

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
ČESKÉ BUDĚJOVICE**

**PEDAGOGICKÁ FAKULTA  
KATEDRA TĚLESNÉ VÝCHOVY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

na téma

**Vyhodnocení hladiny laktátu v průběhu zotavení  
po různých typech anaerobního tréninkového  
zatížení.**

Vedoucí práce: PhDr. Radek Vobr, Ph.D.

Vypracoval: Jaroslava Glierová

Studijní obor: Tělesná výchova a sport

České Budějovice, 2007

## **BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE**

**Název diplomové práce:** Vyhodnocení hladiny laktátu v průběhu zotavení po různých typech anaerobního zatížení

**Pracoviště:** KTVS PF JU

**Autor:** Jaroslava Glierová

**Studijní obor:** Tělesná výchova a sport

**Vedoucí práce:** PhDr. Radek Vobr, Ph.D.

**Rok obhajoby:** 2007

### **Anotace:**

Teoretická část se v nejvyšší míře soustřeďuje na rozbor laktátu. Zejména jak a za jakých podmínek se tvoří a jaké je jeho další využití v těle při sportovním výkonu. Podrobně také popisuje energetické zdroje pro svalovou práci. Dozvídáme se, jakým způsobem zdroj energii dodává, po jakou dobu je schopen energii dodávat a o obnově těchto zdrojů. Jedná se o ATP, CP, glykogen a další zdroje. Přes energetické zdroje se dostáváme až k zónám energetického krytí. Jedná se o systémy, jež nám zabezpečují svalový výkon.

Únava je přechodová fáze, která je charakteristická sníženou výkonností. K tomu abychom tělo navrátili zpět do původního stavu, využíváme různých prostředků regenerace. Prostředky regenerace výstižně popisuje druhá podkapitola teoretické části. Stručně řečeno se zabývá možnostmi regenerace po sportovním výkonu a jejím účinku. Zevrubně je v regeneraci rozebrána sportovní masáž, která je u sportovců jako regenerační prostředek velice oblíbená.

Výzkumná část práce se zabývá vlivem regenerace po anaerobním zatížení. Výzkum byl aplikován u vybrané skupiny dobrovolníků. Testované subjekty prošly stejným testem s časovým odstupem v podmínkách aktivní a následně pasivní regenerace. Cílem výzkumu bylo zjistit hladinu laktátu po přesně definovaných zatíženích a do jaké míry má regenerace vliv na rychlost jeho odbourání.

**Klíčová slova:** laktát, anaerobní zatížení, regenerace

## **BIBLIOGRAFICAL IDENTIFICATION**

**The name of thesis :** Evaluation of level of lactate in the course of regeneration after various types of anaerobic strain

**Workstation:** KTVS PF JU

**Author:** Jaroslava Glierová

**Branch of study:** Tělesná výchova a sport

**The head of thesis:** PhDr. Radek Vobr, Ph.D

**The year of defense:** 2007

### **Annotation:**

The academic section is mostly focused on analysis of lactate. Particularly what terms are necessary for production of lactate and what its other utilization in body during the sports activity. This section minutely describes energetic sources for muscle's work. We could found how the sources supply the energy, for how long are able to supply and about renewal these sources. It means ATP, CP, glycogen and other sources. And then we change from energetic sources to zones of energetic covering. There are the systems they ensure our muscle's performance.

Tiredness (exhaustion) is transitional phase for which is characteristic reduced performance. If we'd like to turn our body back to previous state, we use various means of regeneration. It is accurately described in second subhead of academic section. Also explain possibilities of regeneration after sport's activity and its effect.

In „regeneration“ is detailed describes sports massage, which is favorite like a regeneration means for sportsmen.

The research section is solving influence of regeneration after anaerobic strain. The research was apply to selected group of volunteers. The tested (subjects) has passed identical test in time intervals, first in conditions of active regeneration and then in conditions of passive regeneration. The target of our research was to find the level of lactate after exact defined strains and what degree has the regeneration influence on time of degradation.

**Keywords:** lactate, anaerobic strain, regeneration.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vyhodnocení hladiny laktátu v průběhu zotavení po různých typech anaerobního zatížení, zpracovala samostatně a že jsem vyznačila všechny prameny, ze kterých jsem čerpala.

Jaroslava Glierová

.....

Děkuji vedoucímu bakalářské práce, panu PhDr. Radku Vobrovi, Ph.D., za odborné vedení mé práce a za všechny cenné připomínky a rady. Dále bych chtěla poděkovat Sportcentru Delfín, za poskytnutí prostor pro můj výzkum a všem, kteří měli trpělivost a pochopení pro mou bakalářskou práci.

## **OBSAH**

1. ÚVOD .....	7
2. METODOLOGIE .....	8
2.1. Cíle práce .....	8
2.2. Úkoly práce.....	8
2.3. Hypotézy práce .....	8
2.4. Rozbor pramenů a literatury .....	8
3. METODY PRÁCE .....	11
4. TEORETICKÁ ČÁST .....	11
4.1. Energetické zabezpečení sportovního výkonu.....	11
4.1.1. Zdroje energie pro svalovou práci .....	11
4.1.2. Zóny energetického krytí.....	13
4.1.3. Aerobní (oxidativní) procesy .....	18
4.1.4. Anaerobní (neoxidativní) procesy .....	19
4.1.5. Laktát .....	20
4.2. Regenerace ve sportu .....	21
4.2.1. Únava.....	21
4.2.2. Regenerace.....	23
4.2.3. Sportovní masáž.....	26
4.2.4. Kompenzační cvičení.....	26
4.2.5. Aktivní odpočinek.....	27
5. PRAKTICKÁ ČÁST .....	28
5.1. Charakteristika testované skupiny .....	28
5.2. Metodika testování.....	28
5.3. Výzkumný plán.....	29
6. VÝSLEDKY A DISKUSE .....	30
7. ZÁVĚR .....	32
8. LITERATURA .....	33
9. PŘÍLOHY .....	35
9.1. Schéma sportovní masáže dolních končetin .....	35
9.2. Grafické záznamy testování.....	37
9.3. Výsledné hodnoty měření .....	40
9.4. Seznam použitých zkratk .....	42

## 1. ÚVOD

Anaerobní způsob tvorby energie při vysoce intenzivním zatížení je možný jen několik desítek sekund. Vysoce intenzivní zatížení se spojuje s rozsáhlou produkcí laktátu a iontů  $H^+$ , které mohou ovlivnit svalový výkon, protože nízké hodnoty pH mají inhibiční účinek na různé funkce svalových buněk (Murray, 1998).

Za normálních okolností, je laktát konvertovaný na pyruát a potom štěpený na oxid uhličitý a vodu. I přesto vytvořený laktát má tendenci se kumulovat vždy, když místní zásoby kyslíku nejsou dostatečné na to, aby se energie vytvořila aerobním způsobem. V tom případě se laktát buď difunduje do okolních tkání, které jsou lépe okysličený a následně přechází do krevního řečiště. Při zatížení vysokým úsilím mohou hladiny laktátu u specificky trénovaných osob dosáhnout velmi vysokých hodnot.

Záměrem mé práce je vyhodnotit hladinu laktátu, po přesně definovaných zátěžích, a zabývat se možnostmi ovlivnění rychlosti regenerace. Zároveň bych chtěla popsat možnosti zdrojů energie pro svalovou práci a systémy, kterých tělo využívá pro obnovu ATP. Zmíním se také o únavě a regeneraci svalové soustavy.

Téma mé bakalářské práce jsem si zvolila, neboť se třetím rokem věnuji cyklistice, coby kondiční trenér. Přesněji moderní formě cyklistiky – indoor cyclingu. Tuhle formu cyklistiky hojně využívá široká veřejnost, ale i vrcholoví cyklisté v přípravném období, zejména v zimě, kdy není možnost vyjet na silnici. Tréninkové jednotky jsou postaveny na znalostech energetických systémů, proto se můžeme setkat s tréninkem na čistě aerobní úrovni tak s tréninkem na úrovni anaerobního prahu. Proto je pro mě hlubší znalost, anaerobních procesů a problematika laktátu velkou výhodou.

## **2. METODOLOGIE**

### **2.1. Cíle práce**

Cílem práce je vyhodnotit hladiny laktátu po přesně definovaných zátěžích a možnosti ovlivnění rychlosti regenerace.

### **2.2. Úkoly práce**

Úkoly, které bylo nutno splnit při sestavování a následné realizaci této práce jsme shrnuli do těchto bodů:

- prostudovat a zpracovat odbornou literaturu
- vybrat jedince, kteří budou ochotni se podrobit měření
- provést měření po jednotlivých zatíženích
- vyhodnotit a zpracovat data
- vypracovat závěrečnou zprávu

### **2.3. Hypotézy práce**

H 1: Předpokládáme, že pokud použijeme aktivní regeneraci po zatížení, dojde k navrácení laktátu do původních hodnot rychleji, nežli by se subjekt věnoval pasivnímu odpočinku.

H 2: Předpokládáme, že u 60ti sekundových intervalů, dojde k nejvyššímu nárůstu hladiny laktátu. Při kratší době zatížení zřejmě nelze plně vytižít potenciál anaerobní glykolýzy a při delším zatížení by mohlo dojít k uplatňování oxidativního metabolismu.

### **2.4. Rozbor pramenů a literatury**

Nezanedbatelnou část bakalářské práce tvoří informace získané z odborné literatury a dalších pramenů. Snažila jsem se shromáždit co možná nejnovější dostupnou literaturu. Zde zmíním několik stěžejních pramenů, ze kterých ve své práci budu čerpat nejvíce a ostatní prameny uvedu v seznamu literatury.



**GANONG, W. Přehled lékařské fyziologie (H&H, 1999)**

V této publikaci je proveden základní souhrn a průřez všech nejdůležitějších poznatků. Obsah publikace je sestaven tak, že jsou zde zahrnuty obecné poznatky z fyziologie člověka. Zejména jsme pak čerpali z kapitol: Vzrušivé tkáně: svaly, energetická bilance, metabolismus a výživa. Kniha je určena jak pro studenty medicíny, tak i pro odbornou veřejnost, která má základní poznatky z anatomie, chemie a biochemie.

**MURRAY, R., K., GRANNER, D., K., MAYES, P., A., RODWELL, V., W.  
Harperova BIOCHEMIE (H &H, 1998)**

Kniha podává stručný, avšak nezkreslený výklad principů biochemie a molekulární biologie. I přes vysokou odbornost je kniha velice dobře pochopitelná. Tahle kniha nám pomohla do detailu pochopit biochemické pochody v těle při pohybové činnosti. Zejména pak problematiku anaerobní glykolýzy.

**SEMIGINOVSKÝ, B., VRÁNOVÁ, J. Fyziologická chemie pro posluchače FTVS  
( Univerzita Karlova, 1992)**

V knize autoři ukazují netradiční přístup zpracování učebních textů. Snaží se nepředkládat problematiku fyziologické chemie „systémově“, ale spíše „problémově“, v ucelených kapitolách. Zaujala nás kapitola „Látková přeměna základních živin“ (str. 35). Zejména se zde dozvídáme dopodrobna o glykogenu a dalších látkách.

