

Technická univerzita v Liberci

**FAKULTA PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ A
PEDAGOGICKÁ**

Katedra: Katedra tělesné výchovy
Studijní program: B7401 Tělesná výchova a sport
Studijní obor: Tělesná výchova se zaměřením na vzdělání
Geografie se zaměřením na vzdělání

**Návrh a optimalizace laktátových vyšetření pro
potřeby funkční zátěžové diagnostiky**
**Suggestion and optimization of lactate
investigations for the use of functional exercise-
testing diagnostics**

Bakalářská práce: 12-FP-KTV- 30

Autor:
Martina ŠAŠMOVÁ

Podpis:
.....

Adresa:
Dukelská 426
533 41, Lázně Bohdaneč

Vedoucí práce: Mgr. Václav Bittner

Počet

stran	grafů	obrázků	tabulek	pramenů	příloh
49	0	14	3	21	3

V Liberci dne: 10.8.2012

Čestné prohlášení

Název práce: Návrh a optimalizace laktátových vyšetření pro potřeby funkční zátěžové diagnostiky
Jméno a příjmení autora: Martina Šašmová
Osobní číslo: P07000812

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že má bakalářská práce je ve smyslu autorského zákona výhradně mým autorským dílem.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Prohlašuji, že jsem do informačního systému STAG vložil/a elektronickou verzi mé bakalářské práce, která je identická s tištěnou verzí předkládanou k obhajobě a uvedl/a jsem všechny systémem požadované informace pravdivě.

V Liberci dne: 10.8.2012

.....
Martina Šašmová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Václavu Bittnerovi za jeho cenné rady, vstřícnost, veškeré připomínky a odborné vedení po celou dobu práce.

Anotace

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout a optimalizovat laktátová vyšetření pro potřeby funkční zátěžové diagnostiky, které budou využitelné v Laboratoři sportovní motoriky Technické Univerzity v Liberci. Na základě současného pohledu na fyziologii laktátu a průzkumu služeb ve vybraných laboratořích v České republice jsem sestavila strukturu provedení a způsob vyhodnocení laktátové křivky a tzv. pozátěžového laktátu. Práce bude využita k rozšíření nabídky služeb výše zmíněné laboratoře

Klíčová slova: funkční zátěžová diagnostika, laktát, laktátová křivka

Annotation

The main goal of my bachelor's essay was to suggest and optimize lactate investigations for the needs of functional exercise-testing diagnostics, which will be usable in the Laboratory of sports motor activity of Technical University in Liberec. On the basis of contemporary view of lactate physiology and the survey of services in chosen laboratories in the Czech Republic I made up a structure of realization and a technique of lactate curve assessment and assessment technique of so called post-exercise-testing lactate. This bachelor's essay will be used for widening of a service offering in the above-mentioned laboratory.

Keywords: functional exercise-testing diagnostics, lactate, lactate curve

Obsah	
Úvod	11
1 CÍLE	12
2 ENERGIE A KOSTERNÍ SVALSTVO	13
2.1 Zdroje ATP	13
2.2 Energetické systémy	15
2.3 Laktát a energie	19
3 BĚŽNÁ LAKTÁTOVÁ VYŠETŘENÍ A JEJICH PRŮBĚH	24
3.1 Zátěžová diagnostika	24
3.2 Podmínky	24
3.3 Důvody laktátového testování	25
3.4 Přístroje na měření hladiny laktátu pro běžnou sportovní praxi	26
3.5 Vybrané typy laktátových vyšetření	27
3.6 Laktátová křivka	29
3.7 Tepová frekvence a trénink	34
4 STRUKTURA A CENA LAKTÁTOVÝCH VYŠETŘENÍ NA VYBRANÝCH PRACOVÍŠTÍCH V ČR	36
4.1 CASRI – Vědecké a servisní pracoviště tělesné výchovy a sportu	36
4.2 FTVS UK v Praze – Laboratoř sportovní motoriky	37
4.3 KTV PF UJEP Ústí nad Labem – Sportovní laboratoř	38
4.4 Soukromá laboratoř Mohelnice – MUDr. Zbyněk Pozdíšek	38
5 STANOVENÍ STRUKTURY A ZPŮSOBU VYHODNOCENÍ LAKTÁTOVÉ KŘIVKY V LSM TUL	41
5.1 Organizace	41
5.2 Průběh vyšetření	41
5.3 Způsob vyhodnocení	43
5.4 Cena	44
6 ZÁVĚR	46
7 POUŽITÉ ZDROJE	47
8 SEZNAM PŘÍLOH	49

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 – Zdroje energie ve vztahu k trvání submaximálního zatížení

Obr. 2 – Produkce ATP

Obr. 3 – Časové zapojení energetických systémů

Obr. 4 – Strukturální vzorec laktátu

Obr. 5 – Coriho cyklus

Obr. 7 – Laktátoměr HP-COSMOS SIRIUS

Obr. 6 – Laktátoměr LACTATE PRO

Obr. 8 – Laktátová křivka

Obr. 9 – Hodnocení práce schopnosti, zobrazení úhlu s osou x

Obr. 10 – Posun laktátové křivky při tréninku v anaerobní zóně

Obr. 11 – Vliv nedostatečného tréninku v aerobní zóně

Obr. 12 – Hodnocení práce schopnosti, dané úhly

Obr. 13 – Protokol vyšetření pro bicyklový ergometr

Obr. 14 – Protokol vyšetření pro běžeckým pás

Tab. 1 – Podíl energetických systémů (%) na činnosti různé doby trvání a relativně maximální intenzity = po uvedenou dobu co možná nejvyšší

Tab. 2 – Zóny tepové frekvence

Tab. 3 – Ceny laktátových vyšetření ve vybraných laboratořích v ČR

Seznam zkratk a použitých symbolů

- ADP (adenosindifosfát)
- aj. (a jiné)
- apod. (a podobně)
- atd. (a tak dále)
- ATP (adenosintrifosfát)
- ARO (anesteziologicko-resuscitační oddělení)
- CASRI (vědecké a servisní pracoviště tělesné výchovy a sportu)
- cca (cirka)
- č. (číslo)
- CNS (centrální nervová soustava)
- CP (creatinfosfát)
- EKG (elektrokardiogram)
- FTVS (fakulta tělesné výchovy a sportu)
- KTV (katedra tělesné výchovy)
- LA (laktát)
- lab. (laboratoř)
- LDH (laktátová dehydrogenáza)
- SL (sportovní laboratoř)
- LSM (laboratoř sportovní motoriky)
- LT (lactate threshold)
- MCT (monocarboxylate transporter)
- např. (například)
- PC (personal computer)
- PF (pedagogická fakulta)
- SF (srdeční frekvence)
- SW (software)
- TF (tepová frekvence)
- tj. (to jest)
- ter. (terén)
- TUL (Technická univerzita v Liberci)
- tzv. (takzvaný)
- UJEP (Univerzita Jana Evangelisty Turkyňě)

- UK (Univerzita Karlova)
- viz (videre licet)
- $\text{VO}_{2\text{max}}$ (maximální spotřeba kyslíku)
- → (šipka znázorňující výsledek)
- + (znaménko pro součet)

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá současným pohledem na fyziologické principy laktátu, jaké je jeho nynější postavení ve sportu a při řízení sportovního tréninku. V dřívějších dobách byl laktát chápán jako slepý, nevyužitelný produkt anaerobního metabolismu. V posledních desetiletích, se s objevením teorie tzv. laktátové člunku, změnil i pohled chápání a využívání laktátu. Tato teorie vyvrací fakt, že laktát je pouze bezvýznamným metabolitem a dokazuje, že se za určitých podmínek se může laktát stát i zdrojem energie.

Přestože dosud není objasněno, jaký je rozdíl mezi hladinou laktátu ve svalech a v kapilární krvi, laktátová vyšetření se stále více využívají při regulaci sportovního tréninku. Nejpoužívanějším laktátovým vyšetřením je test pro vytvoření laktátové křivky, kdy vzorky krve pro určení aktuální koncentrace laktátu jsou odebírány několikrát v průběhu testu. Tento test slouží k odhalení toho, jakým způsobem dochází k hrazení energie v průběhu tělesné práce. Mezi další laktátová vyšetření patří zátěžové testy (např. spiroergometrie), u kterých se odebírá tzv. pozátěžový laktát v předem určených minutách po skončení testu. Tyto vzorky slouží k zhodnocení rychlosti odbourávání laktátu a určení zotavovací schopnosti organismu.

Téma této bakalářské práce jsem si vybrala proto, protože celý život aktivně sportuji a vždy mě zajímalo, jak laktát funguje a k čemu nám slouží nebo naopak škodí. Abych nabyla nových poznatků a informací o laktátu a laktátových vyšetření, provedla jsem průzkum v několika laboratořích v České republice.

Hlavním úkolem bakalářské práce je sestavení struktury a způsobu vyhodnocení laktátových vyšetření, která budou později využita k rozšíření nabídky v Laboratoři sportovní motoriky v rámci Technické Univerzity v Liberci. Soustředila jsem se na funkční vyšetření, která slouží k určení laktátové křivky a navrhla jsem cenu těchto vyšetření. V poslední části ověřím sestavenou strukturu a navržený program na dvou vybraných jedincích ve výše zmíněné laboratoři.

1 CÍLE

Hlavním cílem bakalářské práce je optimalizovat průběh a vyhodnocení laktátových vyšetření pro potřeby zátěžové funkční diagnostiky v laboratoři sportovní motoriky Technické univerzity v Liberci.

Dílčí úkoly:

- Zjistit nejnovější poznatky v oblasti energetického metabolismu kosterního svalstva.
- Zorientovat se v problematice průběhu a vyhodnocení laktátových vyšetření.
- Zjistit strukturu a cenu laktátových vyšetření na vybraných pracovištích v České republice.
- Stanovit a ověřit strukturu a způsob vyhodnocení laktátového vyšetření v laboratoři sportovní motoriky TUL.

2 ENERGIE A KOSTERNÍ SVALSTVO

Kosterní svalstvo, stejně jako každý jiný orgán nebo buňka v lidské těle, potřebuje pro svou činnost energii. Ta je bezprostředně získávána z látky, která patří do skupiny makroergních fosfátů a nazývá se adenosintrifosfát (ATP). Ke svalové kontrakci dochází tehdy, kdy se ATP rozštěpí na adenosindifosfát (ADP), který je energeticky chudší a současně se uvolní energie. Chemicky znázorněno takto: $ATP \rightarrow ADP + \text{energie}$. Jelikož jsou zásoby ATP v organismu velmi malé (jen 5 $\mu\text{mol/g}$ svalů), což postačí na 2 až 3 sekundy svalové činnosti, musí být jeho množství stále doplňováno. Zdroje pro resyntézu ATP z ADP jsou popsány níže (Z. Jiráček a B. Vašina 2005, s. 10).

2.1 Zdroje ATP

CP – kreatinfosfát

Creatinfosfát je první energetický zdroj pro resyntézu ATP z ADP, který je velmi rychlý. Chemicky znázorněno: $ADP + CP \rightarrow ATP + \text{kreatin}$. Zásoby CP v organismu jsou stejně jako ATP malé, vystačí cca na 20 sekund svalové práce. V posledních letech je kreatin jako takový v zájmu řady vrcholových sportovců, sportovních lékařů i odborníků. Je totiž důležitým katalyzátorem v Krebsově cyklu, což je základní biochemický proces v lidském organismu. Někteří sprinteři, díky jeho dodáním pomocí potravinových doplňků, dosahují úspěchu ve smyslu hypertrofie svalů a aktivizace energetického systému na úrovni svalových vláken. Kreatinem, který tělu dodáme přes výživu, umožníme dostatečnou saturaci právě Krebsova cyklu a tím i optimalizujeme celý proces. Do dnes však není zcela jasné, jak kreatin, dodaný organismu uměle, přesně funguje. Víme, že pomáhá zlepšit výkonnost, ale nevíme přesně jak. Stinnou stránkou kreatinu jsou častá zranění u sprinterů. Proto je nutné kreatin dávkovat jen v omezeném množství a pouze v určitém období ročního tréninkového cyklu s pečlivým sledováním negativních projevů jeho používání (Soumaraj. 2000, s. 3).

Pro zajištění dlouhodobé svalové činnosti jsou využívány tzv. makroergní substráty neboli živiny, které se do organismu dostávají pomocí přijaté potravy, zde jsou transformovány a uloženy jako energetická zásoba. Jedná se o cukry, tuky a bílkoviny, které jsou oxidovány na primární zdroj energie, což je ATP (Budíková 2008, s. 3).

