkcí využíváme: usilovnou vitální kapacitu plic (FVC), usilovný výdech za 1 sekundu (FEV_1) a maximální výdechová rychlost (PEF). Výsledky jsou vztaženy k náležitým hodnotám dle věkových, pohlavních, hmotnostních a výškových norem. Výsledkem je procentuelní úroveň testovaného v jednotlivých parametrech vzhledem k normě.

Diagnostika aerobních schopností

Pro vytrvalostní sporty obecně volíme ze zátěžových testů převážně ty, které jsou zaměřené na diagnostiku aerobních schopností, a které vypovídají o výkonnosti: oběhového a dýchacího systému a oxidativní kapacitě kosterního svalstva. Nevhodné jsou jednoduché funkční zkoušky a odhady používané u běžné populace. Nejdůležitějším zjišťovaným parametrem (nikoliv jediným) je maximální spotřeba kyslíku (VO_{2max}) a úroveň ventilačního anaerobního prahu (ANP). Tyto hodnoty charakterizují obecnou zdatnost a pro vytrvalce jsou také rozhodujícím ukazatelem trénovanosti. Určení maximálních aerobních schopností u vrcholových sportovců předpokládá provedení stupňovaného testu do maxima prostřednictvím specifického zatížení (běhátko, cyklistický ergometr). Při hodnocení výsledků by měla být brána v úvahu cca 5 % chyba měření (i při použití moderního přístrojového vybavení).

Z teoretického pohledu by měly být maximální i prahové parametry úrovně trénovanosti a výkonnosti zjišťovány pro každou složku triatlonového výkonu zvlášť (plavání, kolo, běh).

Při jednorázovém testování se v laboratorní praxi používá volba mezi zátěží na bicyklovém ergometru či na běhacím koberci, které dostatečně

informují o úrovni vytrvalostních schopností potřebných pro triatlonový výkon.

Při dlouhodobějším systému sledování (např. 2 - 4x ročně) je vhodné kombinovat obě metodiky a sledovat nejen dosažené maximální hodnoty, ale i jejich vzájemný vztah.

Při volbě formy a prostředku zatížení pro maximální test je nutné brát v úvahu způsob zatěžování v konkrétním období triatlonové přípravy během ročního cyklu a také cíle, které testováním ověřujeme. V PO 1 převládá běžecká a plavecká příprava nad cyklistickou a běh s plaváním je hlavním prostředkem pro rozvoj specifické aerobní vytrvalosti, proto v prosincovém termínu testování volíme zatížení na běhacím koberci případně plaveckém ergometru. Při diagnostice probíhající v předjarním období je účelnější použít zátěžový test na bicyklovém ergometru. Hodnoty VO_{2max} získané na bicyklovém ergometru jsou obvykle o 5 – 10 % nižší, ale vzhledem k tréninkovému zatížení v jarním období mají větší výpovědní hodnotu a možnost praktického využití zjištěných prahových hodnot (ANP). Běžně prováděná metodika umožňuje v rámci maximálního testu na bicyklovém ergometru provést i submaximální test „W170“ (výkon ve wattech, při teoretické SF 170 min^{-1}), který je dalším doplňujícím parametrem informujícím o stavu a změnách kondičních dispozic testovaného (výpovědní hodnota zejména při intraindividuálním sledování).

Metodika a technické provedení maximálního testu

- nejprve měříme klidové hodnoty (SF, popř. i spotřebu kyslíku a spiroparmetry), poté následují dva stupně submaximálních (rozcvičovacích) zatížení trvající 4 minuty. Na bicyklovém ergometru volíme zatížení 2,0 a 3,0 $\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti, na běhacím koberci při nulovém sklonu volíme dle individuální výkonnosti přiměřenou rychlost vzhledem k věku a pohlaví (např. 10 a 12 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$). V závěru každého rozcvičovacího zatížení měříme kardiorespirační parametry.

- vlastní stupňovaný test po krátké pauze začínáme při bicyklové ergometrii nejčastěji na úrovni „W170“ a zvyšujeme o 20 W každou minutu

až do *vita maxima*. Na běhacím koberci začínáme na rychlosti na úrovni submaximálního zatížení a zvyšujeme rychlost v závislosti na technickém vybavení buď plynule (*ramp test*) nebo stupňovaně, tak aby celkový přírůstek rychlosti byl $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ rovněž do *vita maxima*. Průběžně registrujeme srdeční frekvenci i ventilačně-respirační ukazatele (minutová ventilace, dechová frekvence, spotřeba kyslíku, respirační kvocient a další). Pro spolehlivé stanovení maximálních parametrů oxidativní výkonnosti je žádoucí, aby se celkové trvání stupňované zátěže pohybovalo v rozmezí 4 - 8 minut.

Hodnocené parametry při maximálním testu

Maximální dosažený výkon - zaznamenáváme maximální dosaženou rychlost na běhacím koberci ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) nebo maximální výkon (W) dosažený na bicyklovém ergometru (absolutně i přepočten na tělesnou hmotnost).

Maximální spotřeba kyslíku ($\text{VO}_{2\text{max}}$) - jedná se o komplexní ukazatel oxidativně metabolických schopností organismu i výkonnosti transportního systému. Vyjadřujeme v absolutních hodnotách ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) a v přepočtu na tělesnou hmotnost ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebo aktivní tělesnou hmotnost ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ATH). Hodnota $\text{VO}_{2\text{max}}$ je do značné míry geneticky limitována a při dosažení individuálně hraniční úrovně se u špičkově trénovaných dospělých sportovců příliš nemění.

Maximální srdeční frekvence (SF_{max}) - nejvyšší hodnota SF, obvykle dosažená při maximálním zatížení. Je vysoce individuální a s věkem se mírně snižuje. Dobře určená SF_{max} může sloužit pro přibližný odhad prahových hodnot (SF_{ANP}).

Maximální ventilace (V_{max}) - jde o množství vzduchu prodýchané plicemi za minutu maximálního výkonu. Hodnota je součinem dechové frekvence (DF_{max}) a dechového objemu (V_T). Výsledek je kromě trénovanosti také závislý na tělesné stavbě (tělesná výška, objem hrudníku).

Maximální koncentrace laktátu (LA_{max}) - biochemicky zjištěná maximální pozátěžová koncentrace laktátu v kapilární krvi odpovídá úrovni zapojení

anaerobního metabolismu a nepřímo naznačuje úroveň rychlostně silových parametrů. Určuje se v mmol.l^{-1} .

Dechový objem v maximu (V_T) - množství vzduchu, s kterým plíce při zatížení pracují během jednoho nádechu a výdechu.

Hodnota ukazuje na hloubku dechu při maximálním zatížení a v poměru s FVC ukazuje na ekonomiku dýchání (%FVC).