**CHOUTKA, M., DOVALIL, J. Sportovní trénink ( Olympia, 1991)**

Snad nejoblíbenější kniha studentů sportovních fakult, sportovců, trenérů a široké veřejnosti zajímající se o sport. Kniha často propojuje teorii s praxí. Neznamená to ale, že se vztah mezi teorií a praxí se zjednodušuje a předkládají se praktické rady a návody, ale spíše se teoreticky zdůvodňují praktické otázky. Publikace je doplněna názornými grafy a tabulkami. Tato kniha mi pomohla v mé práci tím, že jsem měla možnost čerpat z tak širokého spektra informací.

**MILLER, M. a kol. Učební texty, sportovní masáže a rehabilitace (Utrin, 1990)**

Publikace shromažďuje poznatky z oblasti regenerace, sportovní masáže a chemie.

Dobrý dojem dotváří přehledné zpracování techniky masáží, včetně kreslených ilustrací a fotografií. Z knihy jsem čerpala problematiku regenerace a zejména jsem využila názorné ukázky masáže dolních končetin. Čerpali jsme z kapitol „Teorie masáže“ (str.49) a „Praxe sportovní masáže“ (str. 57).

**DOVALIL, J. a kol. Výkon a trénink ve sportu (Olympia, 2002)**

Velmi významná kniha pro trenéry, ať už úrovně vrcholové nebo nižších soutěží. Autoři nás jasně a srozumitelně vedou k celkovému porozumění tréninku. Upozorňují nás, že otázky sportovní výkonnosti a tréninku nejsou jednoduché, stejně jako není jednoduchá lidská bytost. Trénink je svým způsobem umění, musí se opírat o vědecké poznání a v praxi ho využívat. V knize jsme čerpali zejména z kapitol: Metabolismus, energetické zajištění sportovního výkonu a Exogenní faktory ovlivňující sportovní výkon.

**BARTUŇKOVÁ, S. a kol. Praktická cvičení z fyziologie pohybové zátěže ( Karolinum, 1999)**

Ve skriptech se seznamujeme s různými principy stanovení energetického výdeje, se systémovými změnami kardiorepiračního a nervosvalového systému i s některými regulačními mechanismy před, v průběhu i po skončení pohybové zátěže. Mimořádná pozornost je ve skriptech věnována problematice laboratorní a terénní diagnostiky. Diagnostika laktátové kapacity s nachází na straně 66, testy uvedené ve skriptech jsme použili k porovnání s naším návrhem.

### 3. METODY PRÁCE

Metoda je cílevědomý, záměrný postup, přesně vymezené myšlení a jednání, jímž se dosahuje určitého cíle, poznání či řešení. Specifickým znakem metody je, že představuje převážně souhrn racionálních, logických postupů a do jisté míry i technických úkonů a operací (Štumbauer, 1989). Při získávání informací, materiálů a zpracování mé bakalářské práce použiji několik pracovních metod:

#### **Obsahová analýza písemných pramenů**

Použití této metody mi umožní pro mou práci získat data a informace a objektivně a systematicky využít písemných pramenů a provést jejich rozbor. Tuto metodu využiji pro zpracování písemných projevů.

#### **Metoda testování a měření**

Testy mohou zjišťovat stav jednoho, nebo více jevů, či pomáhat sledovat vývoj určité vlastnosti v jistém časovém úseku. Měření znamená ve svém nejširším významu přiřazování čísel předmětům nebo jevům podle pravidel (Štumbauer, 1989).

## 4. TEORETICKÁ ČÁST

### 4.1. Energetické zabezpečení sportovního výkonu

#### 4.1.1. Zdroje energie pro svalovou práci

Tvorba energie je nezbytným předpokladem pro vytváření svalového stahu a z něj vyplývajícího pohybu. Příмым zdrojem energie jsou energeticky bohaté organické sloučeniny fosforu obsažené ve svalů, které jsou konečným produktem metabolismu sacharidů a tuků (Ganong, 1999). Pokud má tedy dojít ke svalové kontrakci je to možné pouze za předpokladu, že tělo má k dispozici dostatek energie v odpovídající formě. Energie se v těle uchovává v následujících formách:

**ATP – adenosintrifosfát.** ATP je chemická látka, která umožňuje svalovou kontrakci. Je to sloučenina složená z jedné molekuly adenosinu na níž jsou navázány 3 molekuly fosforu. Vazba mezi adenosinem a fosforem v sobě skrývá relativně velké množství energie (tzv. makroergní vazba). Jakmile dojde ke štěpení této vazby je

energie uvolněna. Odštěpením molekuly fosforu se ATP transformuje na adenosin difosfát (ADP) za současného uvolňování energie. Rezerva ATP je uložena ve svalových vláknech a kryje okamžitou potřebu energie, pokud by tato rezerva nebyla doplňována, vystačí maximálně na 2-3s práce. Aby nedošlo k vyčerpání existuje několik dalších podpůrných zdrojů energie, které zpětně doplňují energii ADP a vytvářejí zpětně (resyntetizují) ATP, takže množství ATP zůstává dostatečné pro svalovou aktivitu (Murray, 1998).

### **CP- kreatinfosfát.**

Kreatinfosfát je další energeticky bohatá sloučenina fosforu, která může po krátkou dobu dodávat potřebnou energii. V klidu určité množství ATP v mitochondriích předává svůj fosfát kreatinu a tak zvyšuje zásobu CP. Během zátěže je CP hydrolyzován u spojení mezi myosinovými hlavičkami a aktinem za vzniku ATP z ADP, čímž je umožněno pokračování kontrakce. Celkové množství CP ve svalech postačuje na činnost do cca 20 sekund (Ganong, 1999).

### **Další energetické zdroje**

Dalšími energetickými zdroji jsou cukry, tuky a bílkoviny. Jsou to zdroje, které zajišťují dlouhodobou svalovou činnost a které přijímáme z potravy. V klidu a během lehké zátěže získávají svaly energii z volných mastných kyselin. Se stoupající intenzitou zátěže nestačí samostatné lipidy dodávat dostatek energie a sacharidy se stávají rozhodující složkou paliva svalů. Během zátěže většinu energie pro resyntézu kreatinfosfátu a ATP poskytuje štěpení glukosy na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$  (Ganong, 1999). Sacharidy se v těle skladují ve formě glykogenu buď přímo ve svalech, nebo v játrech. Množství glykogenu je značně individuální a omezené. Jeho zásoby činí přibližně 400-600g, tj. 6700-8400kJ, což vystačí zhruba na 2-4 hodiny sportovní činnosti. Naopak tuky, coby zdroj energie, jsou prakticky nevyčerpatelné (zásoba 5-20 kg, zejména v podkožním tuku). Tato zásoba tuků vystačí teoreticky na nekonečně dlouhou činnost. Bílkoviny (proteiny) slouží jako energetický zdroj pouze výjimečně, prioritní funkcí je úloha strukturní, tj. stavba tkání (Dovalil, 2002). Využití energetických zdrojů v těle je možné pomocí aerobních a anaerobních biochemických reakcí. Aerobní reakce probíhají za účasti  $\text{O}_2$  obsaženého v krvi. Čím větší má být pracovní intenzita, tím větší jsou nároky svalů na spotřebu kyslíku. Dochází ke zvýšení dechové frekvence a srdečního rytmu podle rychlosti pohybu a intenzity nasazení. Dochází ke zvýšenému

transportu kyslíku do svalů. Příjem kyslíku je však omezen maximální spotřebou kyslíku daného sportovce. Pokud je překročena maximální spotřeba kyslíku začínají se aktivizovat anaerobní procesy a to tím více čím je větší intenzita pohybu. Při rychlostním a rychlostně silovém projevu je energetický požadavek zabezpečován na podkladě ATP-CP procesů nebo anaerobní glykolýzy. Svalstvo i ostatní orgány tedy uvolňují energii třemi rozdílnými způsoby, které označujeme jako ATP-CP systém, LA systém, O<sub>2</sub> systém. Energetický zdroj ATP je tedy doplňován pomocí energetických systémů. Adaptací ATP-CP systému můžeme také zvyšovat aktuální rezervu ATP ve svalových buňkách. Svalová buňka tak bude vázat větší množství energie, kterou bude moci aktuálně využít. U LA a O<sub>2</sub> systému je důležitá nejen jejich energetická kapacita, ale také rychlost, s jakou je daný systém schopen fungovat.

#### 4.1.2. Zóny energetického krytí

Při pohybové činnosti je výdej energie zajišťován štěpením ATP (kyselina adenosintrifosforečná), jejíž množství musí být stále obnovováno a to štěpením složitějších sloučenin cukrů a tuků. Pro resyntézu (obnovu) ATP využívá tělo tři možnosti. První je kreatinfosfát CP. Druhou možností je glukóza získaná štěpením glykogenu. Tuto reakci označujeme jako glykolýzu. Třetí možností je proces zvaný lipolýza. Resyntéza ATP probíhá aerobně – za přístupu kyslíku, nebo anaerobně – bez přístupu kyslíku. Aerobně znamená, že plíce s oběhovým aparátem dodávají tolik kyslíku, kolik je ho ve svalech a ostatních pracujících tkáních zapotřebí. Anaerobně znamená, že svaly nemají dostatečné množství kyslíku, které potřebují k resyntéze ATP. Pak tedy pracuje organismus v tzv. kyslíkovém deficitu. Na tomto základě můžeme stanovit čtyři základní zóny energetického krytí:

- ATP – CP.....anaerobně alaktátová zóna
- LA.....anaerobně laktátová zóna
- LA – O<sub>2</sub>.....aerobně laktátová zóna, smíšená zóna
- Oxidativní O<sub>2</sub>..aerobně alaktátová, oxidativní zóna

V některých literaturách se udávají pouze tři zóny energetického krytí. Vynechává se zóna LA-O<sub>2</sub>, kterou představuje zatížení na úrovni anaerobního prahu, ANP

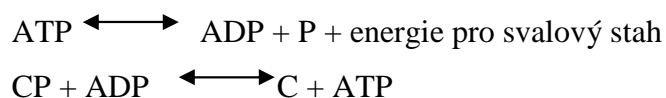
(Melichna, 1995). Zatížení na úrovni anaerobního prahu je takové, při kterém ještě aerobní procesy stačí vyrovnávat nároky na krytí energie. Je to přechod mezi aerobním a anaerobním krytím, ve kterém prudce narůstá podíl neoxidativní úhrady energetických potřeb.

### ATP-CP zóna

Při práci v této zóně energetického krytí se energie pro resyntézu ATP získává rozštěpením makroergické vazby kreatinfosfátu-CP. ATP-CP systém zajišťuje pohybovou činnost maximální intenzity po dobu 10-20 s. (Choutka, Dovalil 1991).

Zpětné doplnění zásob se předpokládá za 2-3 minuty. Celkové množství energie v této zásobě je malé, pouze mezi 21 až 33 kJ. Při těchto krátkodobých činnostech, bez dostatečné účasti kyslíku, a bez vzestupu hladiny kyseliny mléčné v krvi hovoříme o tzv. alaktátovém neoxidativním anaerobním způsobu hrazení energie.