Cukry

Cukry neboli sacharidy jsou v těle ukládány v podobě jaterního a svalového glykogenu. Jejich zásoba je poměrně individuální, obecně lze však říci, že postačí pro činnost svalů cca na 60 až 90 minut submaximální intenzity. Jejich spalování na primární zdroj energie ATP je komplikovanější nežli spalování tuků. Chemicky lze tyto reakce znázornit takto :

1. fáze: glukóza + ADP → laktát + ATP

2. fáze: laktát + kyslík + ADP → oxid uhličitý + ATP + voda

V první fázi se cukry spalují bez přítomnosti kyslíku a tvoří se laktát, kdežto ve druhé fázi je kyslík důležitou nutností. Laktát je důležitým vedlejším produktem první fáze přeměny glukózy na energii. Při zatíženích mírné intenzity je všechno vytvoření laktátu okamžitě přeměněn na vodu, oxid uhličitý a energii. Chemicky ukázané:

Glukóza + kyslík + ADP → oxid uhličitý + voda + energie

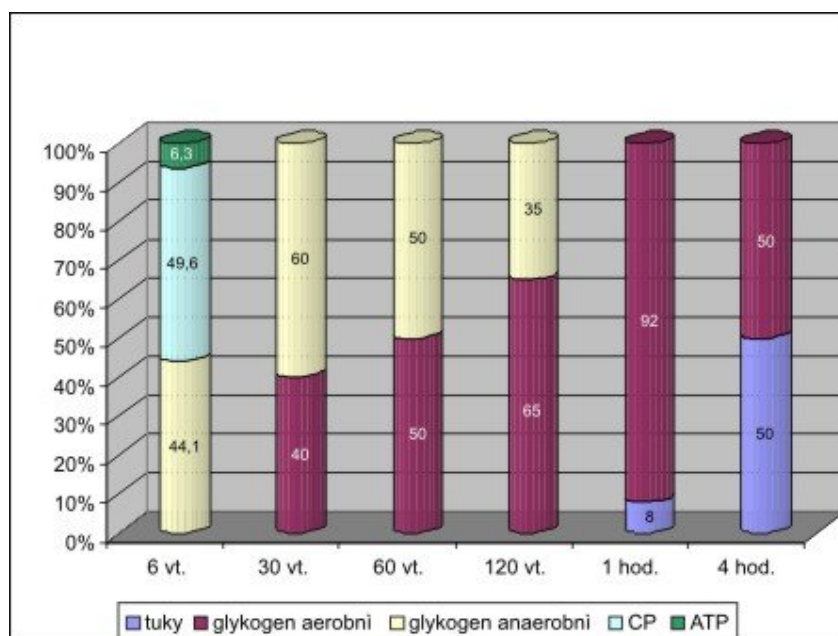
Při zvýšení intenzity zatížení nad určitou hranici, tento výše uvedený vztah přestane platit. Vyšší intenzita zatížení vyvolává vyšší energetické požadavky svalstva a tím stoupá i spotřeba kyslíku. V daném okamžiku přestane dostatečný přísun kyslíku pracujícím svalům, tvorba laktátu se začíná zvyšovat a v určitém okamžiku již ho nelze beze zbytku přeměnit na vodu a oxid uhličitý, a začne se v těle hromadit. Laktát je látka kyselé povahy, a proto jeho nadbytek způsobuje zakyselení organismu. Člověk vnímá tento stav jako pocit svalové bolesti, zhoršuje se koordinace pohybů, aj. (CASRI 2012).

Tuky

Tuky, jako zdroje energie, jsou prakticky nevyčerpatelné a postačují pro činnost svalů trvající nepřetržitě až několik dní. Jejich zásoba je individuální a činí od 5 do 20kg. Jejich spalování se uskutečňuje pouze za přítomnosti kyslíku a vedlejšími produkty jsou voda a oxid uhličitý, který je z těla vyloučen dýcháním. Chemicky popsáno takto: Tuky + kyslík + ADP → ATP + voda + oxid uhličitý (Havlíčková 2008, s. 4).

Bílkoviny

Bílkoviny jsou převážně stavební látky organismu a jako zdroj energie slouží velmi výjimečně. Při zátěžích trvajících extrémně dlouho dobu, kdy dochází až k patofyziologickým jevům, může dojít k jejich využití jako zdroj energie. Ke své oxidaci nepotřebují mnoho kyslíku, ale tento proces je velmi zdlouhavý (Soumar aj. 2000, s. 5).



Obr. 1 – Zdroje energie ve vztahu k trvání submaximálního zatížení

Zdroj: Soumar aj. 2000, s. 7

2.2 Energetické systémy

Energetické systémy slouží k tomu, aby hradili energii, kterou naše tělo potřebuje pro svou činnost. Rozlišujeme tři energetické systémy, které v podstatě v těle probíhají současně, ale vždy s určitou dominancí toho jednoho energetického systému (CASRI 2012).

ATP-CP systém

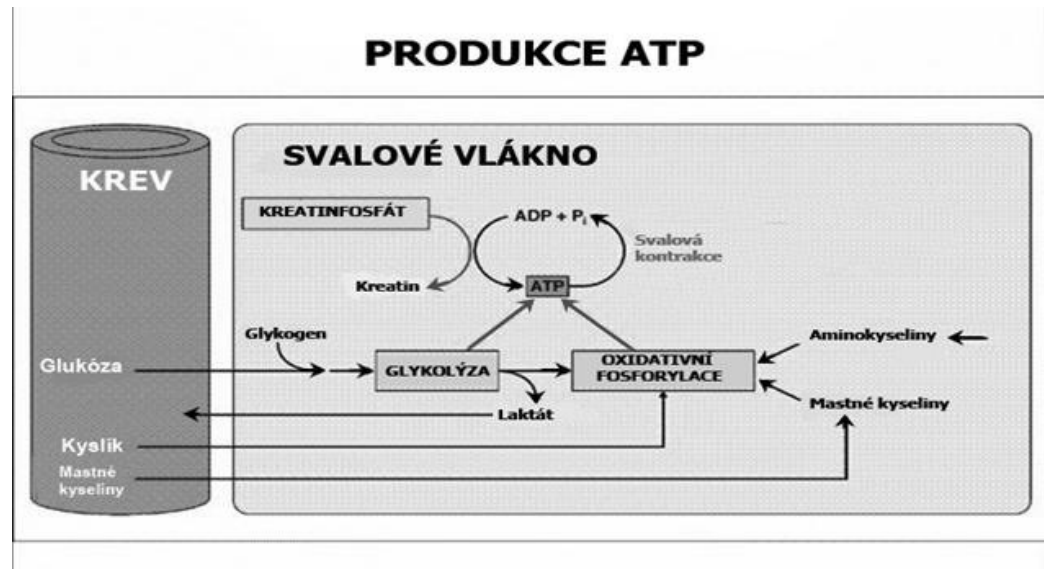
Tento energetický systém umožňuje získ energii anaerobně, tedy bez přístupu kyslíku. Energie je čerpána z energeticky bohatých fosfátů, které se nacházejí v našem těle, a to z ATP a CP. Ty se vyskytují v každé živé buňce. energii získanou z tohoto systému tělo okamžitě využívá. Tento energetický systém je schopen hradit energii pro pohybovou činnost po dobu 10–15ti sekund, přičemž intenzita zatížení musí být maximální. Na začátku každé pohybové aktivity je energie získávána z tohoto systému. Během prvních několika sekund pohybové aktivity je energie získávána rozkladem ATP, který je uložen ve svalech. Po vyčerpání zásob ATP dochází k jeho resyntéze ze zásob CP, který je uložen ve svalech. Z CP se uvolní molekula organického fosforu, spojí se s ADP a vznikne nová molekula ATP. V tomto systému, na rozdíl od anaerobní

glykolýzy, nevzniká laktát. Po skončení zátěže se zásoby CP velmi rychle doplňují. Během první minuty se doplní asi 70-80 % a do 2-3 minut 100 %. Z tohoto tedy vyplývá, že čím větší zásoby CP ve svalech budeme mít, tím déle a s daleko větší energií bude možné vykonávat krátkodobý a vysoce intenzivní výkon. Pro zlepšení výkonnosti v disciplínách jako je sprint nebo vzpírání se využívá toho, že tělu uměle dodáváme kreatin (viz CP – kreatinfosfát), který se slučuje s organickým fosforem. Tím se zvyšují zásoby CP ve svalech. Tento energetický systém lze trénovat velice krátkými úseky v maximální intenzitě zatížení (do 20 sec.), které ale musíme střídát s odpovídajícím odpočinkem (CASRI 2012).

LA systém (anaerobní glykolýza)

V tomto systému se opět jedná o anaerobní způsob energetického krytí, kdy se energie získává štěpením glukózy. LA-systém se zapojuje do energetického krytí jen s malým zpožděním po ATP-CP systému a zhruba po 6 sekundách se podíl obou systémů vyrovnává. Glukóza je v tomto systému nejprve rozkládána na pyruvát, který se dále bez přístupu kyslíku odbourává na kyselinu mléčnou, resp. laktát a ionty vodíku (H⁺). Když je zdrojem glukózy glykogen uložený ve svalech, čistý energetický zisk anaerobní glykolýzy jsou 3 molekuly ATP na 1 molekulu glukózy. Jakmile ale výkon trvá delší dobu a glukóza se do svalů dostává pomocí krve z jater, čistý energetický zisk klesne na 2 molekuly ATP. Tento pokles nastává proto, protože 1 molekula ATP je využita na chemickou úpravu glukózy v játrech. Konečným produktem anaerobní glykolýzy je laktát, který se hromadí ve svalech i přes jeho rychlé vyplavování do krve. Dále se dostává do jater, ledvin, nepracujících svalů a srdce. Využití a odbourávání laktátu probíhá velmi pomalu, proto když jeho hladina dosáhne určité úrovně, disociované ionty vodíku způsobí pokles pH a vzniká acidóza vnitřního prostředí. To způsobí snížené nasycení hemoglobinu kyslíkem, naruší se svalové funkce, dojde k dráždění nervových zakončení a vzniká známý pocit „pálení“. Rychlost poklesu pH je ovlivněna tzv. pufrovací kapacitou svalů a krve, tj. je to schopnost neutralizovat volné vodíkové ionty a tím pádem i zpomalovat okyselení vnitřního prostředí. Pro sportovní výkon je pufrovací kapacita velmi důležitá a tréninkem ji lze zvyšovat. Anaerobní glykolýza je sice značně neefektivní způsob získávání energie a téměř dvakrát pomalejší než regenerace ATP z CP, ale stále je mnohem rychlejší než oxidace glukózy. Zhruba po 30 sekundách intenzivní pohybové činnosti jsou zásoby CP téměř vyčerpány a okamžitě „najetí“ na pomalejší anaerobní glykolýzu způsobuje známou „čtvrťkařkou

krizi“ v důsledku toho, že se snižuje rychlost tvorby ATP a hromadí se laktát a H⁺. Po ukončení pohybové aktivity trvá 20-180 minut než se všechny přebytečný laktát zpracuje a než se hodnoty vnitřního prostředí dostanou k normálu (Soumar aj. 2000, s. 5).



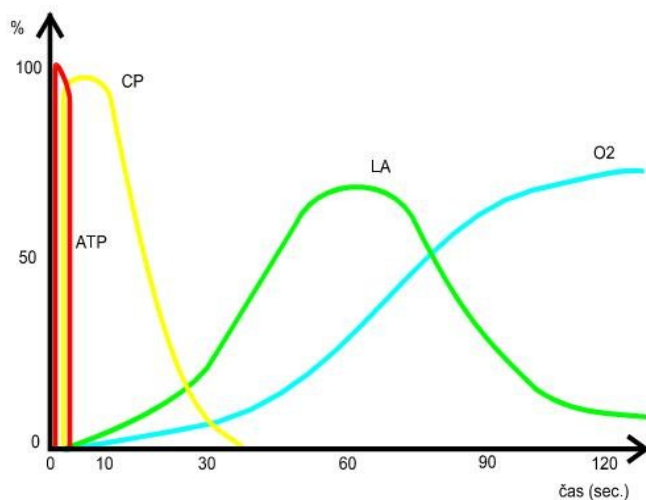
Obr. 2 – Produkce ATP

Zdroj: <http://ospace2000.ic.cz/sportuvoddosport.htm>, 2012

0₂ Systém (aerobní oxidace glukózy a tuků)

O₂ systém neboli štěpení cukrů, tuků a bílkovin za přítomnosti kyslíku je hlavním zdrojem energie pro činnost svalů při výkonech, které trvají cca 60-70 sekund. Při nepřerušovaném výkonu trvajícím 2-3 minuty je tento systém hlavním dodavatelem energie. Glukóza je v cytoplazmě svalových buněk nejprve rozkládána na pyruvát, který je poté metabolizován v mitochondriích v Krebsově cyklu (cyklus kyseliny citrónové). Tato konečná reakce se nazývá oxidativní fosforylace a zapříčiňuje vznik vody, oxidu uhličitého a obrovské množství energie (38 ATP). Vodu i oxid uhličitý jako konečný produkt tělo bez problému dokáže vyloučit. Pakliže dochází ke stupňovanému zvyšování výkonu, mitochondrie přijímaný kyslík a oxidativní enzymy už nestíhají vzniklý pyruvát odbourávat a dochází k jeho přeměně na laktát v procesu anaerobní glykolýzy. Jakmile dojde k úplnému vyčerpání zásob svalového glykogenu a krevní glukózy, což nastává cca po 90 minutách nepřerušované intenzivní pohybové činnosti, svaly začnou čerpat energii pomocí oxidace tuků v Krebsově cyklu na vodu a oxid

uhličítý. Tento způsob zisku energie pro činnost svalů nazýváme lipolýza. Je sice mnohem méně ekonomický než štěpení glukózy (na stejné množství energie potřebuje o 7 % více kyslíku), ale nyní už se přestává tvořit laktát. To samozřejmě vyvolává vyšší spotřebu kyslíku (vyšší plicní ventilaci) a protékání krve (vyšší výkon srdce). Jakmile dochází k čerpání energie z tuků, pracovní tempo se zpomaluje. To se projevuje např. při maratónských bězích, kdy po 30 kilometrech dochází ke krizi v důsledku vyčerpání veškerých zásob glykogenu (tzv. hypoglykémie) a dochází k „njetí“ na pomalejší oxidaci tuků. Jelikož je v tucích uloženo obrovské množství energie, teoreticky by bylo možné vykonávat pohybovou aktivitu na oxidaci tuků nepřetržitě několik hodin, téměř až donekonečna. Prakticky je toto nemožné, protože by docházelo k dehydrataci, narušila by se osmotická rovnováha tělních tekutin, došlo by k přehřátí organismu apod. Při extrémně dlouhých výkonech může dojít k zisku energie i z bílkovin, a to hlavně z tzv. větvených aminokyselin. Po ukončení pohybové činnosti dochází k zoxidování nahromaděného laktátu díky zvýšené plicní ventilaci (tzv. kyslíkový dluh) a jsou doplněny zásoby ATP a CP. Při výkonech trvajících déle než 30 sekund se prudce zvyšuje hromadění laktátu a čas na zotavení se tedy prodlužuje. Proto běžci na 400 m potřebují na zotavení a podání stejně kvalitního výkonu mnohem delší dobu než běžci na 100 m (Sportvital 2010).