Tepový kyslík ($O_{2\text{tep}}$) - je podílem $VO_{2\text{max}}$ (v litrech) a $SF(\text{min}^{-1})$, tedy množství kyslíku přenesené jedním srdečním stahem a jednotkou jsou mililitry. Parametr ukazuje na úroveň ekonomiky oběhového systému.

Dechová frekvence v maximu (DF_{max}) - spolu s dechovým objemem je určujícím parametrem dechové efektivity. DF je vázána na rytmus pohybu a pohybový stereotyp.

Respirační ekvivalent kyslíku ($VEqO_2$) - vyjadřuje poměr mezi ventilací a spotřebou kyslíku (oboje v l.min^{-1}), tedy množství prodýchaného vzduchu potřebného na využití jednoho litru O_2 .

Poměr respirační výměny (R) - jedná se o poměr mezi vydechovaným oxidem uhličitým a spotřebou kyslíku (VCO_2/VO_2) v konkrétním okamžiku měření. Zjednodušeně řečeno můžeme na základě R při maximálním zatížení určit velikost podílu anaerobního metabolismu na úhradě energie potřebné pro vykonávanou práci, tj. nepřímo úroveň anaerobních (rychlostně-silových) schopností.

Ventilační anaerobní práh (ANP) - dosažení intenzity zátěže na úrovni anaerobního prahu se při maximálním stupňovaném testu projevuje nelineárním vzrůstem ventilace v závislosti na spotřebě kyslíku a stupni zatížení. Úroveň intenzity anaerobního prahu se vyjadřuje hodnotou spotřeby O_2 při ANP, hodnotou SF_{ANP} a intenzitou zátěže (km.h^{-1} , W) při ANP. Všechny zjištěné hodnoty ANP se procentuálně vztahují k maximálně dosaženým hodnotám. Při stanovení ANP je žádoucí, aby použité zatížení bylo specifické, tedy nacházela se těsná vazba mezi intenzitou zatížení na úrovni ANP a závodním výkonem.

Celková doba zatížení (t) - celková doba trvání testu (bez rozcviček) uváděná v minutách. Jedná se o orientační údaj závislé na hodnotě

počátečního zatížení a pro stanovení maximálních oxidativní výkonnosti se pohybuje v rozmezí 5 - 12 min.

4 HLAVNÍ ČÁST

4.1 Cíl a úkoly práce

4.1.1 Cíl práce

Cílem práce je vytvoření metodologie hodnocení energetické náročnosti zatížení u špičkových triatlonistů.

4.1.2 Úkoly práce

- zpracovat literární rešerši problému energetické náročnosti pohybu,
- nastudovat metodologii a výzkumné metody hodnocení energetické náročnosti pohybu,
- analyzovat energetickou náročnost pohybu při stupňovaném testu do vita maxima v laboratoři u vybraného triatlonisty,
- vybrat vhodnou metodu pro využití parametru energetické náročnosti pohybu při řízení tréninku u triatlonistů,
- vybrat vhodnou metodu pro sledování energetické náročnosti pohybu v průběhu tréninkového zatížení.

4.2 Charakteristika souboru

Sportovec J.K. je od roku 1996 aktivním triatlonistou se zaměřením na dlouhý triatlon v nejlepším dosaženém čase 9:02 hod z roku 2003.

Fyziologická charakteristika sportovce J.K.:

hmotnost	76,5kg
výška	180cm
procento tuku	3,10%
VO_{2max}	72,42 kg/ml
SFmax	203tep/min,
SF ANP	175
SF AEP	156
SF klid	32

Charakteristika tréninkového zatížení J.K. v RTC 2004/2005 je v tab 8.

Charakteristika fyziologických parametrů sportovce J.K. sledovaných v rámci laboratorního vyšetření na běhátku je v tab 8.

Charakteristika výkonnosti:

- běh

21 km - 1:16:20 hod, 15 km - 53:19 min, 10 km - 33:50 min,

1 km - 2:48 min, 100 m - 12,3 s.

- plavání

3,8 km - 55:50 min, 200 m - 2:26 min, 100 m - 1:06 min, 50 m - 27 s.

- dlouhý triatlon

9: 02 hod

Tabulka 8

Přehled intenzit tréninkového zatížení za období 2004/2005 sportovce J.K.

Zóny zatížení	plavání	kolo	běh
Maximální zóna (%)	2	2	2
Anaerobní zóna (%)	4	2	2
Anerobně aerobní zóna (%)	9	4	8
Aerobní zóna (%)	71	66	70
Regenerační zóna (%)	14	26	18
Roční objem (km)	800	11000	3000

Tabulka 9

Protokol testu sportovce J.K.

Maximální test - běhací koberec		Biomedicínská laboratoř - UK FTVS				
Jméno: Kovalovský Jan		Sport: Triathlon				
Datum narození:	25.04.77	Maximální zátěžový RAMP-test na běhacím koberci (5% sklon)				
Datum vyšetření:	24.01.03	Poznámka: Rychlost stupňována o 0,2 km za 12s, submax. 4 min.				
Věk (r):	25,75	Počáteční rychlost (km/h): 12,0				
Výška (cm):	180,0	Dosažená max. rychlost (km/h): 17,8		čas (min): 6,0		
Hmotnost (kg):	76,5		Klid	1. subm.	2. subm.	Max.
		Rychlost (km/h):	0	12	14	12 - 17,8
	Kožní řasy (mm)	VO ₂ (l/min):	0,15	3,55	4,30	5,54
tvář:	3,5	VO ₂ /kg (ml):	1,96	46,41	56,21	72,42
podbradek:	2,0	VO ₂ /kg ATH (ml):	2,02	47,89	58,01	74,74
hrudník 1:	1,5	V (l/min):	7,73	64,96	90,67	151,57
paže:	2,5	% O ₂ (%):	2,45	6,45	5,66	4,86
záda:	6,0	SF (min ⁻¹):	59	156	169	193
břicho:	6,5	DF (min ⁻¹):	11	26	37	60
hrudník 2:	3,0	O ₂ tep (ml):	2,54	22,76	25,44	28,70
bok:	2,5	O ₂ tep/kg (ml):	0,033	0,297	0,333	0,375
stehno:	4,0	R:		0,81	0,86	1,06
lýtko:	2,5	VEqO ₂ :	51,5	18,3	21,1	27,4
součet:	34,0	V _T (l):	0,70	2,50	2,45	2,53
% tuku:	3,10	VO ₂ (% max):		64,1	77,6	
% ATH:	96,90	SF (% max):		80,8	87,6	
ATH (kg):	74,13	Laktát (mmol . l ⁻¹):	-		% FVC (%):	45,1
Spirometrie		% norm.	Ventilační anaerobní práh (ANP) - 5%sklon			
Best FVC (l):	5,60	103	VO ₂ (l/min):	4,63	% Max.:	83,6
Best FEV-1s (l):	4,67	102	Rychlost (km/h):	14,0	% Max.:	78,7 (5% sklon)
PEF (l/s):	12,05	118	SF (min ⁻¹):	175	% Max.:	90,7