Biochemické reakce zde probíhající vypadají následovně:



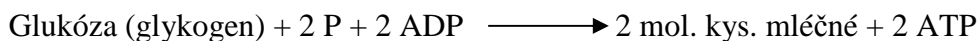
Podkladem pohybové činnosti v laktátové zóně je aktivita rychlých glykolitických vláken kosterních svalů, které zabezpečují vysokou intenzitu stahu, ale také rychle podlehnou únavě. Předpokladem vysoké výkonnosti je rovněž zvýšení příčného průřezu svalu (svalová hypertrofie) (Semiginovský, 1990). Aktuální alaktátovou neoxidativní kapacitu nepochybně spoluvytváří také soubor koenzymů, zejména anaerobních dehydrogenáz, které mohou zabezpečit přenos elektronů, a tím realizaci části respiračního řetězce s využitím jejich pohotové kapacity, bez nutnosti okamžitého přísunu kyslíku. Jsou to především oxidované formy koenzymů  $\text{NAD}^+$ ,  $\text{NADP}^+$ ,  $\text{FAD}$ ,  $\text{FMN}$  (nikotinamiddinukleotid, nikotinamiddinukleotidfosfát, flavinadenindinukleotid, flavinmononukleotid) koenzym Q, cytochromy apod. (Murray, 1998).

Přímé stanovení alaktátové anaerobní kapacity organismu je náročné a předpokládá bioptické vyšetření, či využití metody nukleární magnetické rezonance se sledováním změn anorganického fosfátu. Nepřímé stanovení využívá hodnocení výkonu či rychlé

strmé složky návratu spotřeby kyslíku ke klidovým hodnotám v zotavné fázi (Choutka, Dovalil, 1991).

### **LA zóna**

Pro tuto zónu je charakteristická pohybová činnost submaximální intenzity s trváním 45-90 s event. delších činnostech s nedostatečnou dodávkou kyslíku. Převažuje laktátový neoxidativní způsob hrazení energie a ten je doprovázen vzestupem koncentrace kyseliny mléčné a jejích solí v krvi. Je to důsledek anaerobní glykolýzy, neoxidativního odbourávání svalového glykogenu. Celková energetická kapacita tohoto systému je přibližně 120-420kj, energetický zisk je tudíž malý.



Z hlediska intenzity pohybové činnosti je nevýhodné, že rychlost uplatnění ATP získaného anaerobní glykolýzou svalového glykogenu v laktátové zóně energetického krytí je dvakrát pomalejší než v zóně alaktátové. Důsledkem je pokles intenzity pohybové činnosti, též v souvislosti z vyplaveným LA do krve. Celková kapacita využití laktátové zóny metabolického krytí je omezena subjektivní schopností tolerovat nepříjemné důsledky zátěžové metabolické acidózy. Podkladem pohybové činnosti jsou zde rychlá oxidativně glykolytická svalová vlákna (FOG), zabezpečující intenzivní svalový stah s rychle nastupující únavou. Za typický ukazatel laktátové anaerobní kapacity organismu se považuje hladina LA v krvi (Semiginovský, 1990).

### **LA-O<sub>2</sub> zóna**

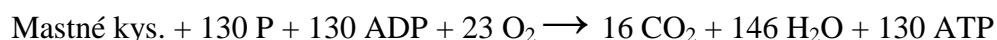
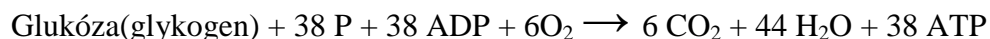
Při práci v délce 3-10min. přechází anaerobní glykolýza v aerobní glykolýzu. Tento přechod se nazývá anaerobní práh (ANP). Anaerobní práh znamená takovou nejvyšší intenzitu konstantního zatížení, při níž k úhradě energetického požadavku nestačí pouze aerobní procesy, ale výrazněji se uplatňují anaerobní procesy, avšak celý systém laktátové výměny zůstává ještě v dynamické rovnováze tvorby a utilizace laktátu (Votík, Bursová, 1994). Intenzita anaerobního prahu se vyjadřuje v hodnotách spotřeby O<sub>2</sub> a především v % VO<sub>2max</sub>. Udává se, se u netréovaných jedinců pohybuje mezi 50-

70 %  $VO_{2max}$ , u trénovaných 80-90 % i více (Choutka, Dovalil, 1991). Konvenčně daný ANP laktátový je kolem 4mmol/l v krvi. Je to intenzita, která klade nároky na spotřebu kyslíku, acidóza přitom zůstává v mezích přijatelné tolerance, cvičení tak lze provádět déle než čistě LA zátěž (Dovalil, 2002). Množství energie získané těmito procesy je již velké, proto je možné v tomto energetickém režimu pracovat již relativně dlouhou dobu a v poměrně vysokém tempu, aniž by došlo k negativnímu okyselení a tím i k narušení potřebných pohybových struktur (Melichna, 1995).

ANP lze určit invazivním způsobem sledováním změny koncentrace laktátu či neinvazivním způsobem, tj. změnami ventilačně respiračních parametrů při zatížení. Čím vyšší je vytrvalost na úrovni ANP, tím vyšší je identita hodnot získaných invazivním a neinvazivním způsobem. Další alternativou může být stanovení ANP ze vztahu mezi průběhem změn spotřeby kyslíku při stupňované zátěži.

### **Oxidativní (O<sub>2</sub>) zóna**

Teprve při pohybových činnostech střední a mírné intenzity s trváním činnosti nad 90s a déle, hovoříme o oxidativním (aerobním) způsobu hrazení energie. Je zde dostatečný transport kyslíku pro potřeby kosterního svalstva. Při výlučném oxidativním energetickém krytí potřeby energie nedochází ke zvýšení hladiny kyseliny mléčné v krvi. Kapacita oxidativního systému je teoreticky neomezená, avšak limitem jeho využívání je typ pohybové činnosti i rychlost schopnosti aerobního systému dodávat makroergní fosfáty činným svalům (Votík, Bursová, 1994). Energie je štěpena oxidativně z glukózy (glykogenu), nebo z mastných kyselin (např. palmitová, stearová). Jde o aerobní glykolýzu a lipolýzu.



Z výše napsaných rovnic vyplývá, že oxidativní způsob je přibližně 13-19krát účinnější, avšak pomalejší. Oxidativní způsob energetického krytí má rozhodující význam pro rychlé doplňování zásob ATP a CP na maximální výchozí úroveň,



nezbytnou pro intervalovou činnost objektivně maximální intenzity. Podkladem pohybové činnosti je aktivita především pomalých vláken kosterního svalu, jichž mají vytrvalci procentuální převahu. Vyčerpání svalového glykogenu (především z pomalých vláken) předpokládá až 48h trvající dobu regenerace.

Jak již bylo řečeno aerobní zóna energetického krytí nastupuje po 90s zátěže mírné až střední intenzity, hlavní funkci zásobitele energie však plní až pro výkony trvající nad 10min. Hlavními energetickými zdroji jsou glukóza a tuky. Štěpení glukózy nastává od počátku výkonu, tuky se začínají štěpit kolem 12min. práce. Doba, po kterou stačíme pracovat se zásobami glukózy v podobě glykogenu je kolem 1h. Tuky vystačí (podle jejich množství v těle) na dlouhou dobu, přibližně několik hodin.

### Zóny energetického krytí v praxi

Žádný z uvedených energetických systémů však nepracuje při pohybové činnosti izolovaně. Svaly využívají při každé práci všechny tři typy uvolňování energie, záleží na intenzitě činnosti a jejím trvání. Podle délky trvání a intenzity činnosti se aktivizuje více či méně daný systém. Způsob a pořadí zapojení jednotlivých systémů v poskytování energie za jednotku času znázorňuje tabulka.

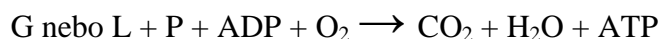
Tab.1: Podíl energetických systémů (%) na činnosti různé doby trvání a relativně maximální intenzity. Po uvedené dobu co možná nejvyšší intenzita.. (dle Mac Dougal a kol 1982 in Bukač, Dovalil 1990)

doba práce	ATP-CP	LA	O <sub>2</sub>
5s	85	10	5
10s	50	35	15
30s	15	65	20
1min.	8	62	30
2min.	4	46	50
4min	2	28	70
10min.	1	9	90
30min.	1	5	94
1h	1	2	97
2h	1	1	98

### 4.1.3. Aerobní (oxidativní) procesy

Aerobní procesy jsou rozkladné (katabolické) chemické děje, při nichž dochází k uvolňování energie za přítomnosti kyslíku. Aerobní procesy se samostatně uplatňují při pohybové činnosti v setrvalém stavu, tj. při déletrvajícím cvičení střední až mírné intenzity. Jde většinou o činnosti trvající bez přerušení déle než 5-6 min. v neměnné intenzitě.

Chemické reakce, které probíhají při aerobním štěpení látek se nazývají aerobní glykolýza a aerobní lipolýza. Při obou reakcích dochází k vazání volného fosforu na ADP a tvorbě ATP, jde o tzv. oxidační fosforylaci. Velmi zjednodušeně můžeme tyto reakce vyjádřit rovnicí:



( G = glykogen nebo glukóza, L = tuky, respektive volné mastné kyseliny, P = fosfát, O<sub>2</sub> = kyslík, CO<sub>2</sub> = oxid uhličitý, H<sub>2</sub>O = voda); Oxidací vzniká ATP jako bezprostřední zdroj energie pro svalovou práci, kysličník uhličitý, který je třeba oběhovým systémem vyloučit, a poměrně značné množství vody, která je v organismu dále využita. Štěpí-li se cukry, je vzhledem k jejich zásobě v organismu možno provádět cvičení patřičné intenzity kolem 30min. S poklesem zásob cukrů v organismu (krevní glukóza, jaterní glykogen, svalový glykogen) se stále více stávají hlavním zdrojem energie tuky (po rozštěpení na glycerol a vyšší mastné kyseliny). Protože jde o složitější chemické reakce, než je aerobní štěpení cukrů, intenzita pohybové činnosti se poněkud snižuje, ale vzhledem k zásobám tuku v těle je možné ji vykonávat až po několik desítek hodin.

Aerobní glykolýza umožňuje v zásadě vyšší intenzitu (ve srovnání se štěpením tuků), proto se během výkonu záměrně zvyšuje zásoba cukrů v těle, během pohybové činnosti se konzumují jednoduché cukry (např. hroznový cukr rozpuštěný ve vodě či tyčinka s vysokým obsahem glukózy). Jedním z dalších způsobů, jak zvýšit zásobu cukrů v těle je nasazení glycidové diety před výkonem a vhodném systému využívání glycidů při delších činnostech.

Ve sportovním tréninku nás nejvíce zajímá maximální aerobní výkon, tj. taková intenzita pohybové činnosti, a její trvání, při níž se v co nejvyšší míře uvolňuje energie oxidativně (aerobně). Maximální aerobní výkon může trvat nejvýše po dobu 4-8 min., u delších cvičení se jeho využití snižuje. Měřítkem maximálního aerobního výkonu je maximální spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub> max.), měří se nejčastěji na bicyklovém ergometru do subjektivního vyčerpání, spotřeba kyslíku je závislá na věku, pohlaví a trénovanosti.