Obr. 3 - Časové zapojení energetických systémů

Zdroj: <http://casri.cz/web/index.php/produkty/81-3-obecna-vychodiska>, 2012

Žádný z výše uvedených energetických systému nepracuje při pohybové činnosti v daný okamžik samostatně (viz Obr. 3). Aktivace více toho či onoho energetického

systemu závisí na délce trvání a intenzitě pohybové činnosti. Jednotlivé systémy pak dodávají pracujícím svalům vzhledem k délce trvání a intenzitě pohybové činnosti rozdílné množství energie (viz Tab. 2). Každá buňka (vlákno) kosterního svalu dokáže využít všechny způsoby uvolňování energie jak biochemicky tak i morfologicky (Havlíčková 2008, s. 6).

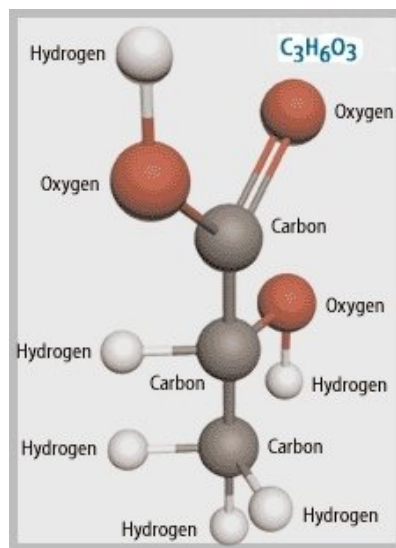
Doba činnost	ATP-CP	LA	O2
5 s	85	10	5
10 s	50	35	15
30 s	15	65	20
1 min.	8	62	30
2 min.	4	46	50
4 min.	2	28	70
10 min.	1	9	90
30 min.	1	5	95
1 hod.	1	2	98
2 hod.	1	1	99

Tab. 1 – Podíl energetických systémů (%) na činnosti různé doby trvání a relativně maximální intenzity = po uvedené dobu co možná nejvyšší
Zdroj: Foltýn 2008, s. 16

2.3 Laktát a energie

Laktát je organická sloučenina, která se přirozeně vyskytuje v těle každého člověka a naše tělo ho potřebuje ke své funkci. Nachází se v krvi, ve svalech i v dalších tělesných orgánech. Vzniká štěpením cukrů (glukózy a svalového glykogenu) za nepřítomnosti kyslíku. Pokud v organismu není dostatečné množství kyslíku, laktát, který se vytvořil ve svalové tkáni, se rychle dostává do krevního řečiště a tím je rozváděn do celého těla a dostává se i do moče. Laktát spolu s dalšími metabolity kyselé povahy způsobuje zakyselení organismu neboli acidózu, na kterou je velmi citlivá CNS. Jakmile tělo nestačí laktát odbourávat a začne se hromadit ve svalech, pociťujeme bolest svalů, svaly začínají tuhnout, místy se může objevit i zduření částí svalů, jsou narušeny nervové regulace a v nejhorším případě se činnost svalů snižuje až zastavuje. Dále je zvýšená hladina laktátu zdrojem jak fyzické tak psychické únavy. Tvorba laktátu se dá zpomalit tréninkem aerobního systému a tréninkem anaerobního glykolytického systému se laktát ze svalů a z krve odbourává mnohem rychleji. Koncentrace laktátu v krvi se za klidových podmínek pohybuje mezi 0,5-1,8 mmol/l

krve. Při výkonu může jeho hodnota vzrůst až na 20 mmol/l. Rychlost jeho odbourávání je asi 0,5 mmol/min., kdy se laktát syntetizuje a odbourává v nepracujících svalech, játrech, ledvinách a srdci. Pro svalovou činnost je důležitý jako palivo a je to i odpadní produkt. Chemický vzorec laktátu je $C_3H_6O_3$. (Budíková 2008, s. 8–9).



Obr. 4 – Strukturální vzorec laktátu

Zdroj: sportvital.cz, 2012

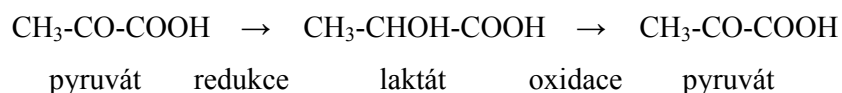
Metabolismus laktátu

Laktát vzniká štěpením kyseliny mléčné ve svalech ze svalového glykogenu a krevní glukózy. Při zatížení do patnácti sekund se energie pro svalovou práci získává ze zásob creatinfosfátu a hladina laktátu se nemění nebo stoupá jen nepatrně, jedná se o tzv. alaktátový metabolismus. Při zatížení přesahující 70 % VO_{2max} se hladina laktátu v pracujících svalech začíná zvyšovat a dojde k „zakyselení“ organismu. Ze svalů se přes mezibuněčné prostory dostává do krve a tou je rozptýlen do celého těla. Proto laktát naměřený v krvi je nižší než ve svalech. Laktát se může v malém množství využít i jako zdroj energie, a to spalováním ve svalových a dýchacích buňkách, myokardu a v neaktivních svalových skupinách. V jaterních buňkách se nejen laktát odbourává, ale také je využit pro tvorbu glykogenu (viz Coriho cyklus), který posléze slouží jako zdroj energie. Při výkonu vytrvalostního charakteru je tvorba a odbourávání laktátu v rovnováze, tzv. steady state. Právě rychlost odbourávání laktátu je ukazatelem trénovanosti jedince. Vrcholoví sportovci odbourávají laktát rychleji, rychlostí 0,5

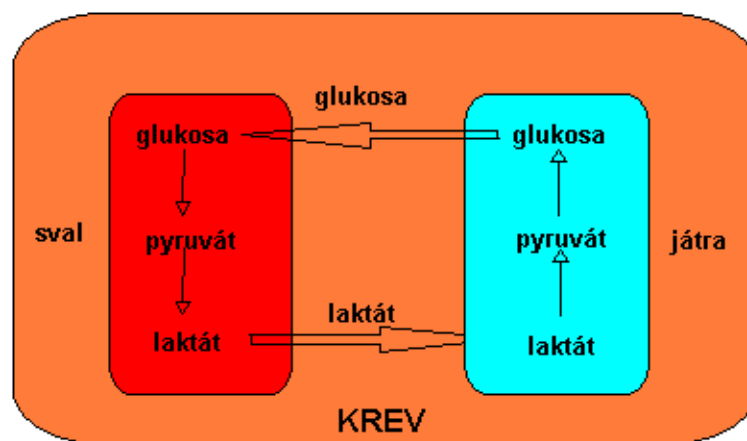
mmol/l za minutu, kdežto netrévaní jedinci pomaleji, pouze 0,3 mmol/l (Neumann 2007, s. 80–82)

Coriho cyklus

Jde o spojení anaerobní glykolýzy, která probíhá ve svaích a glukoneogenezi probíhající v játrech. Při anaerobní glykolýze se ve svaích vytváří pyruvát, který je redukován na laktát. Ten se poté krví dostává do jater, kde je oxidován zpět na pyruvát. V játrech je poté pyruvát, za současné spotřeby energie, přeměněn zpět za glukózu, která se krví dostává opět do svalů. Tento proces se velice důležitý proto, protože zabraňuje hromadění laktátu v krvi a napomáhá k udržování stále hladiny glukózy v krvi. Chemicky znázorněno takto:



Až 80 % laktátu, který se ve svalové tkáni vytváří v klidu nebo při nízké intenzitě pohybové činnosti, vstupuje do Coriho cyklu a tím dojde k znovunabytí zásob glykogenu. Zbylých 20 % laktátu se přemění na oxid uhličitý a vodu. (Wikipedie – otevřená encyklopedie 2012).



Obr. 5 – Coriho cyklus

Zdroj: orion.chemi.muni.cz

Nový pohled na laktát coby zdroj energie

Při intenzivním zatížení je tvorba a distribuce laktátu hlavním mechanismem koordinující intermediální metabolismus různých tkání. Jak toto celé funguje? V klidu svaly produkují laktát, ale povětšinou ho nevyužijí. Během intenzivní tělesné práci se laktát uvolňuje z pracujících svalů cestou monosacharidových transportérů MCT1 a MCT2 a to dvěma směry, jak ze svalových buněk do krve tak i opačně. Oba tyto pohyby jsou závislé na koncentračních gradientech. Je-li více laktátu v buňce nežli v intersticiální tekutině, laktát se z buňky dostává ven. Pakliže je větší koncentrace laktátu v plazmě a intersticiálním prostoru, laktát vstupuje z krve přes intersticiální prostor do buněk svalů. Z intersticiální tekutiny laktát putuje do krve přes endoteliální štěrby a pomocí monosacharidových přenašečů MCT1 a MCT2 také přímo přes endoteliální buňky, které mohou laktát využít jako zdroj energie.

Základem hypotézy „**laktátového člunku**“ je metabolismus laktátu, kdy se laktát rychle dokáže vyměnit mezi tkáňovými kompartmenty a pohybovat se z jedné buňky do druhé. Tato výměna je dynamickým procesem, při kterém se laktát využívá současně v přímo ve svalech nebo se ze svalů uvolňuje do intersticia. Příklad: Během zátěže produkují rychlá svalová vlákna laktát, který se buď dostává do cirkulace nebo může prostupovat do pomalých svalových vláken, kde je využit jako zdroj energie. Jelikož má srdeční svalovina mnohem větší oxidativní kapacitu než kosterní svalstvo, začíná laktát při zvýšení jeho hladiny v krvi upřednostňovat jako energetický substrát. Většina laktátu je z těla odstraněna oxidací a její rychlost závisí na rychlosti metabolismu jak pracujících, tak i nepracujících svalů. Při zatížení mírné intenzity na úrovni hladiny laktátu 4 mmol/l bylo dokázáno, že oxidace laktátu ve svalech časem stoupá a oxidace glukózy klesá. Při tělesné práci mírné intenzity může nastat to, že aerobní využití laktátu převyší využití glukózy a stává se hlavním aerobním substrátem.

Při intenzivní práci asi 50 % veškerého glykolytického proudu uhlíku prochází přes laktát, který se tak stává nejdůležitější meziproduct mezi zásobní formou sacharidů a jeho konečnými produkty a umožňuje přenos energie nejen mezi jednotlivými svalovými buňkami, ale i mezi různými tkáněmi. Množství oxidovaného laktátu při zatížení stoupá. V klidu je oxidováno asi 50 % procent laktátu, v průběhu svalové práce oxidace stoupá na 75 %. Při oxidaci není podmínkou, že se laktát musí redukovat na pyruát, ale může být oxidován až v mitochondriích pomocí LDH. Rychlost oxidace laktátu se nemění, nelze proto podle jeho hladiny v kapilární krvi určit jeho produkci ve svalech. Laktát v krvi se bude zvyšovat jen tehdy, pokud rychlost vstupu laktátu do

cirkulace bude vyšší než rychlost jeho odbourávání. Po uplynutí určité doby zatížení, kdy je hladina laktátu v krvi stabilní, pracující svaly přestanou laktát téměř produkovat a stanou se jeho čistým konzumentem. Po uplynutí 45 minut mírné tělesné práce se produkce laktátu v pracujících svalech blíží téměř k nule a oxidace stoupá, hladina krevního laktátu klesá. Jelikož je hladina laktátu v této době poměrně stálá je jasné, že laktát musí být produkován i v nepracujících svalech a ostatních tkáních. Proč? Aby se mohl v pracujících svalech stát lehce dostupným energetickým substrátem. Proto laktát není produktem z nouze, ale je to „geniální“ způsob řešení složité situace, kdy je velice důležité nejen energii poskytnout okamžitě, ale umět s ní i šetřit (Stejskal 2006, s. 17–21).