SF aerobního prahu: 156 (min ⁻¹)		
SF anaerobní zóny: 186 (min ⁻¹)		
Minuta	V (l/min):	VO ₂ (l/min):
0,5	59,83	2,08
1,0	80,13	3,62
1,5	93,62	4,56
2,0	110,31	4,86
2,5	112,56	4,72
3,0	118,85	4,96
3,5	131,96	5,16
4,0	127,98	5,06
4,5	141,24	5,23
5,0	144,26	5,42
5,5	140,87	5,54
6,0	151,57	5,49
6,5		
7,0		
7,5		

Ventilační ANP

Minuta	V (l/min):	VO ₂ (l/min):
0,5	59,83	2,08
1,0	80,13	3,62
1,5	93,62	4,56
2,0	110,31	4,86
2,5	112,56	4,72
3,0	118,85	4,96
3,5	131,96	5,16
4,0	127,98	5,06
4,5	141,24	5,23
5,0	144,26	5,42
5,5	140,87	5,54
6,0	151,57	5,49
6,5		
7,0		
7,5		

4.3 Problém

V současné době je nejpoužívanější sledování intenzity u tréninkového zatížení pomocí měřičů srdeční frekvence. Po absolvování laboratorních, terénních testů je sportovci stanoven individuální aerobní a anaerobní práh. Podle stanovených prahů je pro sportovce sestaven tréninkový plán. Tak si poměrně jednoduchou cestou můžeme sestavit tréninkový program a ještě jednodušeji absolvovat tréninkovou jednotku o stanovené intenzitě pomocí měřičů srdeční frekvence.

Aby docházelo k růstu výkonnosti sportovce je zapotřebí dodržovat další zásady sportovního tréninku jako výživa, regenerace, zatížení atd. Pokud se zaměříme na tréninkové zatížení, tak z pohledu adaptace by u sportovce mělo docházet k pravidelnému zatěžování s narůstající velikostí zatížení v mikrocyklu (MIC). Klasickým příkladem je 4 týdenní mezocyklus (MZC) tři týdny postupně zvyšující se zátěže a čtvrtým týdnem regeneračním.

Náročnost tréninkové jednotky, následně mikrocyklu a mezocyklu se v současné době stanovuje objemem odtrénovaných kilometrů nebo odtrénovaného času ve stanoveném pásmu intenzity. Z našeho pohledu jde o údaj nepřesný a v mnoha případech zkreslující.

Pokud by sportovec absolvoval jako příklad tréninkové zatížení v prvním dnu deset kilometrů běhu v tempu aerobního prahu SF150 a druhý den zatížení 8x1km v intenzitě SF170, nemůžeme stanovit jak z objemu kilometrů, odtrénovaného času, srdeční frekvence nebo rychlosti, které tréninkové zatížení bylo pro sportovce náročnější.

V tomto směru by byla zpřesňujícím údajem a pomocníkem k sestavování tréninkových plánů energetická náročnost pohybu. Výpočtem energetické potřeby pohybu pro absolvované zatížení v tréninkové jednotce bychom dostali poměrně přesný údaj o náročnosti tréninku a mohli tak s větší přesností řídit trénink podle osvědčených metod.

4.4 Metody

4.4.1 Pracovní postup výzkumu

Výzkum byl realizovaný na sportovci J.K. v období 2004 až 2006. Byl zaměřený na přípravné období RTC:

RTC 2004/2005	RTC 2005/2006
Přechodné období 18.10 2004 - 5.12 2004	Přechodné období 30.10 2005 - 30.11 2005
Přípravné období 6.12 2004 - 29.5 2005	Přípravné období 31.11 2005 - 29.5 2006
Hlavní období 30.5 2005 - 4.9 2005	Hlavní období 30.5 2006 - 4.9 2006

4.4.2 Postup při realizaci zkoumané metody

- funkční laboratorní vyšetření

Test na běhacím koberci začínáme po dvou čtyř-minutových rozcvičovacích zátěžích v submaximální intenzitě. Po krátkém cca. dvou-minutovém intervalu odpočinku pokračujeme na úrovni submaximálního zatížení a zvyšujeme rychlost v závislosti na technickém vybavení buď plynule (ramp test) nebo stupňovaně, tak aby celkový přírůstek rychlosti byl $1 \text{ km.h}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ rovněž do víta maxima. Průběžně registrujeme srdeční frekvenci i ventilačně-respirační (viz kap. 3.10).

- vypracování přepočtu energetické náročnosti pohybu různých intenzit zatížení na základě výsledků funkčního laboratorního vyšetření (viz tab 10).

- následné vypracování tréninkového plánu pro jízdu na kole a běh.

Cílem tréninkového procesu byl rozvoj dlouhodobé vytrvalosti, rychlosti daných disciplín jízdy na kole a běhu.

- stanovení terénních testů pro jízdu na kole 4 x 20 km, int. 3 min., běh 4 x 4 km, int. 3 min.

Pro test jízdy na kole a běhu jsme vybrali profil tratě s minimálním převýšením v prostředí s minimálním automobilovým provozem, aby nedocházelo k ovlivňování testování vnějšími vlivy.

- realizace testů

Testy byly prováděny v prvním týdnu každého tréninkového cyklu v přípravném období.