Zvlášť vysoké hodnoty mají vytrvalostně trénovaní sportovci. Jelikož spotřeba kyslíku závisí i na hmotnosti svalů, tedy i hmotnosti těla, užívá se často nejen vyjádření maximální spotřeby kyslíku absolutně ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ), ale i relativně na kg hmotnosti ( $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) (Votík, Bursová, 1994).

Uskutečnit pohybovou činnost s max. aerobním výkonem lze jen několik minut, trénovaní vydrží méně než netréňovaní. Je-li cvičení delší, aerobní výkon nutně klesá, rychleji u netréňovaných, pomaleji u trénovaných. Max. aerobní výkon je podmíněn především činností krevního systému transportujícího kyslík, výkonností krevního oběhu. Vysoká úroveň oxidativních dějů ve svalu závisí tedy nejen na adaptačních dějích v buňkách (enzymy, substráty), ale i na možnostech krevního oběhu přisunout buňkám dostatek kyslíku a odvést vzniklý  $\text{CO}_2$ . Závislost je přímá: čím má být sportovec výkonnější, tím více kyslíku v časové jednotce musí být schopen dopravit z plic do svalů, aby mohl v daném čase uvolnit větší kvantum energie aerobně, a tím dosáhnout vyššího výkonu.

Někdy se používá pojem aerobní kapacita, čímž se rozumí celkový objem energie, kterou lze uvolnit oxidativně. Vzhledem k velké zásobě oxidativně štěpených substrátů (cukrů a tuků) je aerobní kapacita ohromná. Proto se v praxi zaměřujeme spíše na maximální aerobní výkon (Votík, Bursová, 1994).

#### **4.1.4. Anaerobní (neoxidativní) procesy**

Anaerobní procesy jsou chemické děje, při nichž se štěpení látek uskutečňuje za nepřítomnosti kyslíku. Anaerobní procesy jako jediné zajišťují energii na začátku každé pohybové činnosti, podílejí se vysokým procentem na výdeji energie v krátkodobých činnostech (30s-4min) a na konci řady cvičení. K anaerobním procesům řadíme rozklad ATP, výměnu fosfátu mezi CP a ADP a anaerobní glykolýzu. Takto vzniklou energii však nemůžeme čerpat dlouho, jako v případě lipolýzy. Zejména zásoby ATP, CP jsou značně omezeny, a to na pouhou aktuální zásobu v buňkách. Nejčastěji nás zajímá anaerobní potenciál (anaerobní kapacita), anaerobní vytrvalost, anaerobní výkon. Posouzení úrovně anaerobních procesů vzhledem k intenzitě zatížení. Zastoupení ATP a CP lze jen těžko přímo sledovat, proto se zjišťuje nepřímo podle vykonané práce či výkonu v krátkých, zato intenzivních činnostech. Produkt anaerobní glykolýzy laktát lze sledovat invazivně v krvi. Anaerobní procesy se aktivizují při intenzivních činnostech, po ukončení pohybové činnosti je energie spotřebovaná anaerobní cestou zpětně

doplňována pomocí procesů aerobních. Aerobní procesy zpětně doplňují energii spotřebovanou anaerobně. Platí, že spotřeba kyslíku během výkonu odpovídá energii spotřebované aerobními procesy, zatímco spotřeba kyslíku po ukončení zátěže do zotavení odpovídá úhradě energie anaerobními procesy (Melincha, 1995). Anaerobní procesy charakterizuje množství kyslíku, potřebné pro zotavení po zátěži. Toto množství kyslíku se nazývá kyslíkový dluh. Úzce souvisí s hodnotou kyslíkového deficitu, který vzniká při anaerobním zatížení a vyjadřuje nepoměr mezi potřebou a aktuální dodávkou kyslíku tělesným tkáním. Kyslíkový dluh se experimentálně určuje měřením spotřeby  $O_2$  po cvičení do dosažení stále bazální spotřeby. Pak se bazální spotřeba odečte od spotřeby celkové. Velikost tohoto dluhu může být 6tinasobkem bazální spotřeby  $O_2$  (Ganong, 1994). Výše kyslíkového deficitu a kyslíkového dluhu by měly být přibližně rovné (Choutka, Dovalil, 1991).

#### **4.1.5. Laktát**

Anion kyseliny mléčné,  $CH_3-CHOH-COO^-$ , je to produkt štěpení cukrů (glukózy, glykogenu) za nepřítomnosti kyslíku. Vzniká redukcí pyruátu (kyselina pyrohroznová) za anaerobních podmínek v procesu zvaném glykolýza (Murray, 1998). Vytvořený laktát se ze svalové tkáně rychle vyplavuje do krve, krví je roznášen po celém organismu. Zvýšená tvorba laktátu v pracujících svalech je jednak na začátku zatížení střední intenzity, v intervalu po kritickém poklesu zásob makroergních fosfátů a ještě nedostatečnou funkční úrovní systémů zabezpečujících aerobní způsob energetického krytí, a také v případech vysoce intenzivního zatížení, kdy je překročena maximální rychlost poskytování energie aerobním způsobem. Rychlost dodávání energie anaerobní glykolýzou je zhruba dvakrát vyšší než oxidativní, zato však energetický zisk je téměř dvacetkrát menší. Hladina laktátu v krvi neboli momentální množství laktátu v krvi (laktacidémie) je v každém okamžiku výsledkem dynamické rovnováhy mezi její produkcí a odbouráváním některými tkáněmi, zejména srdcem a játry (Semiginovský, 1990). Pro srdce je laktát významným zdrojem energie při zvýšených pracovních nárocích, játra v zotavení částečně laktát katabolizují až na oxid uhličitý a vodu a současně jeho zbytek anabolicky resyntetizují na glukosu, kterou buď ukládají v podobě glykogenu nebo ji zpětně vylučují do krevního řečiště. Odbourávání laktátu v kosterních svalech urychluje také aktivní složka odpočinku, např. vyklusání.

Hromadí-li se nadměrně kyselé produkty ve vnitřním prostředí organismu (např.- laktát – kyselina mléčná a její soli při převažujícím zatížení v anaerobně laktátové bioenergetické metabolické zóně), mluvíme o acidoze. Ta se negativně projevuje zejména v činnosti CNS a poklesem aktivity enzymů, což má za následek poruchy koordinace pohybů a může vést až k nucenému přerušení pohybu (Votík, Bursová, 1994).

Klidová hladina laktátu v krvi je 1,2 – 1,8 mmol.l<sup>-1</sup>. Nejvyšší hladinu jde stanovit po specifických testech pohybovým zatížením, jejichž základem je subjektivně maximální výkon (Semiginovský, 1990). Tréninkem, zejména u sportů s vysokým podílem anaerobní glykolýzy na uvolňování energie se odolnost organismu k acidóze zvyšuje, jakož se zvyšují i funkční schopnosti organismu pracovat v laktátovém režimu. Tréninkem se může oddálit nástup kritických hodnot laktátu v organismu, prodloužení pracovní doby v laktátovém režimu, zvýšená schopnost snášet kyselé prostředí tvořené laktátem a snášet větší množství laktátu v organismu, zvýšená schopnost odbourávat laktát, tudíž lépe a rychleji zotavovat. U takto trénovaných sportovců dosahuje koncentrace laktátu v krvi vysokých hodnot 13,5 až 17 mmol.l<sup>-1</sup> (Dovalil, 2002). Laktátu se dá dobře využít pro posouzení intenzity pohybové činnosti submaximální intenzity po dobu 30-90s. Pokud budeme provádět pohybovou činnost submaximální až maximální intenzity dosáhne po 30s hladina laktátu v krvi vysokých hodnot kolem 11-13 mmol.l<sup>-1</sup>, nejvyšších hodnot laktátu je pak dosaženo kolem 60s.

## **4.2. Regenerace ve sportu**

### **4.2.1. Únava**

Je nedílnou součástí základních životních cyklů činnost – odpočinek a jako přechodová fáze je charakterizována sníženou výkonností. Jakákoliv činnost vyvolává únavu (Semiginovský, 1990). V důsledku pohybové činnosti nastupuje jednak funkční únava nervosvalového systému a psychická únava, a jednak „strukturní“ únava namáhaných částí pohybového systému s různě vyjádřeným stupněm vratných důsledků námahy, poškození, zániku a obnovy tkáně. Tak můžeme rozlišovat tělesnou nebo duševní únavu, celkovou či místní, náhlou nebo vleklou apod. Důležité je rozpoznat hlavní příčinu únavy a tím i její strukturu (Choutka, Dovalil, 1991).

Obecně se za hlavní zdroje únavy považují:

- snížení pohotových energetických rezerv organismu
- nadbytek některých produktů látkové výměny
- narušení vnitřního prostředí organismu
- změny regulačních a koordinačních mechanismů včetně poruch nervosvalového přenosu

Únava může být periferní nebo centrální. Periferní únava pramení přímo z únavy svalů a je např. způsobena vyčerpáním energetických zásob, glykogenu, ztrátou elektrolytů a vody, nahromaděním laktátu. Krev a její složení odráží vztah mezi transportem a odbouráváním různých látek v krvi. Např. podle kyseliny mléčné a jejich derivátů nebo podle hodnot kontraktility svalu určujeme stupeň únavy (Miller, 1990).

Centrální únava vzniká do jisté míry nezávisle na svalu vyčerpáním nebo snížením funkce centrálního nervového systému. Hodnocení únavy v praxi je velmi obtížné, stupeň únavy posuzujeme podle změn celkové reakce organismu, zvláště pak podle zpomalení obnovy rovnovážného stavu organismu.

### **Mechanismus vzniku únavy**

Teoreticky může únava vzniknout kdekoli na cestě mezi motorickými centry velkého mozku a nervosvalovou ploténkou, také při energetických pochodech ve svalovém vlákně i při vlastní souhře aktinu a myosinu (Máček, 1997).

Mechanismus kontrakce je závislý na proteinech myosinu, aktinu, tropomyosinu a troponinu. Kdy troponin je složen ze tří subjednotek troponinu I, troponinu T, troponinu C (Ganong, 1999).

Bezprostředním zdrojem energie pro stah je ATP. Hydrolýza makroergních fosfátů je katalyzována adenosintrifosfátasou obsaženou v hlavičkách myosinových molekul v místě kontaktu s aktinem (Ganong, 1999).