Shrnutí

Laktát, až do 70. let minulého století, byl chápán jako slepý odpadní produkt anaerobního metabolismu. Jeho vznik byl spojován se svalovou hypoxií a to, že byl v průběhu zotavení stále přítomen v organismu, mělo za následek svalovou únavu a pomalou komponentou kyslíkového dluhu. S objevení tzv. Brooksovy hypotézy „**laktátového člunku**“ se změnil názor i pohled na anaerobní glykolýzu. Pomocí protonové magnetické rezonační spektroskopie bylo dokázáno, že zvyšující se hladina laktátu v krvi není zapříčiněno neadekvátním zásobením svalu kyslíkem, ale hlavně v důsledku poklesu energetických zásob. Laktát tedy není zbytečný metabolit, ale je tzv. přenašečem chemické energie z místa na místo.

3 BĚŽNÁ LAKTÁTOVÁ VYŠETŘENÍ A JEJICH PRŮBĚH

V této kapitole se chci zaměřit na to, jaké druhy laktátových vyšetření se v současné době dělají ve funkční zátěžové diagnostice a jaký mají význam pro řízení sportovního tréninku. Dále se budu zabývat prostředím, ve kterém lze tyto testy provádět a jaké existují přístroje pro měření hladiny laktátu v krvi v běžné sportovní praxi.

3.1 Zátěžová diagnostika

Zátěžová diagnostika se zabývá vyšetřováním jak fyziologické tak i patologické reakce a adaptace organismu na různé druhy zatížení. Je speciální součástí celého komplexu funkčních zkoušek a čerpá ze znalostí teoretických, preklinických i klinických oborů. Vyhodnocuje změny, které se odehrávají v organismu během tělesné zátěže a těsně po ní, tj. v průběhu zotavení. Jejím hlavním významem je diagnostika výkonnosti a stavu trénovanosti, jenž je důležitou složkou při řízení sportovního tréninku vrcholového sportovce.

Funkční testy podávají trenérovi i testovanému sportovci prvotní informace o stavu jeho organismu před začátkem určitého tréninkového období a jejich následné opakování o účinnosti a vhodnosti vybraného typu tréninku a správnosti jeho provedení. Dále nám zátěžová diagnostika pomáhá odhalit silné i slabé stránky výkonnosti jedince. Měla by být využívána pravidelně s návazností na roční tréninkový cyklus. Je důležité si ale uvědomit, že zátěžová diagnostika podává informace pouze o stupni trénovanosti jedince, tedy jde o předpoklad jeho možné výkonnostní úrovně. Nedokáže ale zhodnotit, jak je na tom testovaný jedinec co se týče kvality jeho technické i taktické přípravy, tak i jeho psychický stav (Placheta aj. 1998, s.6).

3.2 Podmínky

Laktátová vyšetření lze provádět buď v laboratoři nebo také v terénu. Prostředí by mělo být klidné a s co nejmenším počtem přítomných osob. Jak testy prováděné v laboratoři, tak i testy prováděné v terénu mají svoje klady i zápory.

Laboratorní testování

Mezi výhody laktátových vyšetření ve sportovní laboratoři řadíme možnost přesně určit velikost zatížení a standardní stejné laboratorní podmínky pro všechny účastníky. Toto nám umožňuje přesněji hodnocení a interpretaci získaných výsledků.

Negativní stránkou může být nervozita z cizího prostředí, jiný pohybový stereotyp a nutná přeměna výsledků do terénu. Prostor laboratoře by mělo být klidné s možností cirkulace vzduchu, teplota by se měla pohybovat mezi 18 – 22° C a vlhkost vzduchu mezi 40-60 %. Vybavení by mělo zahrnovat: defibrilátor, léky pro první pomoc, telefonické spojení na ARO, lehátko, počítač se softwarem, EKG, ergometr, analyzátor výdechových plynů a běhací pás. Před zahájením testu by měl lékař pacienta seznámit s průběhem testu, naměřit klidové EKG, udělat antropometrické, biomechanické a klinické vyšetření. Pacient by měl přijít na test zdravý, minimálně 2 hodiny nejíst a nepít kávu, den před testem neprovádět namáhavější aktivitu a 12 hodin nekouřit a nepít alkohol (CASRI 2012).

Terénní testování

Při terénním testování dochází k specifickému zatížení, které se provádí přímo ve vlastním sportovním prostředí jedince. Mezi výhody terénního testování patří praktičnost, časová a finanční nenáročnost a jednoduchost při měření většího počtu osob najednou aj. Můžeme tak velmi přesně určit, jaké děje probíhají v organismu sportovce, při jeho vlastním sportovním výkonu. Stinnou stránkou tohoto testování je značná nepřesnost měření, náročnost na speciální přístrojovou techniku a omezený počet parametrů, které můžeme při testování pozorovat. Mezi sledované hodnoty v terénu patří rychlost, SF a laktát (CASRI 2012).

3.3 Důvody laktátového testování

Laktát, který vzniká ve svazech a poté je vyplavován do krve, hraje v současném sportu velice významnou diagnostickou roli. Měření jeho hladiny se provádí pomocí odběrů kapilární krve v průběhu testu nebo po skončení zatížení. Právě naměřená hladina laktátu informuje o dějích probíhajících v organismu během zátěže, o režimu, ve kterém organismus pracuje a pomáhá stanovit vhodnou intenzitu zatížení pro jednotlivá tréninková období. Srdeční frekvence spolu s naměřenou hladinou laktátu podávají značně přesné informace o kvalitě určitých tréninkových cyklů a energetické kapacitě organismu. Hlavním cílem tréninku by proto mělo být maximalizování přísunu energie všem svalům podílejících se na výkonu. Tyto testy lze využít nejen u vrcholových sportovců, ale i u jedinců, kteří se sportování věnují pouze rekreačně (Triatlon 2012)

Nejčastějším a zároveň i nejkomplicovanějším laktátovým vyšetřením je vyšetření laktátové křivky (viz kapitola 3.5.1). Proč tedy testujeme laktátovou křivku?

Smyslem tohoto testu je určení tréninkových zón a stanovení prvního a druhého laktátového prahu (viz Rozdělení laktátové křivky). Dalším důvodem toho laktátového testu je ten, že můžeme sledovat průběh tvorby laktátu během celého testu. Podle tvaru křivky a jejím průběhu můžeme usuzovat kvalitu trénovanosti neboli vytrvalosti a poskytnout nám velice cennou informaci o maximální možné udržitelné zátěži. Můžeme teda stanovit individuální tréninkové zóny, které jsou specifické pro každého jedince a maximalizovat tak efektivitu tréninku (Triatlon 2006)

3.4 Přístroje na měření hladiny laktátu pro běžnou sportovní praxi

Laktátoměr LACTATE PRO se využívá pro určení kapilárního laktátu v jakýchkoli podmínkách. Dokáže stanovit hladinu laktátu v krvi do 60 sekund od doby, kdy byl vložen testovací proužek s kapkou krve do přístroje. Přístroj pojme vzorek krve o objemu přibližně 5 mikrolitrů a jeho rozmezí naměřených hodnot je mezi 0,8 až 23,3 mmol/litr krve (Polarczech 2010).



Obr. 6 – Laktátoměr LACTATE PRO



Obr. 7 – Laktátoměr HP-COSMOS SIRIUS

Zdroj: <http://polarczech.cz/lactate/lactate-pro.php>

Stejně jako laktátoměr LACTATE PRO tak i tento přístroj slouží k měření krevního laktátu v libovolných podmínkách, avšak dokáže stanovit hladinu krevního laktátu již po 15 vteřinách od vložení testovacího proužku s kapkou krve do přístroje. Pomocí tohoto laktátoměru může vyhodnocovat i přes počítač, jelikož má integrovaný sériový interface pro datovou komunikaci s počítačem. Získané hodnoty laktátu tak můžeme pomocí speciálního programu cosmos para analysis vyhodnotit pomocí PC.

Tento SW je součástí příslušenství přístroje spolu s kabelem pro připojení k PC (Polarczech 2010).

3.5 Vybrané typy laktátových vyšetření

Mezi laktátová vyšetření řadíme ta vyšetření, při kterých odebíráme vzorek kapilární krve pro určení aktuální koncentrace laktátu v krvi. Nejčastějším laktátovým vyšetřením je test pro stanovení laktátové křivky, při kterém vzorek krve odebíráme několikrát, a to vždy po skončení intervalu zatížení (viz kapitola 3.6). Dalším typem laktátového vyšetření jsou zátěžové testy (spiroergometrie, wingate test a test zotavení), při kterých odebíráme vzorek krve až po jejich úplném ukončení.

Test aerobní vytrvalosti neboli test pro zjištění laktátové křivky

Tento test lze provádět na bicyklovém ergometru, běžeckém, veslařském a plaveckém trenažéru, dokonce i v terénu. Skládá z několika intervalů zatížení, kdy po skončení každého intervalu je odebrána kapilární krev pro určení hladiny laktátu. V každém následujícím intervalu je zvyšována zátěž, popřípadě rychlost. Délka jednoho intervalu se pohybuje od 3 do 5 minut, a jejich počet od 3 do 8. U méně trénovaných jedinců je zvyšování zátěže menší, aby bylo dosaženo optimálního průběhu testu. Pro vytvoření laktátové křivky je zapotřebí minimálně tři odběrů krve, ale čím více jich bude, tím bude křivka přesnější. Optimální je, když je jedna zátěž pod prahem 2 mmol/l, dvě zátěže v meziprahové oblasti a jedna z oblasti nad anaerobním prahem. Test bývá většinou ukončen po dosažení hladiny 4 mmol/l, pokud ale testovaný jedinec této hranice nedosáhne, test je ukončen v okamžiku, kdy sportovce dále nemůže akceptovat danou zátěž. Po skončení testu jedinec dále šlape bez žádné zátěže a je sledována tepová frekvence. Dále se ve třetí, páté nebo sedmé minutě odebírá vzorek krve pro stanovení koncentrace laktátu za účelem sledování regeneračních schopností organismu (Triatlon 2006).

Test anaerobní kapacity neboli wingate test

Tento test nám slouží k tomu, abychom mohli určit anaerobní kapacitu organismu. Probíhá tak, že jedinec vykoná jedno maximální úsilí trvající v délce od 45 do 90 sekund. Zvolená vzdálenost by měla být taková, aby jedinec udržel maximální výkon po celou dobu testu. Po skončení testu by měl být sportovec zcela vyčerpaný. Vzorky krve pak odebíráme ve 3., 5. i 7. minutě po skončení testu a to proto, abychom

změřili maximální hladinu laktátu v krvi. Při odebrání vzorků by měl být sportovec v klidu, nejlépe sedět. Hlavní důvodem tohoto testu je ten, že anaerobní kapacita jedince ovlivňuje jeho aerobní vytrvalost. S rostoucí anaerobní kapacitou tělo produkuje více laktátu. Toto zvýšení laktátu vyvolává, že testy aerobní vytrvalosti poukazují na menší vytrvalost, i když jedinec ve skutečnosti svojí aerobní vytrvalost udržel nebo i zvýšil. Laktát, který byl vytvořený nárůstem anaerobní kapacity vyvolává, že se laktátová křivka zvedá dříve, ale hlavně při nižším zatížení, jelikož se organismus vypořádává s větším množstvím laktátu (Triatlon 2006).

Test zotavení

Tento test provádíme spolu s testem anaerobní kapacity. Energie pro výkon je převážně hrazena z CP a anaerobní glykolýzou. Po odebrání posledního vzorku krve po ukončení testu anaerobní kapacity zůstává jedinec v klidu a následuje test zotavení. Probíhá tak, že ve 20. minutě po ukončení testu odebíráme další vzorek krve, abychom zjistili další hodnotu laktátu. Tuto hodnotu pak porovnáme s maximální hodnotou získanou při testu anaerobní kapacity. Výsledkem je procentuální pokles hladiny laktátu v krvi a čím je tento pokles větší, tím lepší má sportovec odbourávací schopnost (Triatlon 2006).