- realizace tréninkového procesu, průběžného testování

- zpětná analýza a vyhodnocení realizovaných testů

4.4.3 Přepočítání energetické potřeby

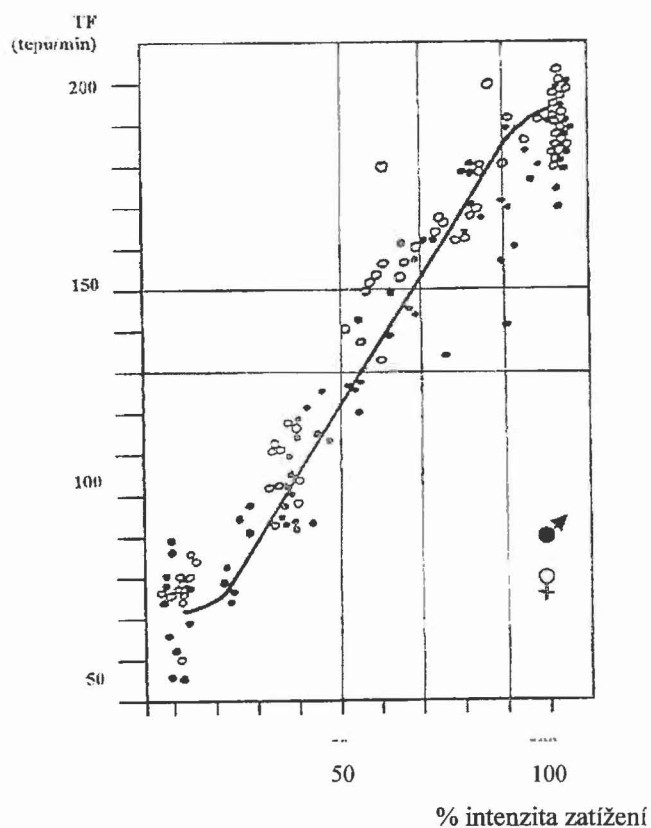
Z laboratorních testů jsme získali hodnoty VO_2 ($l \cdot min^{-1}$), SF různých intenzit, VO_{2max} ($l \cdot min^{-1}$), anaerobního i aerobního prahu. Vzhledem k tomu, jak bylo uvedeno již v teoretické části, že VO_2 ($l \cdot min^{-1}$) je v lineární závislosti se SF a to u trénovaných sportovců od 20% do 90% (viz obrázek 8), lze poměrně jednoduchým převodem přiřadit hodnoty VO_2 hodnotám srdeční frekvence.

Proto je v tab 10 uvedena jako maximální hodnota hodnota anaerobního prahu, který byl stanoven při laboratorním testu i s hodnotou VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Potřebnou hodnotu VO_2 ($ml \cdot min^{-1}$) jsme získali přepočtem pomocí vzorce :

$$VO_2 (ml \cdot min^{-1}) = VO_{2max} (ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) * m (kg)$$

Obrázek 8

Znázornění závislosti srdeční frekvence na stoupající intenzitě fyzického zatížení (Seliger, 1992)



Respirační koeficient pro O_2 byl podle Neumanna (2004) procentuelně rozložen od hodnoty anaerobního prahu po hodnotu SF110. Pro výpočet energetické náročnosti jsme použili vzorce dle Prampera (1986):

$$E (\text{kJ} \cdot \text{min}^{-1}) = \text{VO}_2 (\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) * \text{energ. ekvivalent}$$

Za pomoci tabulky (viz tab 10) můžeme sestavit tréninkový plán zaměřený na rozvoj dlouhodobé vytrvalosti a regulovat tak objem a intenzitu přes energetickou potřebu pohybu.

Při výpočtu energetické potřeby pohybu jízdy na kole vycházíme z energetické potřeby běhu.

Tabulka 10

Příklad přepočtu energetické náročnosti různých intenzit zatížení u sportovce J.K. - běh

VO ₂ (l.min ⁻¹)	RQ	E (kJ.min ⁻¹)	SF	VO ₂ (l.min ⁻¹)	RQ	E (kJ.min ⁻¹)	SF
4,63	20,70	95,84	175	3,76	20,19	75,86	142
4,60	20,68	95,22	174	3,73	20,18	75,27	141
4,58	20,67	94,60	173	3,70	20,16	74,68	140
4,55	20,65	93,99	172	3,68	20,15	74,09	139
4,52	20,64	93,37	171	3,65	20,13	73,50	138
4,50	20,62	92,76	170	3,62	20,12	72,91	137
4,47	20,61	92,14	169	3,60	20,10	72,32	136
4,44	20,59	91,53	168	3,57	20,08	71,74	135
4,42	20,58	90,92	167	3,55	20,07	71,15	134
4,39	20,56	90,30	166	3,52	20,05	70,57	133
4,37	20,55	89,69	165	3,49	20,04	69,98	132
4,34	20,53	89,08	164	3,47	20,02	69,40	131
4,31	20,52	88,47	163	3,44	20,01	68,82	130
4,29	20,50	87,86	162	3,41	19,99	68,23	129
4,26	20,48	87,26	161	3,39	19,98	67,65	128
4,23	20,47	86,65	160	3,36	19,96	67,07	127
4,21	20,45	86,04	159	3,33	19,95	66,49	126
4,18	20,44	85,44	158	3,31	19,93	65,91	125
4,15	20,42	84,83	157	3,28	19,92	65,34	124
4,13	20,41	84,23	156	3,25	19,90	64,76	123
4,10	20,39	83,63	155	3,23	19,88	64,18	122
4,07	20,38	83,02	154	3,20	19,87	63,61	121
4,05	20,36	82,42	153	3,17	19,85	63,03	120
4,02	20,35	81,82	152	3,15	19,84	62,46	119
4,00	20,33	81,22	151	3,12	19,82	61,89	118
3,97	20,32	80,62	150	3,10	19,81	61,31	117
3,94	20,30	80,02	149	3,07	19,79	60,74	116
3,92	20,28	79,43	148	3,04	19,78	60,17	115
3,89	20,27	78,83	147	3,02	19,76	59,60	114
3,86	20,25	78,24	146	2,99	19,75	59,03	113
3,84	20,24	77,64	145	2,96	19,73	58,47	112
3,81	20,22	77,05	144	2,94	19,72	57,90	111
3,78	20,21	76,45	143	2,91	19,70	57,33	110

4.5 Příklad řízení tréninku pomocí energetické náročnosti

Systém zatížení v mikrocyklu je 3+1, 2+1. Trénink č.1 je den regenerační poté následují tři dny postupně zvyšujícího se zatížení s následným jedním dnem regeneračním trénink č.5, v závěru pokračují další dva tréninkové dny.

Trénink 1	Čas : 120min(dále´)	Energie : 7563kJ
TVO	- regenerace 60´, strečink 60´	

Trénink 2	Čas : 210´	Energie : 13741kJ
Plavání	- 90´, technika, strečink 30´	
Běh	- Ro 15´, SBC 4x10 SBC (na úseku 50m s mzk. 50m) 40´,V 15´	

Trénink 3	Čas : 340´	Energie : 23312 kJ
Plavání - 90´, technika, SPC 4x20op“		
Kolo	- Ro 30´, úseky 4x10´, SF165, P10´, V 30´	
Běh	- 70´, SF140, SBC (na úseku 50m s mzk. 50m) 40´, strečink 30´	

Trénink 4	Čas : 330´	Energie : 24511 kJ
Plavání - 90´, technika, strečink 30´		
Kolo	- 120´, SF150	
Běh	- SF165, 60´, SBC (na úseku 50m s mzk. 50m) 40´, strečink 30´	

Trénink 5	Čas : 135´	Energie : 8509 kJ
Plavání - 90´, technika, SPC 4x20op“		
Kolo	- technika , 45´	