Iniciátorem kontrakce je přísun iontu  $\text{Ca}^{2+}$  ke kontraktilním bílkovinám.  $\text{Ca}^{2+}$  se váže na troponin C. V klidu je troponin I pevně vázán k aktinu a tropomyosin kryje vazební místa pro myosinové hlavičky. Troponintropomyosinový komplex tedy tvoří „relaxační protein“, který znemožňuje vazbu mezi aktinem a myosinem. Když se  $\text{Ca}^{2+}$  uvolňuje akčním potenciálem naváže na troponin C, odstraní to vazbu troponinu I na

aktin a to dovolí, aby se tropomyosin posunul do strany. Jeho pohyb odkryje vazebná místa pro hlavičky myosinu. ATP je pak rozštěpeno a probíhá kontrakce (Ganong, 1999). Po jejím vyvrcholení je  $\text{Ca}^{2+}$  z troponinu odstraněno a ten opět tvoří překážku v cestě mezi aktinem a myosinem a kalciovou pumpou,  $\text{Ca}^{2+}$  je staženo zpět do sarkopasmatického retikula. Sval relaxuje. Z toho plyne, že klíčem k celé kontrakci je dostatečné a přístupné množství  $\text{Ca}^{2+}$  (Máček, 1997).

#### 4.2.2. Regenerace

Regenerace sil je biologický proces, který má za úkol vyrovnat a obnovit reverzibilní pokles funkčních schopností jednotlivých orgánů nebo celého těla (Miller, 1990). Obvykle rozdělujeme regeneraci na pasivní a aktivní. Pokud se organismus po zatížení vrátí do normálního stavu bez pomoci jakýchkoliv prostředků mluvíme o regeneraci pasivní. Přírodním prostředkem pasivní regenerace je tedy spánek a odpočinek v klidu. Naopak aktivní regenerace je soubor prostředků a metod, které jsou zaměřeny k odstraňování důsledků zatížení – únavy (Choutka, Dovalil, 1991).

Pro zabezpečení kvalitního a efektivního tréninku, je nutné chápat regeneraci jako neoddělitelnou součást tréninkového procesu, kdy regenerace navazuje na různé formy zatěžování. Pro správné a účinné využívání regenerace v tréninkovém procesu se předpokládají odpovídající vědomosti o podstatě a průběhu zotavení i o mechanismech a účincích jednotlivých regeneračních prostředků. Přesto není vhodné vliv regenerace přeceňovat. Časté a stereotypní používání několika vybraných činností (masáže), může vést k návyku. Z toho vyplývá, že se značně snižuje účinek regenerace. Proto se obvykle využívá více regeneračních procedur. Po určitém čase se střídají a mění se i jejich dávkování. Je samozřejmostí, že s růstem objemu a intenzity zatěžování se úměrně zvyšuje i doba určená pro regeneraci (Choutka, Dovalil, 1991).

Choutka a Dovalil (1991), rozdělují regenerační prostředky do 3 skupin:

- pedagogické prostředky
- biologicko-lékařské prostředky
- psychologické prostředky

## **Pedagogické prostředky**

Pedagogické prostředky zpravidla obsahují i aspekt prevence únavy, nelze je tedy chápat pouze jako opatření odstraňující únavu. Proto zde sehrává významnou roli celkový životní režim sportovce (dostatek spánku, racionální výživa...), stavba tréninkového procesu, a to nejen v prevenci únavy, ale i při jejím odstraňování. Také zde pomáhají specifické prostředky urychlující a zkvalitňující zotavné procesy. Patří sem - střídání zatížení a odpočinku (změny velikosti zatížení, změny tréninkových prostředků, změny podmínek, doplňková cvičení, vyrovnávací cvičení a relaxační cvičení).

## **Prostředky biologicko-lékařské**

Mezi biologicko lékařské prostředky řadíme výživu, fyzikální prostředky a farmakologické prostředky.

Výživu obohacujeme o látky prohlubující účinnost zotavné fáze tréninku.

Fyzikální prostředky jsou nejobsáhlejší a nejvýznamnější. Dělíme je na:

- *masáže*, jsou nejpoužívanější a mají pro praxi velký význam. (viz.kap. 4.2.3.)
- *vodní procedury* využívají účinků vody, jejíž teplota 34 až 36 °C se považuje za indiferentní, zatímco teplota vyšší o 5 a více stupňů má uklidňující vliv a nižší o 5 a více stupňů má osvěžující vliv (Choutka, Dovalil, 1991). Mezi nejužívanější procedury řadíme:
  - sprcha, má vedle tepelného účinku také účinek mechanický. Změna teploty vody, její různé množství a výška dopadajícího sloupce vody umožní získat různě působící úkony od šetrných po dráždivé, kdy se může střídát aplikace teplých a studených sprch (Miller, 1990). Často tuhle proceduru využíváme bezprostředně po tréninku, kdy má význam také hygienický.
  - bazén, spojuje účinek teplé vody s relaxačním pohybem,
  - podvodní masáž spojuje účinky působení vody s tlakem, vyžaduje individuální přístup. Masáž se provádí paprskem vody o tlaku 3-5 atmosfér v teplé lázni. Tvar paprsku se volí různou tryskou, jinak se dodržují všechna pravidla klasické masáže (Miller, 1990),
  - vířivá masáž, má účinek jak regenerační tak i rehabilitační,
  - vodní stříky, jsou velmi často používané prostředky, jejich použití ve sportu je velmi vhodné a účinné;



- *elektroprocedury* patří k náročnějším prostředkům, uplatňují se zejména u sportovců vyšších výkonnostních úrovní. Nejpoužívanější jsou:

- diadynamik , používaný zejména při odstraňování místní bolestivosti, zvláště svalů,

- magnetické pole, zvláště pulsní magnetické pole o různých frekvencích a intenzitách má poměrně široké regenerační účinky ve svalech, šlachách i jinde (Choutka, Dovalil, 1991);

- *Světelné procedury*, infračervené (např. solux) a ultrafialové záření působí tepelnými, ale i jinými účinky na celkové zotavení organismu. Slunění má povzbuzující vliv a významně se uplatňuje u stavů tělesné i duševní únavy (Miller, 1990);

- *Sauna*, představuje řadu podnětů, na první místě je podnět tepelný. Začíná jako hypertermizující výkon v horkém a suchém prostředí potírny. Prokrvení pokožky, je sledováno pocením, teplota těla stoupá o 1-2 stupně. Jakmile regenerovaný dosáhne pocitu přehřátí, ochladí se studenou sprchou nebo koupelí v bazénu. Snese i ponoření do ledové vody. Sauna působí zejména na oběhový, dýchací a termoregulační systém. Sauna zařazujeme dle snášenlivosti 1-3krát týdně, nikoli ihned po únavě. Po saunování by měl následovat přiměřený odpočinek, nezbytné je též doplnění tekutin (Miller, 1990).

### **Psychologické prostředky**

Psychologické prostředky prolínají regenerací pedagogickou a v regeneraci biologicko-lékařské jsou jedním z podstatných spolupůsobících faktorů. Regenerační procedury by měly probíhat v psychicky optimálním klimatu, ve kterém se sportovec může uvolnit a aktivně se regenerace účastnit. Z psychologických prostředků, které působí samostatně, se nejčastěji používají pohovory, zájmová tvořivá činnost, autoregulační cvičení, farmakologické preparáty. Uvedené psychologické prostředky mohou být využívány samostatně, ale mají též doplňovat ostatní druhy regenerace (Choutka, Dovalil, 1991).

### 4.2.3. Sportovní masáž

Sportovní masáž je uspořádaný soubor masérských hmatů, které následují po sobě a slouží ke zlepšení přípravy na podání sportovního výkonu a pro urychlení regenerace po výkonu (Miller, 1990).

Hošek (1994) říká, že působení masáže na organismus se projevuje ve třech oblastech:

**Mechanické** – masérské hmaty podporují a urychlují mizní a krevní proud a tím se usnadňuje i vyplavování produktů ze tkání.

**Nervově reflexní** - podrážděním nervových zakončení v masírované oblasti jsou cestou stejné kořenové inervace ovlivňovány i vzdálené orgány, například útrobní.

**Biochemické**- masáží se ve tkáních podkoží uvolňují látky s vasoaktivním efektem, které vedou k rozšíření cév a lepšímu prokrvení organismu.

Výsledný účinek masérských hmatů na tělo jako celek závisí především na charakteru hmatů, technice a intenzitě provedení a také na volbě masážního prostředku. Sportovní masáž využívá uspořádaného postupu sedmi základních skupin masérských hmatů a to úvodní tření, hnětení, roztírání, tepání, chvění, závěrečné tření, kloubní pohyb. Každá skupina pak má řadu dílčích hmatů, které se v jednotlivých krajinách odlišně používají (Hošek, 1994).

Postup sportovní masáže používaný při testování přiložen do přílohy.

### 4.2.4. Kompenzační cvičení

V rámci regenerace sil představuje kompenzační cvičení nedílnou součást tréninkového procesu, kterou je nutno pravidelně zařazovat do cyklu sportovní přípravy. Funkční jednotku kosterních svalů zodpovědnou za volní pohybovou aktivitu je motorická jednotka. Ta je složena z vláken motoneuronu a určitého počtu svalových vláken. Motorické jednotky, resp. svaly je možné rozdělit do dvou velkých skupin podle hlediska vývojového, neurofyziologického, klinického, biochemického i funkčního (Hošek, 1994).

Rozdělení svalů:

Posturální (polohové, pomalé) – fylogeneticky starší s lepším cévním zásobením, nižší dráždivost, menší únavností, více odolné infekčním vlivům i jiným škodlivinám. Jejich funkce je udržovat polohu těla v prostoru vůči zemské gravitaci (Miller, 1990).

Fázické (rychlé) – fylogeneticky mladší, snáze unavitelné, méně odolné proti škodlivým vlivům, které slouží především lokomoci a jemnějším koordinačním pohybům.

Oba tyto systémy jsou za fyziologických podmínek v rovnováze, která je podmíněna přiměřeným a rovnoměrným zatěžováním obou skupin (Miller, 1990).

### **Protahovací cvičení – strečink**

Při ovlivňování svalových dysbalancí je v první řadě nutné protáhnout svaly zkrácené, teprve s odstupem času posilovat ochablé svalstvo. Zkrácené svaly jsou mnohdy i značně ztuhlé a proto je vhodné je na protahování předem připravit. Lze využít prohřívání v teplé lázni, či soluxem, případně i lehkou masáž. Vlastní cvičení se provádí pozvolným zapojováním svalů jen do pocitu snesitelného tahu nebo napětí svalu a s výdrží v krajní poloze. Cvik nesmí vyvolat bolest. Délka výdrže je individuální cca 10-20s, případně je možné ještě zapojit zvýšení tahu s pomocí dýchacích pohybů. Pak následuje pozvolný návrat do základní polohy a opakování cviku. Počet opakování jednotlivých cviků je závislý na délce výdrže. Pro snazší provedení cviku je možné použít techniky tzv. postizometrické relaxace. Nejprve se provede krátká izometrická kontrakce proti minimálnímu odporu, poté se sval uvolní. V následujícím okamžiku lze provést účinné a snadné protažení (Hošek, 1994).