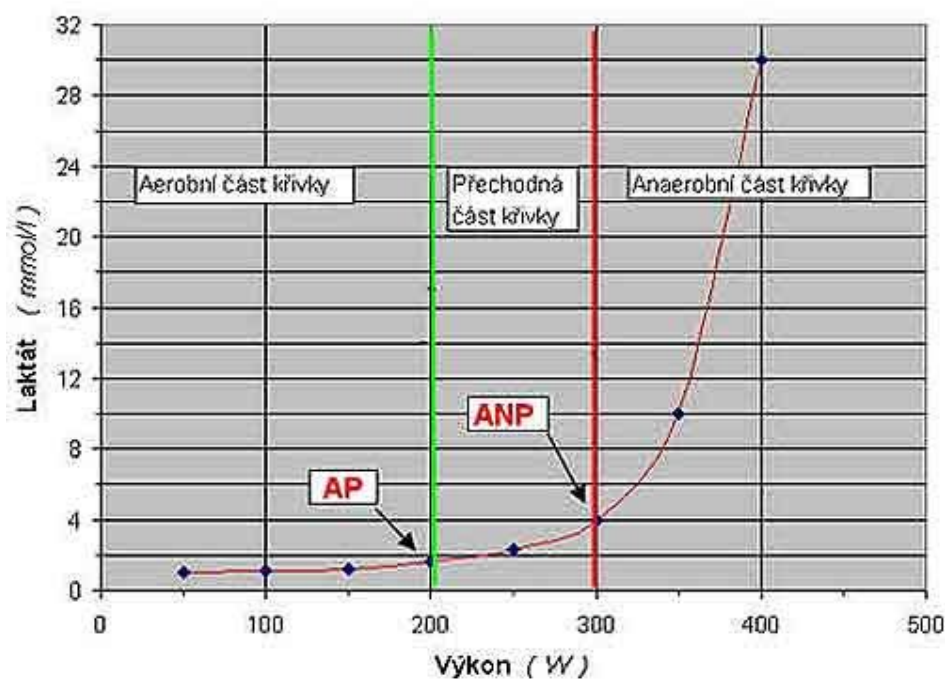
Spiroergometrie

Tento test patří mezi nejčastější zátěžové vyšetření u sportovců a je vhodný pro sporty vytrvalostního charakteru. Lze ho provádět na bicyklovém ergometru, veslařském trenažéru nebo na běžeckém pásu. Jde o vyšetření dýchacích funkcí (ventilace a výměna plynů) společně s kardiovaskulárním systémem. Podstatou tohoto testu je odhalit funkční předpoklady jedince pro daný sport, v první řadě jde o zjištění jeho vytrvalostních schopností. Na začátku testu nejprve dochází k zapracování organismu a to tak, že úvodní minuty se postupně zvyšuje zatížení od nízké až po střední intenzitu. Důležité je neustálé sledování tepové frekvence. Po ukončení této první fáze testu, by tepová frekvence měla dosáhnout asi 70% maxima. V této části testu již odebíráme vzorek kapilární krve, abychom zjistili hodnoty tzv. rozběhového laktátu a jeho hodnota by neměla příliš přeskočit hranici aerobního prahu. V této fázi ještě nezaznamenáváme dechové hodnoty. Test nejčastěji začínáme na stejné úrovni zatížení na jaké byla skončena rozběhová část testu nebo na mírně vyšší. Při testu postupně a plynule přidáváme zátěž tak, aby testovaný sportovec mezi čtvrtou a osmou

minutou dosáhl svého osobního maxima. Konec testu by měl oznámit sám testovaný jedinec to tehdy, kdy je zcela vyčerpaný, tj. kdy jeho SF dosáhla maxima a hladina laktátu je již příliš vysoká. Kapilární krev z ušního lalůčku nebo prstu je odebírána po skončení testu a to nejčastěji ve třetí minutě, někdy i v první nebo páté minutě (CASRI 2012).

3.6 Laktátová křivka

LA křivka je křivka exponenciálního charakteru, kterou získáme spojením bodů představující hodnoty krevního laktátu. Tyto body jsou zaznamenávány do grafu, kdy na ose y je vždy uvedena hladina laktátu v krvi (v mmol/l) a na ose x se buď znázorňuje tepová frekvence nebo velikost zátěže (ve watttech nebo m/s). Laktátovou křivku určíme při laktátovém testu (viz kapitola 3.5.1). Více trénovaní jedinci mají křivku níže a posouvá se doprava. V dnešní době je stanovení laktátové křivky jedním z nejpoužívanějších metod pro řízení sportovního tréninku. Hladina laktátu v krvi nás informuje o tom, v jakém energetickém systému organismus pracuje a jaké děje v těle během zátěže probíhají. Dále nám křivka pomáhá stanovit neoptimálnější intenzitu zatížení pro zlepšování sportovní výkonnosti. (Budíková 2008, s. 17–19).



Obr. 8 – Laktátová křivka

Zdroj: <http://www.pazicky.cz/anaerobni.html>

Rozdělení laktátové křivky

Na laktátové křivce určujeme dva nejdůležitější body a to laktátový práh 1 a laktátový práh 2. Tyto prahy tak rozdělují křivku na tři hlavní části: aerobní, smíšenou a anaerobní (Sportvital 2010).

V **aerobní části** křivky se na hrazení energie pro pohyb podílí pouze aerobní metabolismu a jelikož je intenzita zatížení mírná jsou molekuly ATP syntetizovány z glukózy nebo mastných kyselin. V této fázi se většinou laktát netvoří a pokud ano, tak pouze v takovém množství, které jsou hepatocyty schopny odbourávat (0,5 mmol/min.). Jaterní glykogen a jeho zásoba je limitujícím faktorem pro aerobní pohyb a to proto, protože se štěpí na glukózu, která se dostává do krve a zde udržuje optimální glykémii. Když se tedy sníží zásoby glykogenu v játrech, dojde také ke snížení hladiny glukózy v krvi, k tzv. hypoglykémii. Ta má zásadní vliv především na centrální nervovou soustavu, kdy dochází k poruše koordinace nervosvalového aparátu (Budíková 2008, s. 18).

Laktátový práh 1 (LT1) je prvním důležitým bodem na laktátové křivce. Můžeme ho charakterizovat jako bod, kdy energie pro pohyb není získávána pouze metabolismem tuků, ale přechází ve smíšené energetické krytí jak z tuků tak i ze sacharidů. Jedná se vlastně o nejvyšší míru intenzity zatížení organismu, kdy je sportovec schopen získávat energii pro pohyb až z 80 % z tuků. Obvykle se tento práh pohybuje okolo hodnoty 2 mmol/l krve. Ti nejtrénovanější profesionální vytrvalci této hranice ani nedosahují. LT1 odpovídá asi 40-65 % VO_2max (Sportvital 2010).

Přechodná část křivky se nachází mezi oběma prahy a často je nazývána smíšenou zónou. Tvorba laktátu pomalu začíná narůstat se zvyšující se intenzitou zatížení, avšak tvorba laktátu a jeho snižování zpětným štěpením udržuje určitý dynamický rovnovážný stav (Sportvital 2012).

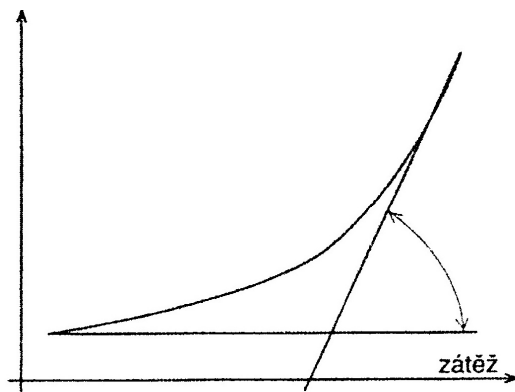
Laktátový práh 2 (LT2) můžeme definovat jako maximální intenzitu zatížení, kdy je ještě zachována rovnováha mezi tvorbou a odbouráváním laktátu. Obvyklá hodnota anaerobního prahu je udávána na 4 mmol/l, ovšem individuálně mezi 3-5 mmol/l. Jeho přesná hodnota je ovlivněna jak trénovaností tak i geneticky. Anaerobní práh se u vysoce trénovaných jedinců pohybuje v pásmu od 85-90 % VO_2max , u netrénovaných níže. Pokud vykonáváme pohyb na úrovni anaerobního prahu je tvorba a štěpení laktátu v rovnováze, jde o tzv. setrvalý stav neboli steady-state (Budíková 2008).

V **Anaerobní části** křivky hladina laktátu v krvi prudce stoupá a dochází k vyčerpání zásob glykogenu uloženého v játrech, snižuje se pH, dojde k vzestupu vodíkových iontů, začínají bolesti svalů a snižuje se výkonnost. Jde o maximální intenzitu zatížení, kdy u některých jedinců koncentrace laktátu dosahuje hodnoty 25 mmol/l (Silbernagl S. a Despopoulos A, 2004).

Hodnocení trénovanosti podle laktátové křivky

Hodnocení stupně trénovanosti lze provádět podle změn hladiny laktátu k krvi. Principem těchto metod je ten, že určíme takové intenzity zatížení, při kterých jsou energetické nároky hrazeny především aerobním způsobem, kdežto podíl anaerobní glykolýzy je minimální. Právě podle těchto intenzit zatížení můžeme potom zhodnotit trénovanost, její pokles nebo naopak nárůst a snažíme se regulovat zatížení v jednotlivých metabolických zónách. Zvýšení hladiny laktátu v krvi je pro uvedenou metodiku rozhodující. Základní hodnotou podle které jsme schopni určit trénovanost jedince je laktátový práh 2. Tento práh charakterizujeme jako první prudký vzestup laktátu při kontinuálně vzrůstajícím zatížení a obvykle bývá na hladině 4 mmol/l. Vztah hladiny laktátu a rychlost běhu není lineární, ale má exponenciální charakter. Pro řízení tréninku není vhodné striktně dodržovat hranici LT2 na 4 mmol/l, jelikož neumožňuje hodnotit individuální funkční stav sledovaného jedince.

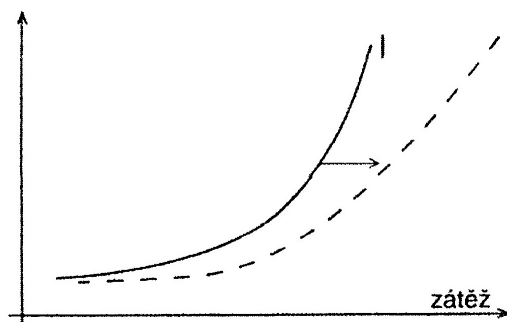
Jednou z možností, jak můžeme hodnotit trénovanost jedince je podle tzv. *laktátové křivky*. Energie pro každý sportovní výkon je v určitém poměru získávána jak aerobním štěpením živin tak i anaerobní glykolýzou. Tento poměr se liší v závislosti na době trvání a intenzitě daného výkonu. Proto je velmi podstatné odhalit, jak dokáže organismus sportovce pracovat v aerobní zóně a jak v anaerobní zóně, tedy pod a nad LT2. Kvalitní práce schopnost jak v aerobní tak i v anaerobní zóně je definována značně širokým rozsahem zatížení, při kterých se hladina laktátu relativně málo mění. Ukazatelem dobré práce schopnosti a aerobní nebo anaerobní zóně je úhel, který svírá odpovídající část křivky s vodorovnou osou zatížení (obr. 9). Všeobecně lze říci, že čím je tento úhel menší, tím lépe je jedinec schopný pracovat (Foltýn, 2008).



Obr. 9 – Hodnocení práce schopnosti, zobrazení úhlu s osou x

Zdroj: Soumar a spol. 2000, s. 16

Tvar křivky je ovlivněn intenzitou zatížení a druhem tréninku. Pokud jedinec trénuje pod LT2 nebo na jeho úrovni, dochází k posunu křivky bez změny jejího tvaru podél osy x směrem k větší intenzitě. Pokud je převážná část tréninku na úrovni LT2 nebo nad touto úrovní, nedochází pouze k posunu křivky směrem k větším intenzitám, ale zlepšuje se průběh závislosti laktátu na zatížení v anaerobní oblasti (obr. 10) (Soumar aj. 2000, s. 14–15).

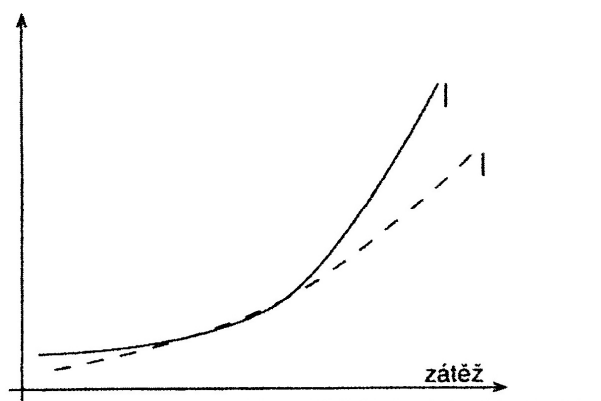


Obr. 10 – Posun laktátové křivky při tréninku v anaerobní zóně

Zdroj: Foltýn 2008, s. 26

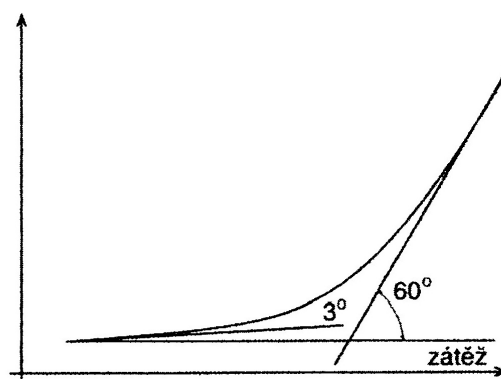
Pokud jedinec trénuje převážně na nízkých intenzitách, nemůže dojít ke zlepšení adaptace na oba typy zatížení. Mnohdy dochází k tomu, že v případě krátkodobých a střednědobých zatíženích, dojde ke zlepšení průběhu v anaerobní zóně zatížení, ale průběh aerobní oblasti se zhoršuje (obr. 11). Zhorší-li se výkon v aerobní oblasti zatížení, současně dojde i k zhoršení předpokladů pro výkon v anaerobní oblasti, což doprovází pokles sportovní formy. Můžeme říci, že dobrá aerobní práce schopnost je u

jedinců, u kterých laktátová křivka v aerobní zóně svírá úhel 3 stupně s osou zatížení. Pro anaerobní zónu jde o 60 stupňů (obr. 12) (Foltýn, 2008).