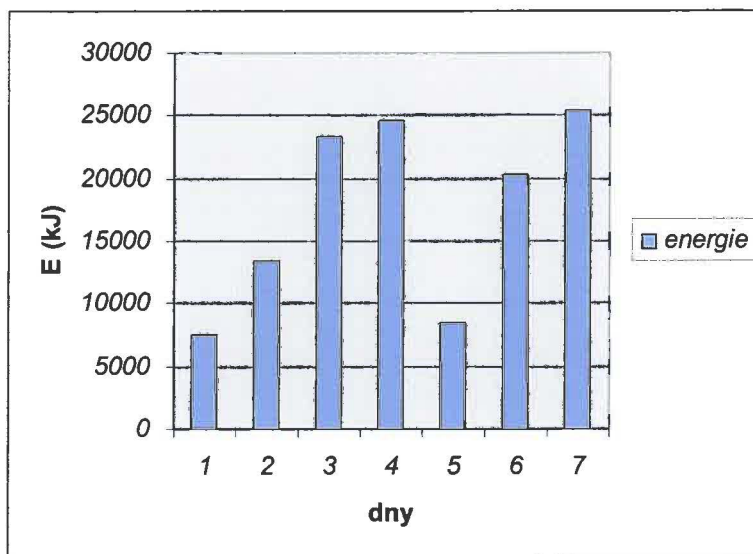
Trénink 6	Čas : 280´	Energie : 20382 kJ
Kolo	- 150´, SF130	
Běh	- 70´, SF165, SBC (na úseku 50m s mzk. 50m) 40´, strečink 30´	

Trénink 7	Čas : 330´	Energie : 25550 kJ
Kolo	- 150´, SF150, fartlek (délka a počet úseků dle pocitu)	
Běh	- 120´, SF150, SBC (na úseku 50m s mzk. 50m) 40´, strečink 60´	

Pozn. TVO- tréninkové volno, SBC - speciální běžecká cvičení, SPC - speciální plavecká cvičení, P - interval odpočinku, V - vyklusání, Ro - rozklusání, op - opakování.

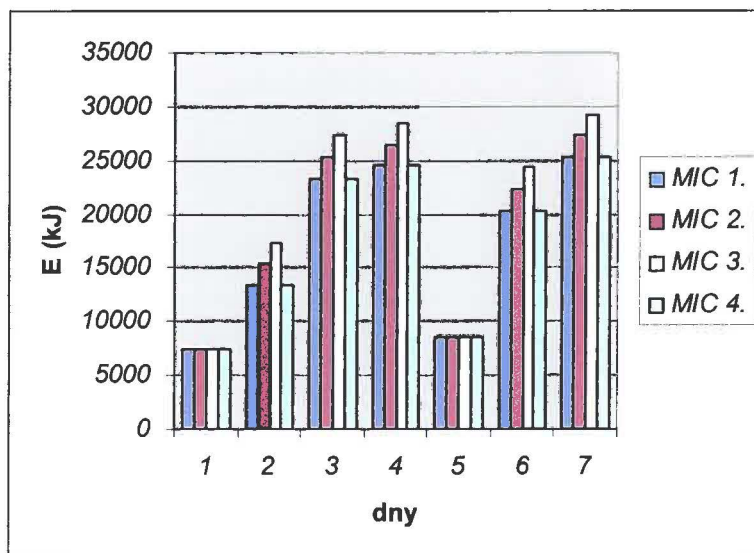
Obrázek 9

Dynamika celkové potřeby energie při tréninkovém zatížení v průběhu mikrocyklu březen 2005 sportovce J.K.



Obrázek 10

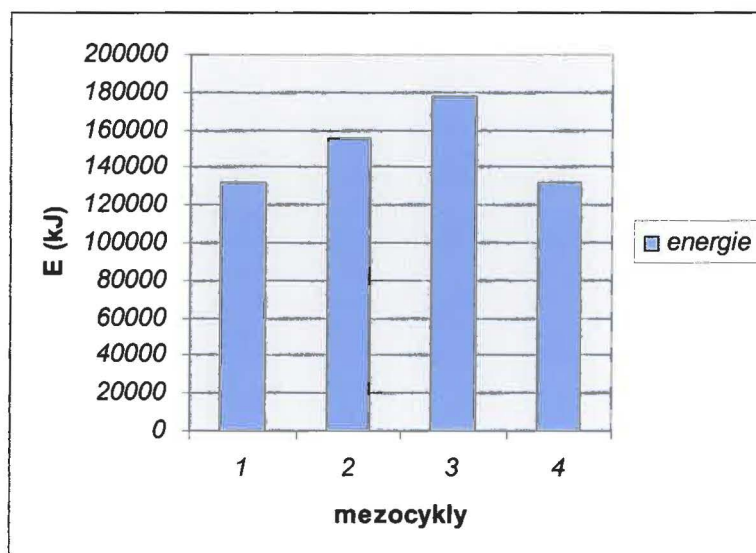
Dynamika celkové potřeby energie tréninkového zatížení v bloku čtyř mikrocyklů březen 2005 sportovce J.K.



V mezocyklech je možné vysledovat postupné zvyšování energetické náročnosti v jednotlivých tréninkových dnech 1. - 4. MIC (viz obr 10). Jde o klasický příklad cyklování zatížení 3+1, 2+1.

Narůstající zatížení je v prvních třech dnech s čtvrtým dnem regeneračním. Podobně lze náročnost zatížení vyhodnotit v mezocyklech (viz obr 11).

Obrázek 11
Dynamika celkové potřeba energie tréninkového zatížení v mezocykle
2005 sportovce J.K.



5 ZÁVĚREČNÁ ČÁST

5.1 Charakteristika a výsledky testů

Test jízdy na kole byl prováděn pravidelně v prvním týdnu každého mezocyklu. Délka testovaného úseku byla 20km s pauzou volné jízdy 3 min v celkovém objemu 4 krát. Úkolem testu bylo absolvovat zatížení na úrovni ANP. Časy jednotlivých úseků RTC 2004 až 2006 lze porovnat v tab 11a, 11b. Průběh srdeční frekvence pak v obr. 12.