#### **4.2.5. Aktivní odpočinek**

Pod pojmem aktivní odpočinek si představujeme regeneraci pohybem, regenerační trénink. Využíváme ho po závodě či tréninku, během soutěže a v přechodném období. Větší význam má po zatížení vyšší intenzity. Volíme k tomu koordinačně jednodušší cvičení nevysoké intenzity (např. vyklusání, vyplavání). Krevní laktát je odstraněn rychleji během aktivního odpočinku protože aktivita udržuje zvýšený krevní průtok v aktivním svalstvu, což má za následek jak zvýšené vyplavování laktátu ze svalu tak oxidaci laktátu (Dovalil, 2002). Ačkoliv krevní laktát zůstává zvýšen jednu až dvě hodiny po vysoce anaerobním cvičení, krevní a svalová koncentrace  $H^+$  se vrací do normálu během 30ti až 40ti minut odpočinku. Chemické vyrovnávání, hlavně bikarbonátem a respirační odstranění nadbytku  $CO_2$  je zodpovědné za tento poměrně rychlý návrat k acidobazické homeostáze (Ganong, 1999).

## **5. PRAKTICKÁ ČÁST**

### **5.1. Charakteristika testované skupiny**

Pro testování jsme vybrali dva dobrovolníky z řad instruktorů spinningu. Věk první osoby byl 24 let s tělesnou výškou 160cm a tělesnou váhou 55kg. Druhá osoba byla věku 27let, tělesné výšky 185cm a hmotnosti 85kg. Každý subjekt jsme opakovaně otestovali v podmínkách aktivního odpočinku i v podmínkách pasivního odpočinku, kdy testovaný subjekt se mohl věnovat libovolným činnostem. Testované subjekty prošly třemi typy anaerobního zatížení.

### **5.2. Metodika testování**

#### **Použitý materiál**

Při výzkumu jsem použili různých materiálů. Testování probíhalo na bicyklovém ergometru typu Johnny G Spinner Pro. Pro vyhodnocení laktátu z krve jsme použili přístroj Accutrend Lactate. Rozsah měření tohoto přístroje je 0,8 – 22 mmol/l.

Pro průběžné sledování tepové frekvence jsme použili sporttestr firmy Polar Elektro typu Vantage NT, který je schopen uchovávat v paměti naměřené hodnoty, které je možné dále zpracovávat na osobním počítači. Běhací koberec Startrac. Na koberci je možné nastavovat odpor běhu i sklon běhacího koberce.

#### **Průběh testování**

*Každý testovaný subjekt vykonal rozcvičení v trvání 5 minut na stacionárním kole. Toto rozcvičení zahrnovalo mírné zrychlení na konci 2. a 4. minuty. Po rozcvičení následovala pauza 3 minuty, abychom předešli případné únavě vlivem rozcvičení. Následovalo odjetí jednoho z testů. V páté minutě po ukončení testu, jsme odebrali krev z článku prstu a určili hladinu laktátu v krvi. Následovala 2 hodinová pauza ve které subjekt prováděl aktivní regeneraci nebo pasivně odpočíval. Po 2 hodinách od konce měření jsme opět odebrali krev a určili hladinu laktátu v krvi.*

*Oba subjekty jsme testovali po dobu několika týdnů, kdy každý subjekt absolvoval navržený test bez regenerace a následně po týdnu tentýž test s regenerací. Testování probíhalo v uzavřené tělocvičně za stálé vnitřní teploty 20<sup>0</sup>C.*

### 5.3. Výzkumný plán

Pro navržení správného zatížení, tedy abychom dosáhli vysokých hodnot laktátu, jsem využili jednu z metod stimulace vytrvalostních schopností a to metodu intervalovou. Intervalové metody jsou charakterizovány plánovitým členěním pohybové činnosti požadované intenzity na fáze zatížení a zotavení. Intervaly odpočinku by neměly umožňovat plné zotavení (Votík, Bursová, 1994).

Z psychologického hlediska jsou intervalové metody tréninku značně náročné, neboť vyžadují opakované velmi silné volní úsilí, nasazované ještě v podmínkách nedokončeného zotavení. Překonávání subjektivních potíží patří k nejvýznamnějším charakteristikám (Choutka, Dovalil, 1991).

Domníváme se, že 60ti sekundovým submaximálním zatížením dojde k aktivizaci anaerobního laktátového systému. Dobu odpočinku zdvojnásobíme a předpokládáme, že nedojde k plnému zotavení. U dalších návrhů budeme pohybovat pouze s intervalem zatížení. Interval odpočinku ponecháme 120s. V prvním případě hodnotu zatížení snížíme na 40s a ve druhém zvýšíme na 80s.

Tab.2. Hodnoty zatěžování

Délka zatížení	Délka odpočinku	Intenzita zatížení	Počet opakování	Celkový čas
40s	120s	85-90%	8x	21min.
60s	120s	85-90%	7x	21min.
80s	120s	85-90%	6x	20min.

Jako regeneraci po zatížení jsem zvolili aktivní regeneraci a sportovní masáž. Aktivní odpočinek představoval vyklusání na běhacím koberci mírnou intenzitou v trvání 30 minut. Odpor zátěže pro aktivní odpočinek odpovídal 50%  $VO_{2max}$ . Ze sportovní masáže jsme vybrali komplexní masáž dolních končetin. Masáž trvala dalších 30 minut, kdy byl čas shodně rozdělen mezi obě končetiny.

Pro určení intenzity, nebo-li hodnot tepové frekvence, jsme použili vzorec s ohledem na klidovou tepovou frekvenci:

$$\mathbf{85\% \text{ tréninková tepová frekvence} = ((MTF-v\check{e}k)-KTF) \times 85\% + KTF}$$

$$\mathbf{90\% \text{ tréninková tepová frekvence} = ((MTF-v\check{e}k)-KTF) \times 90\% + KTF}$$

(MTF – maximální tepová frekvence, KTF – klidová tepová frekvence)

## 6. VÝSLEDKY A DISKUSE

Ve výsledcích jsme hodnotili vliv regenerace na rychlost návratu hladiny laktátu do klidových hodnot a v průběhu jakého typu zatížení došlo k jeho nejvyššímu nárůstu. Výsledky jsem uvedli do přehledné tabulky:

Tab.3. Hodnoty hladiny laktátu při všech typech zatížení

Testovaná osoba		40s		60s		80s	
		5.min	120.min	5.min	120.min	5.min	120.min
H.C.	S regenerací	11,2	1,6	12	2,4	10,7	1,5
	Bez regenerace	9,1	1,9	11,3	2,7	10,4	2,1
J.G.	S regenerací	10,9	1,8	12,3	2,7	9,8	1,9
	Bez regenerace	11,1	2,8	12,1	2,9	11,8	2,7
Průměr		10,6	2,0	11,9	2,7	10,7	2,1
Směrodatná odchylka		0,78	0,39	0,37	0,09	0,73	0,30

Nejdříve se budeme podrobněji zabývat výsledky u jednotlivých testovaných osob. U testované osoby H.C. je zjevné při všech typech zatížení, že regenerace proběhla rychleji u testu s následnou aktivní regenerací, než-li by se subjekt věnoval pasivnímu odpočinku.

U testované osoby J.G. se hladina laktátu navrátila rychleji u testů s intervalem zatížení 40s a 60s. U 80ti sekundového testu byla rychlost návratu nepatrně rychlejší v podmínkách pasivní regenerace. Celkově tedy můžeme říci, že docházelo k návratu laktátu rychleji při využití regeneračních metod. Pouze v jednom případě došlo k tomu, že jsou výsledky obdobné.

Nyní se zaměříme na rozbor výsledků u jednotlivých sledovaných intervalů.

U 40ti sekundových intervalů, byla průměrná hladina laktátu po 5. minutě po dokončení testu 10,6 mmol/l, se směrodatnou odchylkou 0,78.

V podmínkách 60ti sekundových intervalů jsme dosáhli průměrné hladiny laktátu 11,9 mmol/l a směrodatnou odchylku 0,37.

U 80ti sekundového intervalu vyšla průměrná hladina laktátu 10,7 mmol/l a směrodatná odchylka 0,73.

Nejvyšších hodnot laktátu jsme dosahovali při 60ti sekundových intervalech. Při 40ti sekundovém intervalu, byl zřejmě interval zatížení příliš krátký na to, aby se aktivoval anaerobní laktátový systém . Nedochovalo tedy k tak markantnímu nárůstu laktátu jako u intervalu 60ti sekundového. Naopak v podmínkách 90ti sekundových intervalů docházelo často k aktivizaci aerobního systému, který stačil vzniklý laktát rychle odbourávat. Přehled jednotlivých výsledků jsme uvedli v přílohách.

## 7. ZÁVĚR

V naší práci jsme se zaměřili na vyhodnocení hladin laktátu po různých typech anaerobního zatížení a na rychlost jeho odbourávání vlivem regenerace. Z výsledků je patrné, že aktivní odpočinek má své opodstatnění. Návrat do klidových hodnot u všech typů zatížení probíhal rychleji v podmínkách aktivní regenerace. Pouze v jednom případě byly výsledky shodné. Je opodstatněné říci, že zatížením nízké intenzity dochází k prokrvení kosterního svalstva a tím i odplavování metabolitů a oxidaci laktátu. Tělo se tak znovu dostává do acidobazické rovnováhy. Tím potvrzujeme hypotézu č.1

Při vyhodnocování hladin jsme se soustředili na průměrnou hodnotu různých typů zatížení. Musíme konstatovat, že průměrná hladina laktátu po 60ti sekundových intervalech dosahovala nejvyšších hodnot. Je zřejmé, že tělo během zatížení nestačilo přejít do aerobního systému a pauzy mezi zatížením byly příliš krátké na odplavení metabolitů ze svalů. Proto se i nadále hladina laktátu zvyšovala. Tím potvrzujeme i hypotézu č. 2.

Na základě výsledků, můžeme říci, že práce splnila svůj smysl. Pro laktátový trénink, aplikovaný u sportovců, můžeme doporučit hodnoty zatížení okolo 60ti vteřin. Docílíme tím vysoké hladiny laktátu. Dále je z výsledků patrné, že regenerace po zatížení, by se měla stát samozřejmostí. Proto námi navrženou regeneraci můžeme také doporučit.



## 8. LITERATURA

BARTŮŇKOVÁ, S. *Praktická cvičení z fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Univerzita Karlova. 1999. 83 s. ISBN 80-7184-274-5

BUKAČ, L., DOVALIL, J. *Lední hokej*. Praha: Olympia, 1990. 245s. ISBN 80-7033-024-4.

DOVALIL, J., et al. *Výkon a trénink ve sportu*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2002. 336 s. ISBN 80-7033-760-5.

GANONG, W., F. *Přehled lékařské fyziologie*. 1. vyd. Jinočany: H&H. 1999. 681 s. ISBN 80-85787-36-9

HOŠEK, P. *Praktická cvičení z tělovýchovného lékařství*. Plzeň: Západočeská univerzita. 1994. ISBN 80-7043-121-0

CHOUTKA, M., DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. 2. vyd. Praha: Olympia. 1991. 331 s. ISBN 80-7033-099-6.

KUČERA, V., TRUKSA, Z. *Běhy na střední a dlouhé tratě*. Praha: Olympia. 2000. 287 s. ISBN 80-7033-324-3

MÁČEK, M., MÁČKOVÁ, J. *Fyziologie tělesných cvičení*. Brno: Masarykova univerzita. 1997. ISBN 80-210-1604-3

MELICHNA, J., et al. *Fyziologie tělesné zátěže. II., speciální část - 2. díl*. 1. vyd. Praha: Universita Karlova, 1995. 162 s. ISBN 80-7184-039-4.