Obr. 11 – Vliv nedostatečného tréninku v aerobní zóně

Zdroj: Soumar a spol. 2000. s. 16



Obr. 12 – Hodnocení práce schopnosti, dané úhly

Zdroj: Foltýn 2008, s. 27

V praxi se jen velmi málo stává, aby měl sportovec příznivý průběh křivky, jak v aerobní, tak i v anaerobní zóně. Každý jedinec má specifický a jedinečný tvar laktátové křivky, který lze měnit tréninkem a adaptačními změnami, ale podstatné charakteristiky se nemění. Podle průběhu laktátové křivky jsme schopni nejen klasifikovat efektivitu předešlého tréninku, ale můžeme také stanovit takové intenzity zatížení, při kterých dochází k rozvoji aerobních i anaerobních schopností jedince.

Podle laktátové křivky provádíme úpravy tréninku tak, aby docházelo k rozvoji jednotlivých zón a eliminovaly se nedostatky (CASRI 2012).

3.7 Tepová frekvence a trénink

V současné sportu je měření tepové frekvence (TF) velmi jednoduchou metodou, pomocí které zjišťujeme odezvu na daný druh zatížení. Spolu s měřením hladiny laktátu, patří TF mezi dostupné metody při řízení sportovního tréninku a poskytují velmi cenné informace o aktuálním stavu organismu. Můžeme ji změřit telemetricky, palpačně, různými Sportestery nebo jinými přístroji. Na její hodnotu má vliv vlhkost vzduchu, okolní teplota, ztráty tekutin, výživa, nadmořská výška, léky. Vlivem tréninku lze její hodnoty měnit. Maximální TF je u netrénovaného a vrcholového sportovce téměř stejná a tréninkem je téměř neovlivnitelná. Hodnoty maxTF se pohybují od 190 do 210 tepů za minutu. Klidová TF je u netrénovaného jedince mezi 70 – 80 tepů/min. a můžeme ji tréninkem vytrvalostního charakteru ovlivňovat. Vrcholoví vytrvalci mají klidovou TF v rozmezí od 40 do 50 tepů/min (Soumar aj. 2000, s. 7-8).

Abychom mohli trénovat podle TF, stanovují se tzv. **tepové zóny** (neboli rozsahy TF), ve kterých se organismus chová podobným konstantním způsobem, charakteristicky zatěžuje a rozvíjí některý energetický systém. **Regenerační** tepová zóna zahrnuje oblast zatížení do 50 % maxTF, kdy dochází k obnově energie, regeneraci svalstva, kardiovaskulárního a imunitního systému po náročném výkonu. V této zóně se zaměřujeme na dýchací techniky, relaxaci a uvolnění. Druhá tepová zóna, nazývaná **základní vytrvalost I.**, je ohraničena od 50 do 65 %, což se přibližně hodnota LT1 (viz kapitola 3.6). Tréninkem na úrovni této zóny, dochází k rozvoji vytrvalosti, zlepšení aerobní kapacity organismu a efektnímu spalování tuků. Zóna **základní vytrvalosti II.**, která je v rozmezí 65 – 85 % maxTF a její horní hranice odpovídá LT2 (viz kapitola 3.6) složí k silové vytrvalosti a svalové síly. Dále rozvíjí kardiovaskulární systém při lehne „nepohodlné“ zátěži. Čtvrtou tepovou zónou je zóna **anaerobní kapacity**, která představuje rozmezí maxTF od 85 do 92 %. Pokud bychom trénovali na úrovni této zóny docházelo by rozvoji rychlosti a načasování a ke zlepšení odolnosti vůči hromadění laktátu. Poslední je **maximální zóna**, která představuje vrchol tréninkového úsilí (sportvital 2012).

Tepové zóny		TF v % z maxima
1.	Regenerační	do 50 %
2.	Základní vytrvalost I.	50 - 65 % (LT1)
3.	Základní vytrvalost II.	65 (LT1) - 85 % (LT2)
4.	Anaerobní kapacita	85 (LT2) - 92 %
5.	Maximální zóna	92 % a více

Tab. 2 – Zóny tepové frekvence

Zdroj: <http://www.f-sport.cz/print.php?id=69>

Shrnutí

Laktátová vyšetření nám slouží k tomu, abychom zjistili aerobní vytrvalost, anaerobní kapacitu, schopnost zotavení organismu testovaného člověka a pomáhá nám řídit trénink. Hodnoty krevního laktátu lze získat testováním nejen v laboratořích, ale také v terénu, jelikož přístroje pro jeho měření jsou lehce přenosné. Test pro stanovení laktátové křivky (tzv. test aerobní vytrvalosti) patří v současné době mezi nejčastější vyšetření v celé zátěžové diagnostice. Laktát je v tomto testu odebírán po skončení každého intervalu. Pro stanovení tzv. pozátěžového laktátu, který je odebírán až po skončení daného testu patří např.: wingate test a spiroergometrie (neboli testy anaerobní kapacity a testy zotavení). Mezi další pomocníky při řízení sportovního tréninku patří sledování TF a stanovení jednotlivých tepových zón.

4 STRUKTURA A CENA LAKTÁTOVÝCH VYŠETŘENÍ NA VYBRANÝCH PRACOVIŠTÍCH V ČR

V této kapitole jsem se chtěla informovat o tom, jakým způsobem se provádějí laktátové testy v některých laboratořích v České republice. Vybrala jsem ta pracoviště, která mi poskytla podrobnější informace o laktátových testech, jak osobně, tak na internetových stránkách, a která mi pomohou získat ucelený přehled pro návrh optimalizace laktátového vyšetření v rámci laboratoře sportovní motoriky na TUL. Zaměřila jsem se na test, který určuje laktátovou křivku. Zvolila jsem si následující 4 pracoviště.

4.1 CASRI – Vědecké a servisní pracoviště tělesné výchovy a sportu

CASRI – vědecké a servisní pracoviště tělesné výchovy a sportu má v současnosti velmi rozsáhlé pole působnosti. Pracuje pod záštitou Ministerstva obrany a Armády České republiky. Hlavní náplní jeho činnosti je vědecký servis pro státní a resortní sportovní reprezentaci. Pro Ministerstvo obrany ČR vytváří programy pro optimalizaci metod výcviku vojáků a pomáhá vytvářet komplexní systém péče o ně. Pro veřejnost nabízí řadu služeb a produktů. Nabízené služby laktátových vyšetření viz níže (CASRI 2012).

Test pro zjištění laktátové křivky

Pro stanovení laktátové křivky využívají tzv. schodovitého testu, jehož smyslem je určení aerobního a anaerobního prahu. Vyšetření se skládá ze 4 až 6 zátěží, které jsou stupňovaného charakteru a každý stupeň trvá 4 minuty. Po každém stupni zátěže se odebere vzorek kapilární krve z konečku prstu nebo ušního lalůčku pro zjištění aktuální koncentrace laktátu v krvi. Z těchto 4 až 6 naměřených hodnot pak sestaví laktátovou křivku. Toto vyšetření lze provést na cyklistické nebo veslařském trenažéru i běhátku. K vyšetření poskytují i konzultace. Celková doba testu se pohybuje od 20 do 30 minut a cena je 1000,- Kč (CASRI 2012).

Ostatní laktátová vyšetření

Dalším testem, kdy odebírají vzorek krve pro určení hladiny laktátu je maximální spiroergometrický test. Stejně jako test laktátové křivky, tak i toto vyšetření provádějí laboratorně na všech typech trenažerů. Za určitých podmínek mohou tento test provést i v terénu. Kapilární krev pro stanovení hladiny laktátu v krvi odebírají ve třetí minutě po skončení testu, někdy i v první nebo v páté minutě. Cena tohoto vyšetření je 1000,- Kč (CASRI 2012).

4.2 FTVS UK v Praze – Laboratoř sportovní motoriky

Laboratoř sportovní motoriky UK je profesionální badatelské pracoviště, které se značně podílí na výuce v pregraduálním i doktorském studiu. Dále se podílí na řešení významných grantových úkolech jak u nás, tak i ve spolupráci se zahraničím. Patří mezi hlavní výzkumné pracoviště v oblasti pohybových a sportovních aktivit i fyziologie zátěže. Nabízená laktátová vyšetření a jejich ceny viz níže (LSM FTVS UK 2010).

Test pro zjištění laktátové křivky

Tato laboratoř nabízí stanovení laktátové křivky z kinetiky laktátu a srdeční frekvence při motorických testech a analýzu křivky a výpočty tréninkových intenzit. Stanovení laktátové křivky nabízí buď v laboratoři nebo v terénu. Celková doba testu se pohybuje od 20 do 50 minut podle toho, kolik stupňů zatížení testovaný jedinec absolvuje. Tříbodová křivka v laboratoři stojí 350,- Kč. a v terénu 385,- Kč. Pětibodová křivka 450,- Kč. a 500,- Kč. Sedmibodová křivka pak 500,- Kč a 600,- Kč. Forma výstupu je grafická a tabelární, dále obsahuje protokol obsahující doporučené tréninkové intenzity a návod pro další trénink (LSM UK 2010).

Ostatní laktátová vyšetření

Stejně jako v CASRI i tady dělají vyšetření pozátěžového laktátu u spiroergometrie. Tento maximální zátěžový test provádějí na bicyklovém, běžeckém nebo plaveckém trenažeru. Kapilární krev pro zjištění koncentrace laktátu v krvi odebírají ve třetí minutě po skončení testu. Doba tohoto vyšetření je i s vyhodnocením dvě hodiny a cena je 720,- Kč (LSM FTVS UK 2010).

4.3 KTV PF UJEP Ústí nad Labem – Sportovní laboratoř

Tato sportovní laboratoř je pod záštitou Katedry tělesné výchovy Pedagogické fakulty Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Mezi její nabízené služby patří kompletní spiroergometrické vyšetření, stanovení maximálních a prahových hodnot srdeční frekvence, měření reakční rychlosti, měření rychlosti pomocí radarového zařízení, analýza tělesného složení, návrhy pohybových programů pro úpravu hmotnosti a stanovení laktátové křivky. Dále zde nabízejí možnost zapůjčení monitorů srdeční frekvence. Druhy laktátových vyšetření, která v této laboratoři nabízejí blíže popsány níže. (PF UJEP 2011).

Test pro zjištění laktátové křivky

Test pro určení laktátové křivky provádějí na bicyklovém nebo běžeckém trenážeru a to jen zcela výjimečně. Skládá se z pěti stupňů zatížení po třech minutách, kdy po skončení každého intervalu zatížení odebírají vzorek kapilární krve z ušního lalůčku nebo prstu pro zjištění aktuální koncentrace laktátu v krvi. Cena toho testu je 400,- Kč (PF UJEP 2011).

Ostatní laktátová vyšetření

Toto maximální zátěžové vyšetření provádějí na bicyklovém trenážeru nebo na běhacím pásu. Celková doba testu i s vyhodnocením jsou 2 hodiny a cena je 800,- Kč. Kapilární krev pro stanovení koncentrace laktátu v krvi odebírají v páté minutě po ukončení testu (PF UJEP 2011).

4.4 Soukromá laboratoř Mohelnice – MUDr. Zbyněk Pozdíšek

Tato soukromá laboratoř nabízí tyto služby: určení zdravotního stavu, antropometrii, testy vytrvalostní (aerobní) výkonnosti, testy anaerobní výkonnosti, terénní testy, sportovní dietologie, fyzioterapie a sportovní psychologie. Služby nabízené touto laboratoří jsou popsány níže (Pozdíšek 2012).

Test pro zjištění laktátové křivky

Tento laktátový test je sestaven ze 4 až 6 stupňovaných zátěží v rozmezí 3 až 5 minut. Po absolvování každého stupně zátěže je odebrána kapilární krev z ušního lalůčku pro stanovení aktuální koncentrace laktátu a je zaznamenána tepová frekvence. Pomocí tohoto testu určíme aerobní a anaerobní práh, stanovíme tréninkové zóny a

posoudíme stupeň vytrvalosti. Cena toho testu je závislá na ročním období. V zimním období (od 1.11. do 31.5.) je cena testu 1200,- Kč a v letním období (od 1.6. do 31.10.) je cena testu 1000,- Kč (Pozdíšek 2012).