Tabulka 11a

Test jízdy na kole 4x20km, int. 3min, RTC 2004/2005, sportovce J.K.

měsíc	čas 1 (min)	čas 2 (min)	čas 3 (min)	čas 4 (min)	součet časů (min)	%
leden	34:12	33:37	33:59	34:00	135:48	0
únor	33:41	33:38	33:33	33:36	134:28	-1
březen	33:18	33:07	33:10	33:14	132:49	-2,2
duben	32:30	32:35	32:12	32:18	129:35	-4,5
květen	32:22	31:52	32:02	31:56	128:12	-5,6

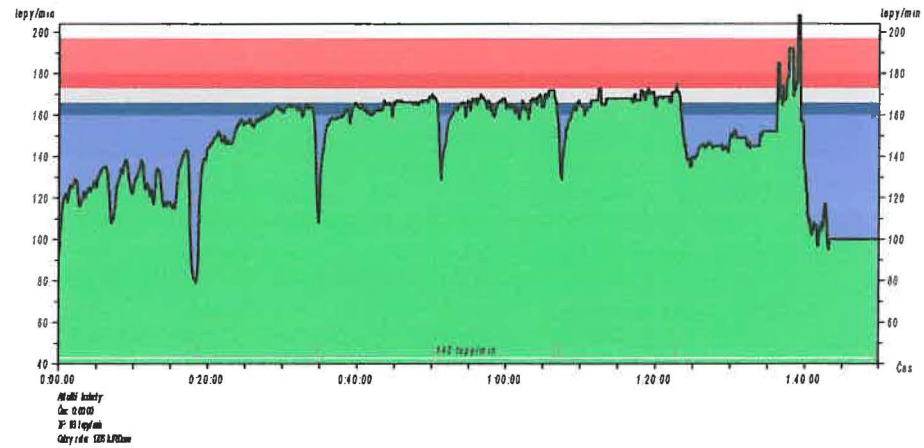
Tabulka 11b

Test jízdy na kole 4x20km, int. 3min, RTC 2005/2006, sportovce J.K.

měsíc	čas 1 (min)	čas 2 (min)	čas 3 (min)	čas 4 (min)	součet časů (min)	%
listopad	34:24	34:45	34:51	34:38	138:38	2,1
prosinec	34:09	34:17	34:28	34:02	136:56	0,8
leden	34:41	34:20	34:25	33:56	137:22	1,15
únor	34:14	34:23	34:16	34:03	136:56	0,8
březen	32:26	32:31	32:24	32:27	129:48	-4,41

Obrázek 12

Záznam SF při testu jízdy na kole 4x20km, int. 3 min, RTC 2004/2005, sportovce J.K.



Osoba	Jak Kovalovský	Data	11.5.2005	TF průměr	148 lpp/min	
Záznam	4x4km	Čas	15:54:20	TF max	200 lpp/min	
Druh aktivity	Běh	Trvání	1:49:48.0	Vzdálenost	24.0 km	
Poznámka				Výběr	0:00:00 - 1:49:45 (1:49:45.0)	

Test běhu byl prováděn také pravidelně v prvním týdnu každého cyklu. Délka testovaného úseku byla 4 km s aktivní pausou 3 min v celkovém objemu 4 krát. Časy jednotlivých úseků RTC 2004 až 2006 lze porovnat v tab 12a, 12b. Průběh srdeční frekvence pak v obr 13.

Tabulka 12a

Test běh 4x4km, int. 3min, RTC 2004/2005, sportovce J.K.

měsíc	čas 1 (min)	čas 2 (min)	čas 3 (min)	čas 4 (min)	součet časů (min)	%
leden	15:52	16:25	16:19	16:18	64:54	0
únor	16:01	16:09	16:04	16:02	64:16	-1
březen	15:48	15:51	15:44	15:42	63:05	-2,8
duben	15:12	15:10	15:10	15:02	60:34	-6,6
květen	15:04	14:52	14:49	14:50	59:35	-8,2

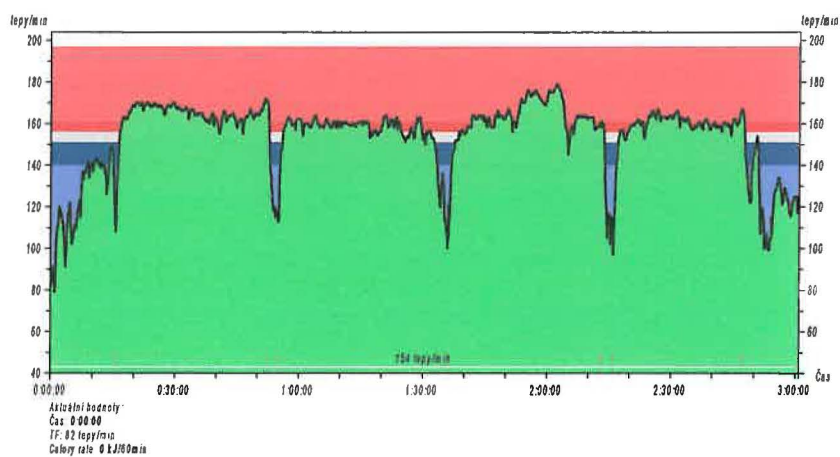
Tabulka 12b

Test běh 4x4 km, int. 3min, RTC 2005/2006, sportovce J.K.

měsíc	čas 1 (min)	čas 2 (min)	čas 3 (min)	čas 4 (min)	součet časů (min)	%
listopad	16:12	16:46	16:01	16:21	65:00	0,1
prosinec	16:29	16:01	16:04	16:12	64:46	-0,2
leden	16:08	16:01	15:55	15:58	64:02	-1,3
únor	15:47	15:20	15:48	15:52	62:47	-3,3
březen	15:18	15:26	15:22	15:31	61:37	-5

Obrázek 13

Záznam SF při testu běhu 4x4 km, int. 3 min, RTC 2004/2005, sportovce J.K.



Osoba	Jan Kovalovič	Datum	19.4.2005	TF	82	154 / 179	Limity 1	163 - 175
Záznam	4x20km	Čas	10:05:25	Rychlost	31,3 / 67,8			
Druh aktivity	Cyklistika	Trvání	3:00:45,7					
Státnost	Ironman AC Slad Karlovy Vary	Vzdálenost	94,2 km					
Poznámka				Vzestup	800			
				Výběr	0:00:00 - 3:00:45 (3:00:45:0)			

6 Diskuse

V naší práci, která je pilotní studií se nám podařilo zavést energetickou náročnost pohybu do tréninkového procesu jako nový zpřesňující parametr ke stanovení velikosti tréninkového zatížení.

Prvním krokem bylo absolvování funkčního laboratorního vyšetření sportovce J.K. kde jsme získali potřebné fyziologické hodnoty pro výpočet energetické náročnosti pohybu. Laboratorní vyšetření bylo provedeno na běhacím koberci testem do vita – maxima.

Lineární závislosti SF a VO_2 ($l \cdot min^{-1}$) od 20% do 90% VO_{2max} ($l \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) nám pomohla ke stanovení spotřeby VO_2 ($l \cdot min^{-1}$) různých intenzit. Poté jsme tedy mohli přiřadit hodnoty VO_2 ($l \cdot min^{-1}$) hodnotám SF. Následně jsme pomocí energetického ekvivalentu kyslíku stanovili energetickou náročnost pohybu pro danou intenzitu zatížení. Horním stropem pro stanovení energetické náročnosti pohybu byla hodnota ANP. Nad touto hranicí není možné stanovit energetickou náročnost pohybu pomocí VO_2 ($l \cdot min^{-1}$) z důvodu neoxidativního hrazení energie.