MILLER, M. a kol. *Učební texty, sportovní masáže a rehabilitace*. Utrin. 1990.

MURRAY, R., K., GRANNER, D., K., MAYES, P., A., RODWELL, V., W. *Harperova biochemie*. 23. vyd. Praha: H&H. 1998. 872 s. ISBN 80-85787-38-5

SEMIGINOVSKÝ, B. *Fyziologická chemie a fyziologie pohybové činnosti*. Praha: Univerzita Karlova. 1990. ISBN 17-109-90

SEMIGINOVSKÝ, B., VRÁNOVÁ, J. *Fyziologická chemie pro posluchače FTVS.*

Praha: Univerzita Karlova. 1992. ISBN 80-7066-727-3

SCHMIDT, R., F. *Memorix-fyziologie.* Praha: Scientia medica, 1993. 336s. ISBN 80-85526-

18-2

ŠTUMBAUER, J. *Základy vědecké práce v tělesné kultuře.* České Budějovice. Pedagogická fakulta v ČB. 1989,

VOTÍK, J., BURSOVÁ, M. *Přehled metod stimulace motorických schopností.* Plzeň:

Západočeská univerzita. 1994. ISBN 80-7043-114-8

## 9. PŘÍLOHY

### 9.1. Schéma sportovní masáže dolních končetin

Každý hmat jsme provedli 4-5 krát

#### Masáž dolní končetiny zezadu

- UVODNÍ TŘENÍ - plochou dlaně  
- obtahování  
- přerušovaný stisk

#### LÝTKO

*úvodní tření* - vytírání přes ruku

*hnětení* - uchopování a odtahování  
- vlnovité  
- finské, slalom a spirála

*tepání* - smetání  
- vějířovité

*chvění* - vidlicí (pokrčená noha)

#### STEHNO

*úvodní tření* - vytírání přes ruku  
- obtahování postranní fascie

*hnětení* - uchopování a obtahování  
- vlnovité  
- finské, slalom a spirála

*roztírání* - patkou dlaně (postranní fascie)

*tepání* - sekání

*chvění* - vidlicí (pokrčená noha)

#### HÝŽDĚ

*Hnětení* - vlnovité  
- pěstmi (stlačování)

*roztírání* - osmi prsty

*tepání* - pěstmi

*chvění* - vidlicí

závěrečné tření dolní končetiny je shodné s úvodním třením

## Masáž dolní končetiny zezadu

- úvodní tření* - plochou dlaně ( nasazujeme nad kolenem)  
- obtahování ( nasazujeme nad kolenem)  
- přerušovaný stisk (nasazujeme nad kolenem)

### BÉREC

- tření* - obtahování  
*roztírání* - patkou dlaně  
- palcem

### KOLENO

- roztírání*- patkou dlaně, špetkou  
- obkružování palci (osmička)  
- protipohyb  
- vidlicí ( palec v opozici)

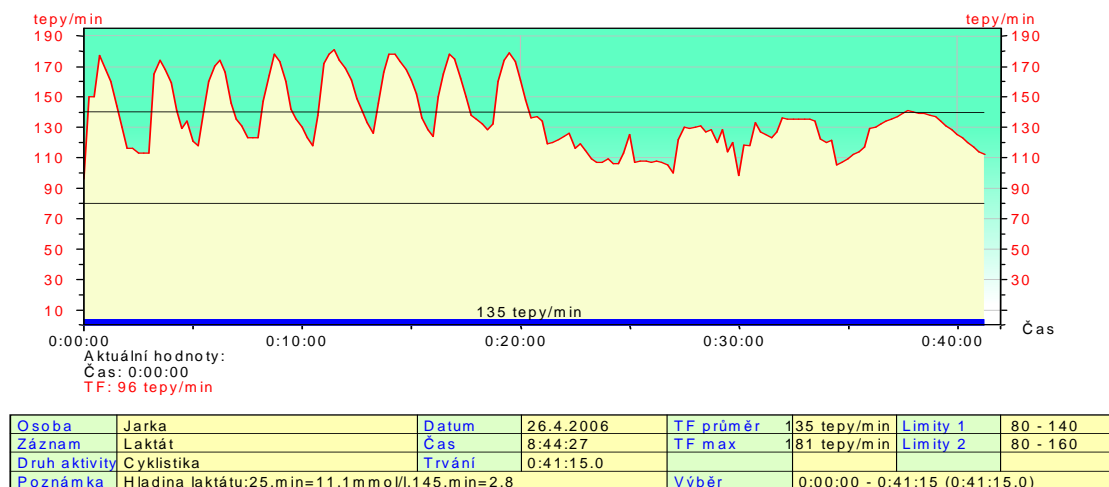
### STEHNO

- tření* - vytírání přes ruku  
- obtahování postranní fascie až na trochanter  
*hnětení* - uchopování a odtahování  
- vlnovité  
- finské, slalom a spirála

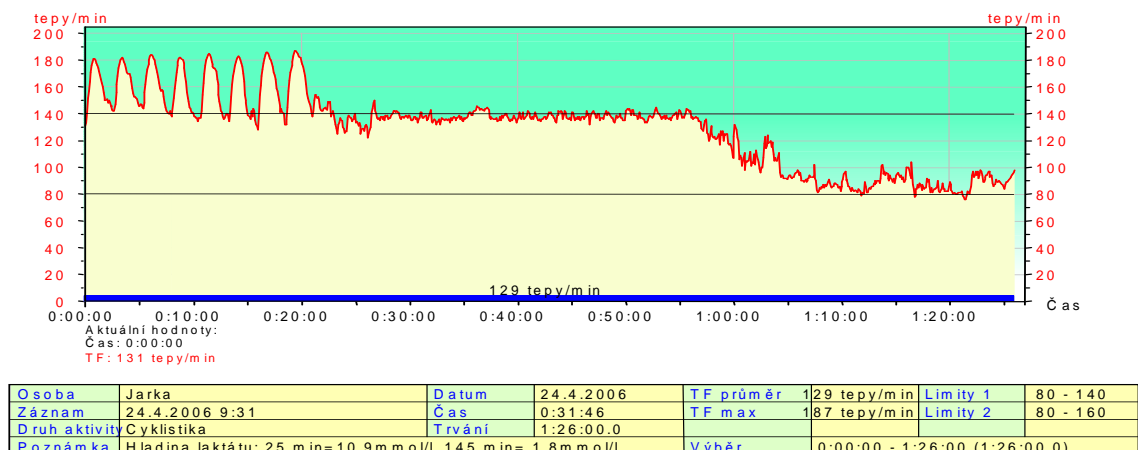
- roztírání* - patkou dlaně postranní fascie až na trochanter  
*tepání* - vějířovité  
- kombinovaný hmat ( „ zadělávání těsta“)  
*chvění* - rychlé válení  
vytřásání dolní končetiny

## 9.2. Grafické záznamy testování

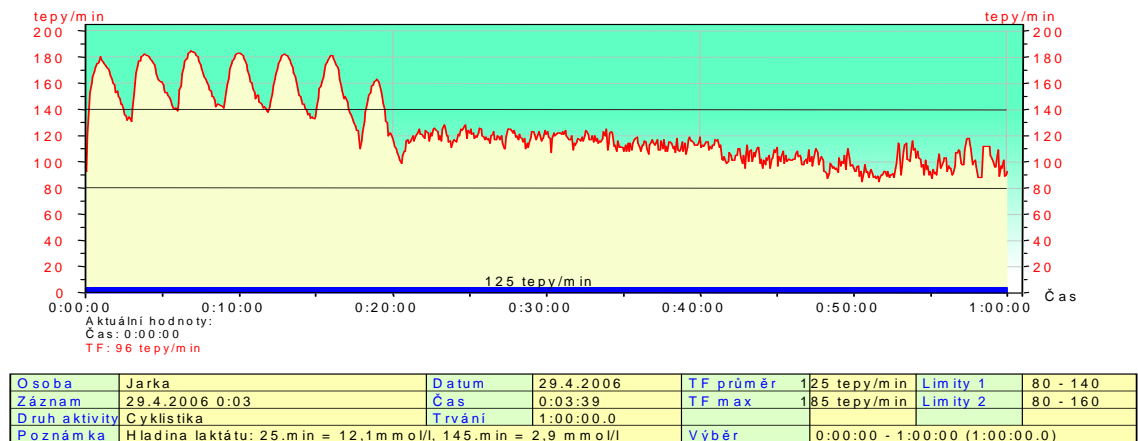
Obr. 1: Záznam průběhu 40ti sekundových intervalů bez následné regenerace



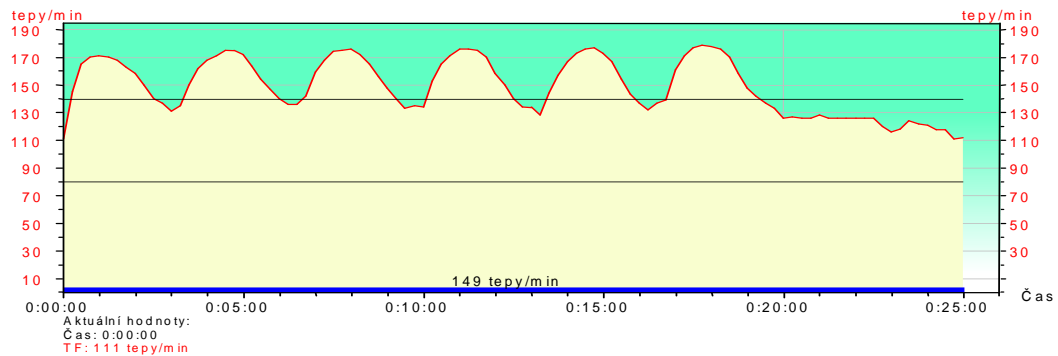
Obr. 2: záznam průběhu 40ti sekundových intervalů s následnou regenerací