Ostatní laktátová vyšetření

Test 1 Spiroergometrie

Tento test probíhá podle tzv. rampového protokolu, kdy se rychle přidává zátěž s cílem dosáhnout osobního maxima během několika minut. Před samotným testem probíhá zahřátí organismu tak, aby se aktivoval aerobní systém. Po ukončení testu je ihned odebrán vzorek kapilární krve pro stanovení koncentrace laktátu v krvi. Výstupem testu jsou následující parametry: výkon ve watttech, VO_2 max, anaerobní práh, posouzení ekonomiky dýchání a oběhu při zátěži a maximální laktát (Pozdíšek 2012).

Test 2 Wingate test

Tento test provádějí na speciálním cyklistickém trenažéru, který se sestaven tak, aby na klice nastaven konstantní odpor, který zohledňuje hmotnost testovaného jedince. Celková doba testu je 30 minut a po celou dobu trvání testovaný sportovec podává maximální výkon. Po skončení testu odebírají pozátěžový laktát ve 3. a 5. minutě (Pozdíšek 2012).

Test 3 Výskoková ergometrie

Tento test je složen z několika dalších testů podle kterých posuzují nejen odrazové schopnosti dolních končetin, ale také nás informují a podílují rychlých a pomalých svalových vláken, o anaerobní kapacitě a výkonu dolních končetin. Součástí je i šedesátisekundový Bosco test s odběrem maximálního laktátu, dle které posuzují anaerobní kapacitu organismu testovaného sportovce (Pozdíšek 2012).

Shrnutí

Každá z výše uvedených laboratoří nabízí ve svých službách test pro stanovení laktátové křivky, avšak cena a průběh testu se v každé laboratoři liší. Mezi další laktátová vyšetření, která se na všech daných pracovištích provádějí patří spiroergometrie. Pouze soukromá laboratoř pana MUDr. Zbyňka Pozdíška nacházející se v Mohelnici nabízí další zátěžová vyšetření s odběrem pozátěžového laktátu a to wingate test a výskokovou ergometrii.

Laboratoř	Ceny laktátových vyšetření
CASRI	LA křivka - 1000,- Kč., Spiroergometrie - 1000,- Kč.
LSM FTVS UK	tříbodová LA křivka v lab./ter. - 350,-/385,- Kč.
	pětibodová LA křivka v lab./ter. - 450,-/500,- Kč.
	sedmibodová LA křivka v lab./ter. - 500,-/600,- Kč.
	spiroergometrie - 720,- Kč.
SL KTV PF UJEP	LA křivka - 400,- Kč., Spiroergometrie - 800,- Kč.
MUDr. Z. Pozdíšek	LA křivka v zimě - 1200,- Kč., v létě - 1100,- Kč.
	spiroergometrie v zimě - 900,- Kč., v létě - 800,- Kč.
	wingate test - 600,- Kč., výskok. ergometrie - 300,- Kč.

Tab. 3 – Ceny laktátových vyšetření ve vybraných laboratořích v ČR

Zdroj: vlastní

5 STANOVENÍ STRUKTURY A ZPŮSOBU VYHODNOCENÍ LAKTÁTOVÉ KŘIVKY V LSM TUL

V této kapitole jsem sestavila strukturu vyšetření, které slouží k určení laktátové křivky a mohlo by být využitelné v LSM TUL. Dále jsem vytvořila software, ve kterém bude možné získanou laktátovou křivku vyhodnotit. Součástí bylo i ověření sestavené struktury na dvou vybraných jedincích v LSM TUL. Posledním úkolem bylo navržení ceny tohoto vyšetření.

5.1 Organizace

Lidé, kteří budou mít zájem o vyšetření laktátové křivky v laboratoři sportovní motoriky TUL se v první řadě budou muset na tento test objednat a to buď telefonicky nebo pomocí e-mailu. Kontakt pro objednání naleznou na webových stránkách www.sportovnilaborator.tul.cz v sekci rezervace.

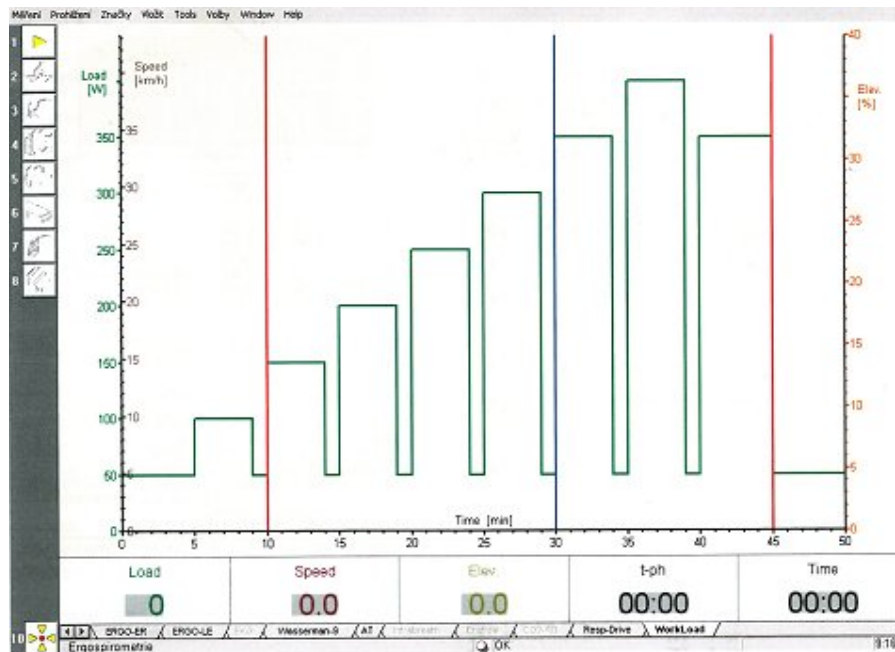
Po objednání bychom měli jedince informovat o tom, co všechno by si měl na test donést a co by měl před testem dodržet. Na test byl měl přijít dobře naladěný a zdravý, vhodně oblečený a ve sportovní obuvi. Pokud bude vyšetření absolvovat na bicyklovém ergometru, doporučujeme nášlapy, pokud je jedinec vlastní a je na ně zvyklý. Dále by neměl den před vyšetřením provádět žádnou namáhavější aktivitu, 12 hodin před testem nesmí pít alkohol, ani kouřit a těsně před testem, zhruba 2 hodiny, by neměl jíst ani pít kávu. Součástí laboratoře je i sociální zařízení, takže má sportovec možnost se po testu osprchovat. Než proběhne samotné vyšetření laktátové křivky, měl by lékař testovaného jedince seznámit s tím, jak celý test bude probíhat a že celková doba testu bude asi 50 minut. Součástí vstupního vyšetření je určení tělesné výšky, hmotnosti jedince a změření krevního tlaku.

5.2 Průběh vyšetření

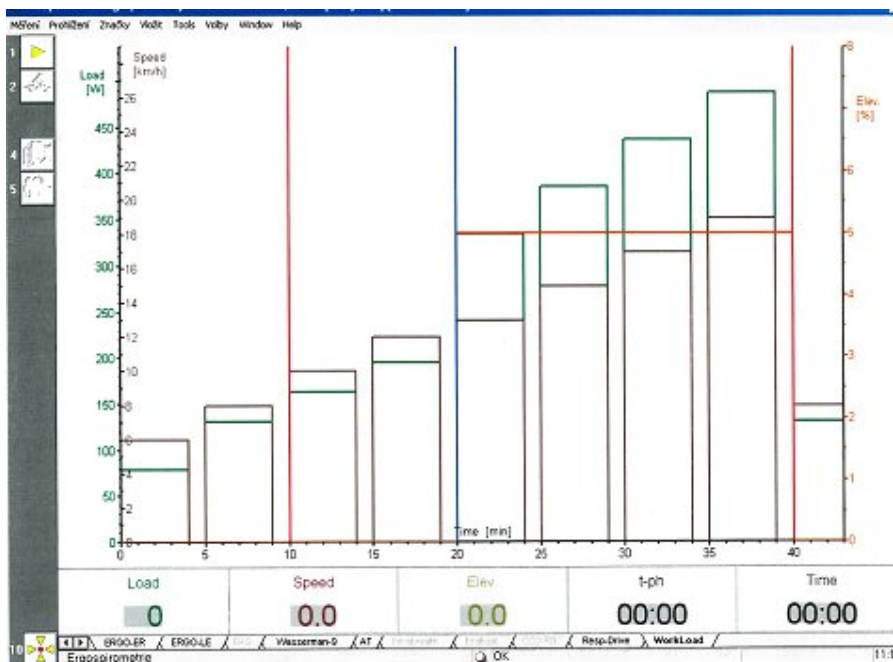
Vyšetření pro stanovení laktátové křivky můžeme v LSM TUL provádět na bicyklovém nebo běžeckém trenažéru. Jde o tzv. stupňovaný test, kdy jedinec absolvuje 7 až 10 intervalů s konstantně rostoucím zatížením. Délka každého intervalu jsou 4 minuty. Po skončení každého intervalu zatížení je jednominutová pauza pro odebrání vzorku kapilární krve. Tento vzorek odebíráme z ušního lalůčku nebo je možné i z konečku prstu. V průběhu testu také sledujeme a zaznamenáváme hodnotu TF. Po skončení testu odebíráme tzv. pozátěžový laktát ve 3., 5., 7. a 20. minutě, kdy je jedinec

v klidu. Test je u konce pokud testovaný jedinec není dále schopen akceptovat danou zátěž nebo ze zdravotních důvodů.

Při vyšetření LA křivky na **bicyklovém ergometru** (viz Obr. 13) je první interval zatížení na výkonu 50 wattů a každý následující interval se o 50 wattů zvyšuje. Sportovec by měl šlapat s kadencí minimálně 60-ti otáček za minut, pakliže by tuto kadenci nedodržel, došlo by k automatickému ukončení testu. U stanovení LA křivky na **běžeckém trenažeru** (viz Obr. 14) je první interval zatížení nastaven na 6 km/h a v každém dalším intervalu se toho zatížení zvyšuje o 2 km/h.



Obr. 13 – Protokol vyšetření laktátové křivky na bicyklovém ergometru



Obr. 14 – Protokol vyšetření laktátové křivky na běžecím trenažeru

5.3 Způsob vyhodnocení

Pro vyhodnocení laktátové křivky jsem vytvořila program Microsoft Office Excel 2003, který nalezneme na příloženém CD. Tento vyhodnocovací program má dvě části. První část programu se vztahuje na vyhodnocení laktátové křivky na bicyklovém ergometru, kdy velikost zátěže je udávána ve wattch. Druhá část vyhodnocuje laktátovou křivku z vyšetření na běžecím pásu a velikost zátěže je zde udávána jako rychlost v km/h. Náhled programu je v příloze A. Pro ověření správnosti fungování jsem otestovala dvě osoby, kdy jeden absolvoval test na bicyklovém ergometru a druhý na běhacím pásu.

Ověření a vyhodnocení testu LA křivky u 1. osoby

První testovaným jedincem byl muž ve věku 22 let, který měřil 189,1 cm a vážil 82,4 kg. Sportování se věnuje aktivně v podobě cyklistiky a plavání v letních měsících a spinningu v zimě. Vyšetření absolvoval na bicyklovém ergometru a zvládl 6 intervalů zatížení. Po ukončení testu jsme odebrali pozátěžový laktát (viz kapitola 3.5). Jeho hodnoty byly 11,9; 10,8; 10,4 a 5,8. Podle těchto výsledků lze říci, že rychlost odbourávání tohoto jedince je lehce na průměrem (viz kapitola 2.3). Měřením jsme zjistili, že LT1 tohoto jedince se nalézá na TF 150 tepů/min., při výkonu 175 W, což je

78 % jeho maxTF. LT2 jsme naměřili na TF 169 tepů/min., při výkonu 233 W, což je 88 % jeho maxTF a anaerobní kapacitu při TF 190 tepů/min., při výkonu 340 W, což odpovídá 98 % jeho maxTF. Dle kapitoly 3.7 lze říci, že LT1 tohoto jedince se nalézá ve třetí tepové zóně a LT2 ve čtvrté. Protokol vyhodnocení jeho laktátové křivky je v příloze B.

Ověření a vyhodnocení testu LA křivky u 2. osoby

Druhým testovaným jedincem byl také muž ve věku 26 let, který měřil 189,6 cm a vážil 86,2 kg. I tento jedinec se aktivně věnuje sportování a to pravidelně. Mezi jeho oblíbené sporty patří běh, kolo a posilovna. Vyšetření absolvoval na běhacím páse a zvládnul 5 intervalů zatížení. Po skončení testu jsme stejně jako u osoby 1 odebraly pozátěžový laktát a jeho hodnoty byly 9,7; 9,4; 10,7 a 6,5. Podle naměřených hodnot jsme určili, že jeho odbourávací schopnost organismu je velmi pomalá (viz kapitola 2.3) LT1 tohoto jedince jsme naměřili na TF 163 tepů/min., při rychlosti běhu 8,4 km/h, což odpovídá 83 % jeho maxTF. LT2 jsme zjistili na TF 184 tepů/min., při rychlosti běhu 12,3 km/h, což je 94 % jeho maxTF a anaerobní kapacitu při TF 193 tepů/min., při rychlosti 15,8 km/h, což je 99 % jeho maxTF. Podle kapitoly 3.7 můžeme říci, že LT1 tohoto jedince se nachází ve třetí tepové zóně a LT2 až v páté. Protokol vyhodnocení jeho laktátové křivky je v příloze C.