Je možné namítnout, že hodnoty SF jsou ovlivněny každý den vnějšími i vnitřními faktory jako únava, psychika, teplota prostředí, nadmořskou výškou atd., a proto by docházelo k nepřesnému stanovení energetické náročnosti. Sportovec J.K. se proto během přípravného období RTC2004/2006 připravoval v shodných klimatických podmínkách a byl zatěžován individuálními krajními hodnotami každého mikrocyklu a následného mezocyklu.

Proto si myslíme, že vliv únavy a podnebí byl shodný v každém ročním období RTC v závislosti během dlouhodobé přípravy a tak by nemělo docházet k větším rozdílům při výpočtu spotřeby energie pro dané mikrocykly tréninkového zatížení vzhledem ke změnám SF způsobených vnějšími či vnitřními vlivy.

Do tréninkového plánu směřovaný k rozvoji dlouhodobé vytrvalosti jsme tedy zavedli nový parametr, podle kterého jsme byli schopni sledovat dynamiku tréninkového zatížení sportovce J.K. u jízdy na kole a běhu. Pro sledování výkonnosti jsme prováděli testy jízdy na kole (4x20km, int. 3min.) a běhu (4x4km, int 3min) a to vždy v prvním MIC každého následujícího MZC.

Energetickou náročnost pohybu je možné posuzovat shodně jak pro jízdu na kole tak běh. Zapojení svalových partií dolních končetin pro tyto disciplíny je ve větší míře podobné a samotný pohyb sportovec absolvuje ve stejném prostředí. Oproti tomu v plavání se sportovec nachází v prostředí o jiné hustotě, teplotě a k pohybu jsou zapojeny převážně svaly horních končetin. Proto není možné využít v tomto případě energetickou náročnost pohybu pro plavání, jejíž základem byly funkční hodnoty z laboratorního vyšetření pro běh.

Je nutné také zdůraznit, že jednotného výpočtu pro jízdu na kole a běh je možné použít jen u špičkových triatletů, kde fyziologické parametry v obou disciplínách jsou do velké míry shodné. V případě amatérských sportovců triatletů, kde fyziologické parametry pro jízdu na kole a běh se značně liší, by bylo vhodné a daleko přesnější absolvování testů na bicyklovém ergometru pro přepočítání energetické náročnosti pohybu jízdy na kole a testů na běžícím koberci pro přepočítání energetické náročnosti běhu.

V průběhu přípravy doporučujeme provádět pravidelné laboratorní vyšetření minimálně každé tři měsíce abychom byli schopni zaznamenat případné změny funkčních hodnot sportovce, které jsou ovlivňovány adaptací organismu na tréninkové zatížení. Změny funkčních hodnot je poté nutné zpracovat do materiálů pro stanovení energetické potřeby sportovce a poté tréninkových plánů.

V závodním období RTC je možné využít energetickou potřebu pohybu k regulaci hmotnosti sportovce před vrcholnými akcemi. Bude tak eliminováno nebezpečí nadměrného snížení hmotnosti, které je většinou doprovázeno ztrátou silových schopností sportovce.

7 Závěr

Formou pilotní studie námi vytvořená metodologie pro stanovení velikosti (náročnosti) tréninkového zatížení pomocí nepřímého výpočtu energetické náročnosti pohybu a následný popis (nabídka) možností využití parametru velikosti (náročnosti) tréninkového zatížení při řízení rozvoje dlouhodobé vytrvalosti v tréninku triatlonistů (dlouhý triatlon) jsou stěžejní částí DP. Z jednotlivých částí triatlonu jsme se zaměřili na řízení rozvoje výkonnosti jízdy na kole a běhu.

V teoretické části diplomové práce jsme kriticky shrnuli současné poznatky související s řešenou problematikou a po sestavení postupných kroků jsme pokusili zařadit energetickou náročnost pohybu jako další zpřesňující ukazatel do tréninkového procesu.

V první řadě bylo třeba podstoupit laboratorní vyšetření pro stanovení potřebných hodnot k výpočtu energetické náročnosti pohybu. Pro naši práci jsme vybrali test do vita maxima na běhacím koberci. Získali jsme tak hodnoty ANP, VO_2 (l/min^{-1}), VO_{2max} ($l.kg^{-1}.min^{-1}$), potřebné pro výpočet energetické náročnosti pohybu sportovce J.K..

Dalším krokem bylo stanovení energetické náročnosti pohybu vybraného sportovce J.K. pro rozdílné intenzity zatížení. Energetickou náročnost pohybu jsme se rozhodli stanovit přes spotřebu kyslíku. Přesnost výpočtu a snadné praktické využití v tréninkovém procesu pomocí měřičů srdeční frekvence je z našeho pohledu nejvhodnějším způsobem.

Poté jsme parametr energetické náročnosti pohybu pro vybrané části dlouhého triatlonu (kolo, běh) použili k sestavení tréninkového plánu.

Vybraný sportovec realizoval plán tréninkového zatížení ve stanovených intenzitách a objemech. Intenzitu zatížení během tréninkového procesu bylo poměrně snadné dodržovat pomocí měřiče srdeční frekvence. U testovaného sportovce jsme opakovaně zařadili testování pro lepší průběžné hodnocení efektivnosti tréninku ve stanoveném tréninkovém cyklu jak u jízdy na kole (test - 4 x 20 km/ int. 3 min) tak v běhu (test - 4 x 4 km/ int. 3 min).

U testovaného sportovce se prokázalo v závěru sledovaného období zlepšení výkonnosti – dlouhodobé vytrvalosti. Při porovnání součtu časů

měřených úseků v RTC 2004/2005 u jízdy na kole (4 x 20 km/ int. 3 min) došlo ke zlepšení o 5,6 % a v běhu (4 x 4km/ int. 3 min) o 8,2 %. Při přepočtu na délky tratí dlouhého triatlonu se jedná teoreticky o zlepšení času v cyklistické části o patnáct a v běžecké části o jedenáct minut.

Při porovnání součtu časů měřených úseků RTC 2004/2005 a RTC 2005/2006 v III.MZC - měsíci březen, došlo již tímto měsícem u jízdy na kole (4 x 20km/ int. 3 min) ke zlepšení o 2,2 % a v běhu (4 x 4km/ int. 3 min) o 2,2 %. V závěru přípravného období RTC 2005/2006 tedy očekáváme další posun výkonnosti dlouhodobé vytrvalosti oproti RTC 2004/2005.

Došli jsme k závěru, že nepřímé stanovení energetické potřeby pohybu je v současnosti vhodný a poměrně přesný ukazatel velikosti zatížení v oblasti rozvoje dlouhodobé vytrvalosti jak při plánování tak řízení tréninku.