Obr. 3: Záznam průběhu 60ti sekundových intervalů bez následné regenerace

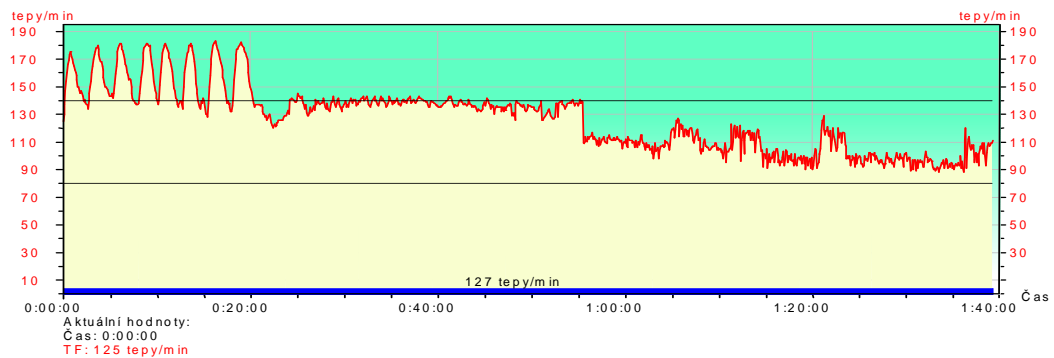


Obr.4: Záznam průběhu 80ti sekundových intervalů bez následné regenerace



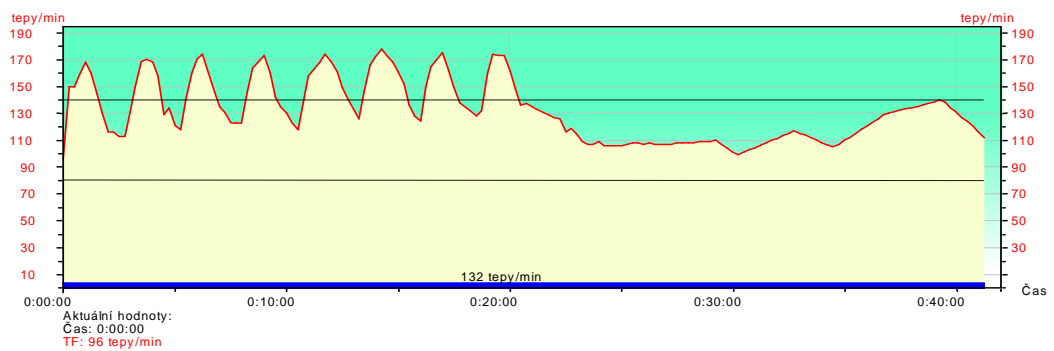
Osoba	Jarka	Datum	19.4.2006	TF průměr	149 tepy/min	Limity 1	80 - 140
Záznam	19.4.2006 19:27	Čas	19:27:16	TF max	179 tepy/min	Limity 2	80 - 160
Druh aktivity	Cyklistika	Trvání	0:25:00.0				
Poznámka	Hladina laktátu: 23.min = 11,8mmol/l, 143.min = 2,7mmol/l			Výběr	0:00:00 - 0:25:00 (0:25:00.0)		

Obr.5: Záznam průběhu 40ti sekundových intervalů s následnou regenerací



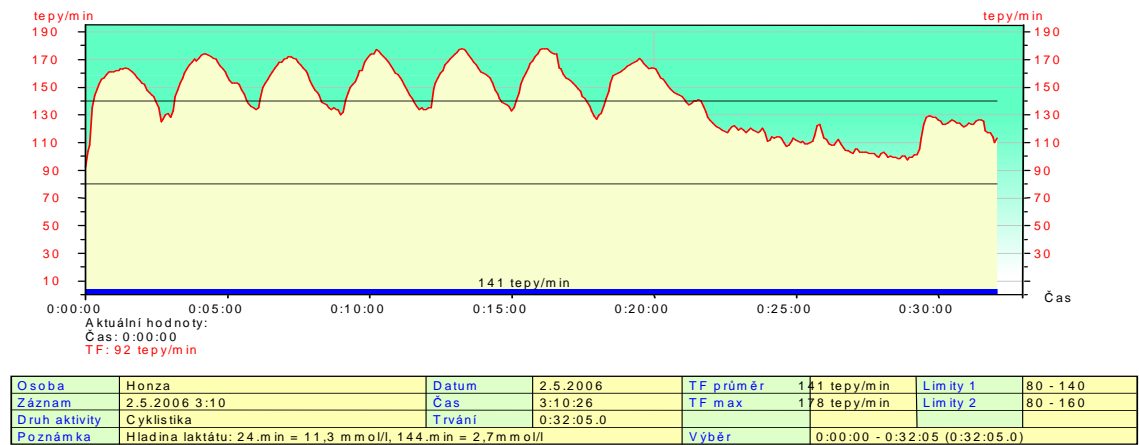
Osoba	Honza	Datum	25.4.2006	TF průměr	127 tepy/min	Limity 1	80 - 140
Záznam	25.4.2006 22:23	Čas	2:23:40	TF max	183 tepy/min	Limity 2	80 - 160
Druh aktivity	Cyklistika	Trvání	1:39:15.0				
Poznámka	Hladina laktátu: 25.min=11,2mmol/l, 145.min=1,6mmol/l			Výběr	0:00:00 - 1:39:15 (1:39:15.0)		

Obr.6: Záznam průběhu 40ti sekundových intervalů bez následné regenerace

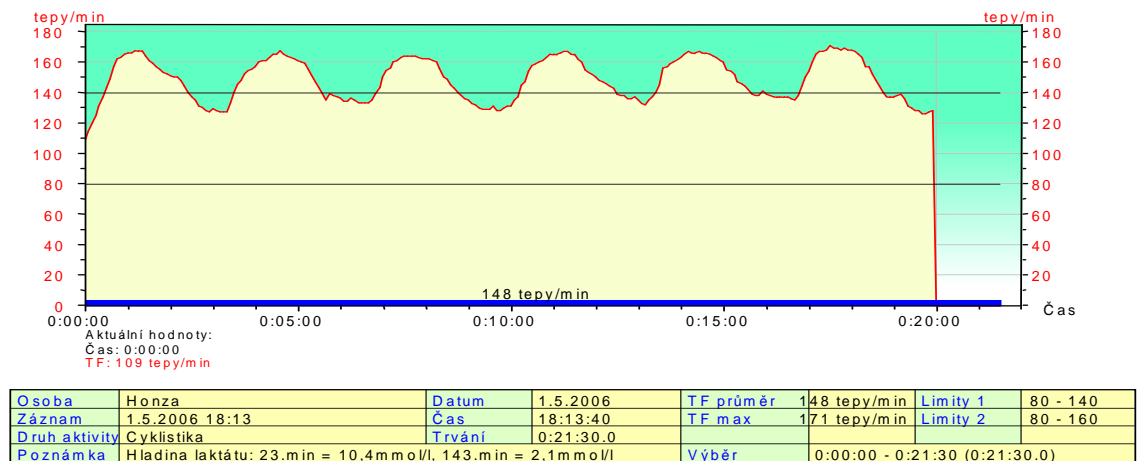


Osoba	Honza	Datum	28.4.2006	TF průměr	132 tepy/min	Limity 1	80 - 140
Záznam	28.4.2006 8:44	Čas	8:44:27	TF max	178 tepy/min	Limity 2	80 - 160
Druh aktivity	Cyklistika	Trvání	0:41:15.0				
Poznámka	Hladina laktátu: 25.min=9,1mmol/l, 145.min.=1,9mmol/l			Výběr	0:00:00 - 0:41:15 (0:41:15.0)		

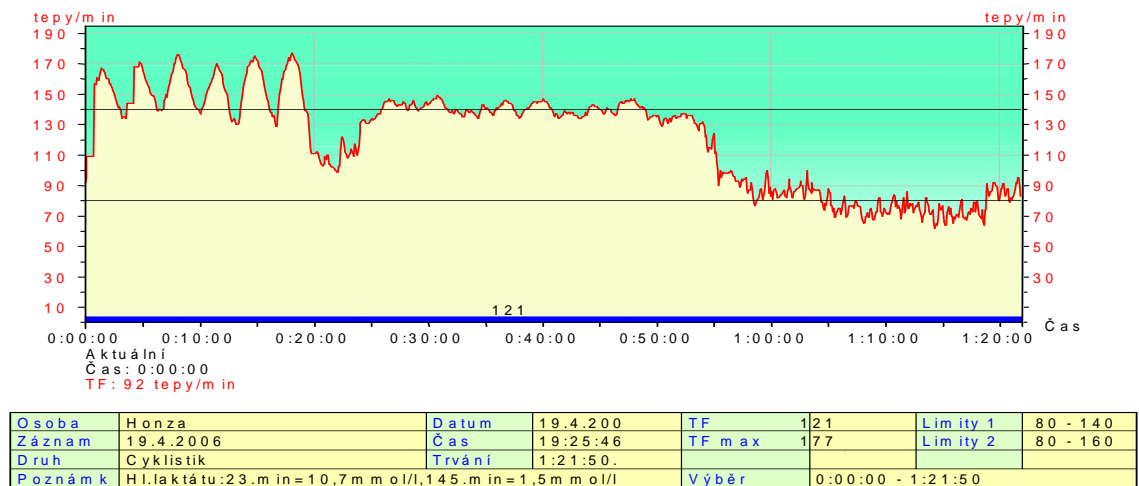
Obr.7: Záznam průběhu 60ti sekundových intervalů bez následné regenerace



Obr. 8: Záznam průběhu 80ti sekundových intervalů bez následné regenerace



Obr. 9: Záznam průběhu 80ti sekundových intervalů s následnou regenerací



### 9.3. Výsledné hodnoty měření

Tab.4. Hodnoty měření – 40s intervaly

		AR	bez AR
H.C.	LA - 5.min	11,2	9,1
	LA - 120.min	1,6	1,9
	LA - rychlost odbourávání (mmol/min)	0,08	0,06
	zlepšení (mmol/min)	0,02	

Tab.5. Hodnoty měření – 60s intervaly

		AR	bez AR
H.C.	LA – 5. min	12	11,3
	LA – 120. min	2,4	2,7
	LA - rychlost odbourávání (mmol/min)	0,08	0,072
	zlepšení (mmol/l)	0,008	

Tab.7. Hodnoty měření – 80s intervaly

		AR	bez AR
H.C.	LA - 5. min	10,7	10,4
	LA - 120. min	1,5	2,1
	LA - rychlost odbourávání (mmol/min)	0,077	0,069
	zlepšení (mmol/l)	0,008	

Tab.8. Hodnoty měření – 40s intervaly

		AR	bez AR
J.G.	LA - 5. min	10,9	11,1
	LA - 120. min	1,8	2,8
	LA - rychlost odbourávání (mmol/min)	0,076	0,07
	zlepšení (mmol/l)	0,006	



Tab.9. Hodnoty měření – 60s intervaly

		AR	bez AR
J.G.	LA - 5. min	12,3	12,1
	LA - 120. min	2,7	2,9
	LA - rychlost odbourávání (mmol/min)	0,08	0,076
	zlepšení (mmol/l)	0,004	

Tab.10. Hodnoty měření – 80s intervaly

		AR	bez AR
J.G.	LA - 5. min	9,8	11,8
	LA - 120. min	1,9	2,7
	LA - rychlost odbourávání (mmol/min)	0,066	0,076
	zlepšení (mmol/l)		-0,001

#### 9.4. Seznam použitých zkratek

ADP – adenosindifosfát

AMP – adenosinmonofosfát

ATP – kyselina adozintrifosforečná, zdroj buněčné energie

Ca<sup>2+</sup> - vápenatý iont

CNS - centrální nervová soustava

CP – kreatin fosfát, zdroj buněčné energie

FAD – flavinadenindinukleotid

FMN - flavinmononukleotid

LA – lactic acid, laktát, kyselina mléčná, produkt glykolýzy

NAD<sup>+</sup> - nikotinamiddinukleotid

NADP<sup>+</sup> - nikotinamiddinukleotidfosfát

O<sub>2</sub> – kyslík

P – fosfor

V<sub>max</sub> – maximální ventilace

VO<sub>2</sub> – objem kyslíku