Při srovnání těchto dvou jedinců zjistíme, že mají některé hodnoty podobné a jiné se od sebe zcela liší. Oba mají LT1 ve třetí tepové zóně, ale LT2 má každý v jiné. Dalším parametrem je rychlost odbourávání laktát, kterou mají oba jedince odlišnou. Testovaná osoba jedna má pozvolný pokles pozátěžového laktátu, kdežto u druhé osoby došlo ve 3. a 5. minutě k poklesu a v 7. minutě k opětovnému nárůstu hladiny laktátu. U druhé testované osobě došlo další odlišnosti a to v podobě poklesu hladiny laktátu na konci třetí intervalu zatíže.

5.4 Cena

Cena vyšetření laktátové křivky by se měla odvíjet od následujících parametrů. Prvním z nich je počet diagnostických testovacích elektrod, které při testu použijeme. V LSM TUL se k diagnostice krevního laktátu používá přístroj LACTATE PRO (viz kap. 3.4) Cena jedné elektrody pro tento přístroj se pohybuje okolo 50,- Kč. Dalším parametrem, který ovlivňuje cenu tohoto vyšetření je nutná přítomnost minimálně dvou

osob, jednoho lékaře a jednoho odborného pracovníka vyškoleného v oboru funkční zátěžové diagnostiky. Cenu také ovlivňuje délka testu, která je přibližně 50 minut a energie spotřebované během testu..

Návrh ceny v LSM TUL

Aby cena vyšetření laktátové křivky byla přijatelná s cenami konkurence (viz. kapitola 4), zvolila jsem následující řešení. Základním nabízeným vyšetřením bude stanovení sedmibodové laktátové křivky, kdy po skončení testu bude ještě 4x odebrán pozátěžový laktát. Z toho vyplývá, že spotřebujeme 11 testovacích elektrod, což činí 550,- Kč. Dalším nákladem je téměř hodinová přítomnost dvou osob dohlížejících na průběh testu což je zhruba 300,- . a spotřebovaná energie cca za 50,- Kč. Po sečtení všech nákladů vyjde suma 900,- Kč. Navržená cena vyšetření laktátové křivky v LSM TUL bude 1100,- Kč. Čistý zisk laboratoře při vyšetření sedmibodové křivky tak bude 200,- Kč. Pokud by dotyčný chtěl vícebodovou křivku, lze to provést s tím, že cena bude základní plus cena každé spotřebované elektrody navíc, což je 60,-.

Shrnutí

Stanovená struktura vyšetření LA křivky, cena a vytvořený program pro vyhodnocení by později mohly posloužit jako rozšířená nabídka služeb Laboratoře sportovní motoriky v rámci Technické Univerzity v Liberci.

6 ZÁVĚR

Záměrem bakalářské práce bylo naplnění hlavního cíle a dílčích úkolů. Sbíráním informací z různých zdrojů a vlastním průzkumem ve vybraných laboratořích v České republice jsem si vytvořila názor na celou problematiku laktátu a laktátových vyšetření.

V jednotlivých laboratořích jsem zjišťovala, jaké druhy laktátových vyšetření nabízejí, jaký je jejich průběh a kolik tyto testy stojí. Zjistila jsem, že v každé z uvedených laboratořích nabízejí vyšetření laktátové křivky a spiroergometrii. Avšak průběh a cena se v každé laboratoři mění. Dalším poznatkem bylo, že jediná Soukromá laboratoř v Mohelnici u MUDr. Zbyňka Pozdíška nabízí další druhy laktátových vyšetření jako je wingate test a výskoková ergometre.

Dílčí úkoly vedly ke zjištění, že s objevením teorie laktátového člunku se změnil názor na laktát coby odpadní produkt anaerobního metabolismu, ale že za určitých podmínek ho naše tělo dokáže využít jako zdroj energie.

Z nasbíraných informací jsem se rozhodla, že se zaměřím na vyšetření pro stanovení laktátové křivky. Sestavila jsem strukturu a program pro vyhodnocení LA křivky, který by mohl být využitelný jako rozšíření nabízených služeb v Laboratoři sportovní motoriky Technické Univerzity v Liberci. V rámci této optimalizace bylo i navrženo ceny.

7 POUŽITÉ ZDROJE

BOUDÍKOVÁ, A., 2008. *Laktátová křivka v zátěžové fyziologii*. Praha.

CASRI [online]. 2012 [cit. 2012-08-08]. Sportovní zátěžová diagnostika. Dostupné z WWW: <<http://casri.cz/web/index.php/zatezova-diagnostika>>.

Česká triatlonová asociace [online]. 2012 [cit. 2012-05-12]. Laktátové testování – náš úhel pohledu. Dostupné z WWW: <http://www.triatlon.cz/upload/252_254.pdf>.

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

FOLTÝN, P., 2008. *Softwarové zpracování laktátové křivky*. Brno.

HAVLÍČKOVÁ, L., a kol., 2008. *Fyziologie tělesné zátěže I*. 2. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-7184-875-2.

JIRÁK, Z., VAŠINA, B., 2005. *Fyziologie a psychologie práce*. 1. vyd. Ostrava: Repronis. ISBN 80-7368-107-2.

Laboratoř sportovní motoriky [online]. 2010 [cit. 2010-01-15]. Poskytované služby. Dostupné z WWW: <<http://www.ftvs.cuni.cz/katedry/labspmot/sluzby.php>>.

LEHNERT, M., aj., 2010. *Trénink kondice ve sportu*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2614-3.

MUDr. Zbyněk Pozdíšek – sportovní test. [online]. 2012 [cit. 2012-08-08]. Testy vytrvalostní výkonnosti. Dostupné z WWW: <http://www.sportovnitesty.cz/cely-clanek.php?soubor=2009-08-21_12-21-35>.

NEUMANN G. aj., 2005. *Trénink pod kontrolou*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-0947-3.

PLACHETA, Z. aj., 1998. *Zátěžová funkční diagnostika a preskripce pohybové léčby ve vnitřním lékařství*. 2. přep. vyd. Brno: Lékařská fakulta MU. ISBN 80-210-1170-X.

SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A., 2004. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vyd. Praha: Grada Publishing ISBN 978-80-247-0630-6.

SOUMAR, L., aj., 2000. *Laktátová a tepová frekvence jako významní pomocníci při řízení tréninku*. Praha: CASRI.

Sportovní laboratoř PF UJEP [online]. 2011 [cit. 2011-08-08]. Nabízené služby. Dostupné z WWW: <http://pf.ujep.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=4009&Itemid=996>.

Sportovní služby [online]. 2010 [cit. 2012-06-08]. Laktátoměry – aktuální nabídka. Dostupné z WWW: <<http://www.polarczech.cz/lactate/>>.

Sportvital [online]. 2012 [cit. 2012-08-08]. Zapojení energetických systémů při pohybu. Dostupné z WWW: <<http://www.sportvital.cz/sport/trenink/zatezova-diagnostika/zapojeni-energeticky-systemu-pri-pohybu/>>.

STEJSKAL, P., ed., 2006. *Hrazení energetického výdeje v průběhu tělesné práce*.

VODRÁŽKA, Z., 1998. *Biochemie pro studenty středních škol*. 1. vyd. Praha: Scientia. ISBN 80-7183-083-6.

WIKIPEDIE – otevřená encyklopedie [online]. 2012 [cit. 2012-08-08]. Coriho cyklus. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Coriho_cyklus>.

8 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Náhled programu pro vyhodnocení LA křivky

Příloha B – Výsledný protokol vyšetření LA křivky na bicyklovém ergometru

Příloha C – Výsledný protokol vyšetření LA křivky na běžeckém páse

PŘÍLOHY

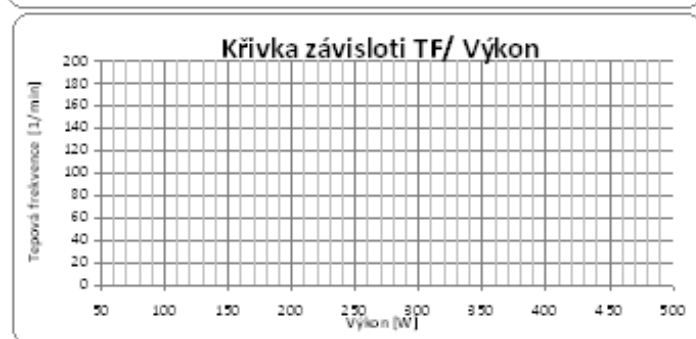
Příloha A - Náhled programu pro vyhodnocení LA křivky

Vyšetření laktátové křivky na bicyklovém ergometru

Jméno: _____ Datum: _____
Datum narození: _____ Výška: _____
Sport: _____ Váha: _____

Výkon [W]	LA [mmol/l]	TF [1/min]	Věk	
50			maxTF	
100				
150				
200				
250				
300				
350				
400				
450				
500				

Běžatčebný křítat	
3. min.	
5. min.	
7. min.	
20. min.	



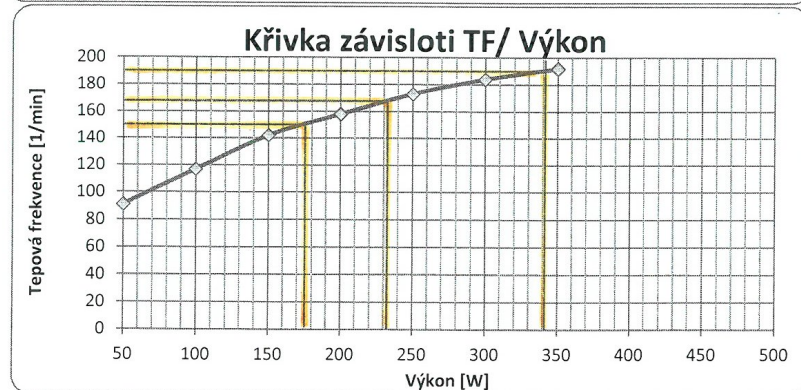
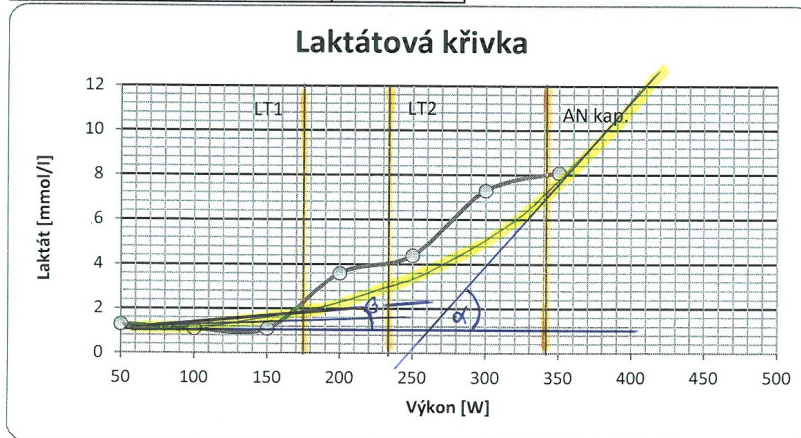
Příloha B – Výsledný protokol vyšetření LA křivky na bicyklovém ergometru

Vyšetření laktátové křivky na bicyklovém ergometru

Jméno: XXX Datum: 31.7.2012
 Datum narození: 4.5.1990 Výška: 189,1 cm
 Rekreačně cyklistika Váha: 82,4 kg

Výkon [W]	LA [mmol/l]	TF [1/min]	Věk	22
50	1,3	91	maxTF	192
100	1,1	117		
150	1,1	142		
200	3,6	158		
250	4,4	173		
300	7,3	184		
350	8,1	192		
400				
450				
500				

W TF %TFmax
 LT1: 145 150 48%
 LT2: 233 169 88%
 ANA kapacita:
 340 190 98%



Příloha C – Výsledný protokol vyšetření LA křivky na běžeckém páse

Vyšetření laktátové křivky na běžeckém páse

Jméno: XXX Datum: 31.7.2012
 Datum narození: 9.10.1985 Výška: 189,6 cm
 Sport: Aktivní sportovec Váha: 86,2

v [km/h]	LA [mmol/l]	TF [1/min]	Věk	26
6	2,1	149	maxTF	195
8	2,1	161		
10	2,3	172		
12	1	185		
14	5,6	199		
16	8,3	195		
18				
20				
22				
24				

LT1: 8,4 163 83 %
LT2: 12,3 184 94 %
ANA kapacita: 15,3 193 99 %