Bohužel nemůžeme konstatovat, že posun výkonnosti sportovce byl na základě zavedení nového parametru do tréninkového procesu. V tomto případě by bylo nutné realizovat tréninkové zatížení na dvou skupinách sportovců se zaměřením na rozvoj dlouhodobé vytrvalosti, kde by jedna skupina podstoupila tréninkové zatížení řízené pomocí energetické náročnosti pohybu. Po absolvování tréninkového zatížení RTC bychom tak mohli porovnat změny v rozvoji dlouhodobé vytrvalosti skupin a posoudit jakou měrou se nový parametr podílí na růstu výkonnosti.

8 Seznam použité literatury

- BOJE, O. *Energy production, pulmonary ventilation and length of steps in well trained runners working on a treadmill.* Acta Physiol.Scand. 7, 1944.
- BERB, A. *Potřeba živin ve výživě sportovců. Potravinářské aktuality.* Med. Sport. Boh. Slov, č.9, 2001.
- BENARDOT, D. *Nutrition for serious athletes.* Human kinetics Publishers, 2000.
- DILL, D.B. a kol. *Energy expenditure in bicycle riding.* J. Appl Physiol, 1954.
- Di PRAMPERO, P. E. *The energy cost of Human locomotion on land and in water.* Int J Sport Med 7 , 1986.
- DOVALIL, J. *Výkon a trénink ve sportu.* Praha: Olympia, 2002.
- FOŘT, P. *Specifické problémy výživy sportovce. Výživa a potraviny.,* č.1, 2001.
- HAMAR, D. - LIPKOVÁ, J. *Fyziologie tělesných cvičení.* Bratislava: Univerzita Komenského, 2001.
- HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže I. Obecná část,* Praha 1997.
- HOGBERG, P. *How do stride length and stride frequency influence the energy output during running?* Arbeitsphysiol. 14, 1952.
- Český svaz triatlonu. *Metodický dopis 1/96.* Praha: Český svaz triatlonu, 1996.
- HOTTENROTT, K. *The Complete Guide to Duathlon Training.* Aachen: Meyer & Meyer Verlag, 1998.
- HOTTENROTT, K. – ZULCH, M. *Ausdauer - programme.* Rowolt Taschenbuch Verlag GmbH, 1995.
- CHOUTKA, M. – DOVALIL, J. *Sportovní trénink.* Praha: Olympia, 1991.
- KANEKO, M. – FUCHIMOTO, T. – ITO A. – TOYOOKA, J. *Mechanical efficiency of sprinters and distance runners during constant speed running.* Illinois : Human Konectics Publ., 1983.
- KARPOVICH, P.V. – MILLAN, M. *Energy expenditure in swimming.* Am J. Physiol. 142, 1944.
- NEUMANN, G. - PFÜTZNER, A. - BERBALK, S. *Optimiertes Ausdauertraining.* Aachen : Meyer & Meyer Verlag, 1998.

- NEUMANN, G. - PFÜTZNER, A. - HOTTENROTT, K. *Alles unter Kontrolle, Ausdauertraining*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag, 1992.
- NEUMANN, G. *Das große Buch vom Triathlon*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag, 2004.
- O'TOOLE, M. L. - DOUGLAS, P. S. *Applied Physiology of Triathlon. Sports Med.* 19(4): Str. 251, 1995.
- SELIGER, V. – VINAŘICKÝ, R. *Fyziologie člověka I. A II.*. Praha: FTVS UK, 1992.
- SLEMAKER, R. *Systematisches Leistungstraining, Schritte zum Erfolg*. Aachen: Meyer& Meyer Verlag, 2. přepracované vydání, 1996.
- SUCHÝ, J. – SLABA, R. *Charakteristika sledování funkčních parametrů talentovaných triatlonistů zařazených ve sportovních centrech mládeže ČST, In Sborník ze studentské vědecké konference – FTVS UK*. Praha: Univerzita Karlova, 2002.
- WILMORE, J. H. - COSTILL, D. L. *Training for sport and activity*. Human Kinetics, 1988.
- WILLIAMS, C. *Strava a tělesná aktivita*. Med. Sport. Boh. Slov., č.2, 1997.

Přehled internetových zdrojů

- www.gmuender.org [online, citováno 2.8 2005]
- www.medicdirect.co.uk [online, citováno 26.9 2005]
- www.users.rcn.com [online, citováno 2.8 2005]
- www.polar.fi [online, citováno 9.2 2006]
- <http://www.webpark.cz> [online, citováno 9.2 2006]

9 Abecední seznam použitých zkratk a symbolů

(k)cal	- (kilo)calorie
(k)J	- (kilo) jouly
ADP	- adenosindifosfát
AEP	- aerobní práh
ANP	- anaerobní práh
ATH	- aktivní tělesná hmotnost
ATP	- adenosintrifosfát
C	- energetická potřeba
Ca	- vápník
CO ₂	- oxid uhličitý
CP	- crestinfosfát
Cr	- aerodynamický odpor
CS	- citrát-syntáza
DF _{max}	- maximální dechová frekvence
E	- energetická potřeba
E	- metabolický výkon
E _{max}	- maximální metabolický výkon
FEV	- usilovný výdech
FVC	- vitální kapacita plic
H ₂ O	- voda
HAD	- dehydrogenáza
HK	- hexokináza
kg	- kilogram
Kg	- kilogram
km	- kilometr
LA	- laktát
LA _{max}	- maximální koncentrace laktátu
LDH	- laktát-dehydrogenáza
MDH	- malát-dehydrogenáza
MIC	- mikrocyklus
min.	- minuty
mmol/l	- milimoly na litr
MZC	- mezocyklus
O ₂	- kyslík
op	- počet opakování
P	- fosfor
P	- interval odpočinku
PDH	- pyruvát-dehydrogenáza
PEF	- maximální výdechová rychlost
PFK	- fosforfruktokináza

pH	- kyselost prostředí
PHOS	- glykogen-fosforyláza
PO	- přípravné období
R	- poměr respirační výměny
Ra	- odpor prostředí
Ro	- rozcvičení
RQ	- respirační koeficient
RTC	- roční tréninkový cyklus
SBC	- speciální běžecká cvičení
SF	- srdeční frekvence
SFANP	- srdeční frekvence anaerobního prahu
SFmax	- maximální srdeční frekvence
SPC	- speciální plavecká cvičení
t	- čas
TVO	- tréninkové volno
V	- vyklusávi
v	- rychlost
VCO ₂	- vydechovaný oxid uhličitý
VEqO ₂	- respirační ekvivalent kyslíku
Vmax	- maximální ventilace
VO ₂	- spotřeba kyslíku
VO ₂ max	- maximální spotřeba kyslíku
VT	- dechový objem
W	- maximální výkon