

## **B. Olbracht VĚDA O VÍTĚZSTVÍ** **plánování, periodizace a optimalizace sportovního tréninku**

### Kapitola 3

## **Metabolické pochody v organismu během plavání**

### Aerobní a anaerobní metabolismus: popis a význam pro plavecký trénink

Kapacita výkonu svalů v lidském těle je určena množstvím energie, která je pro svalovou práci k dispozici. Čím více energie je k dispozici za jednu sekundu, tím tvrději (intenzivněji) mohou svaly pracovat. Jestliže je z nějakého důvodu k dispozici méně energie, intenzita svalové činnosti se sníží a přinutí plavce zpomalit.

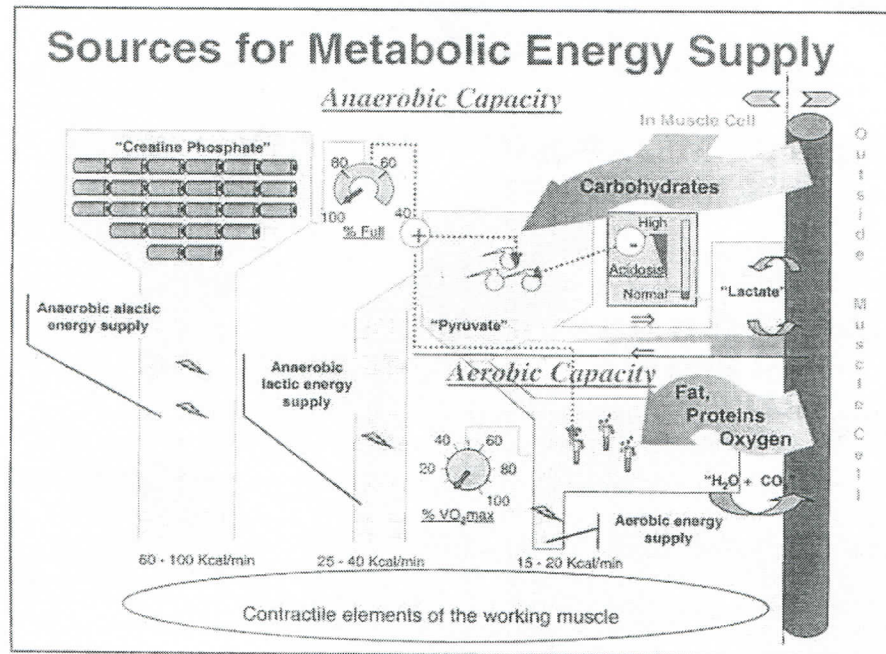
Energie je vytvářena ve svalových buňkách a je transportována do pracujících svalů prostřednictvím ATP (adenosintrifosfát). Pracující sval zužitkuje energii transportovanou ATP a tím přemění ATP na energeticky chudý ADP (adenosindifosfát) nebo AMP (adenosinmonofosfát).

ATP je ve svalu přítomen jen ve velmi malém množství (5,5 mmol/kg svalu, Dawson 1983) a proto musí být doplňován během cvičení. Jestliže toto doplňování neproběhne, sval velmi rychle pocítí deficit energie, který nutí plavce přerušit nebo snížit intenzitu cvičení až do doby, než bude opět k dispozici dostatečné množství energie.

Existují tři různé biochemické procesy, které mohou znovu přeměnit energeticky chudý ADP na energeticky bohatý ATP (refosforylace ATP), (obrázek 13). Dva z těchto procesů mohou proběhnout bez přítomnosti kyslíku a jsou proto nazývány anaerobní metabolické systémy. Jeden z nich je anaerobní alaktátový systém produkce energie a druhý se nazývá anaerobní laktátový systém produkce energie. Třetí reakce potřebuje pro výrobu energeticky bohatého ATP kyslík. Tento proces je nazýván aerobní metabolický systém.

- Obrázek č.13 : Schématické vyjádření tří systémů produkujících energii pro přeměnu na energeticky bohatý ATP.

### Zdroje dodávání energie pro metabolické pochody v organismu



*Anaerobic capacity = anaerobní kapacita*

*Aerobic capacity = aerobní kapacita*

*Anaerobic alactic energy supply = anaerobní alaktátový zdroj energie*

*Anaerobní lactic energy supply = anaerobní laktátový zdroj energie*

*Aerobic energy supply = aerobní zdroj energie*

*In muscle cell = ve svalové buňce*

*Outside muscle cell = vně svalové buňky*

*Fat, proteins, oxygen = tuk, protein, kyslík*

*contractile elements of working muscle = smršťující se částice pracujících svalů*

Z pohledu zaměřeného čistě na metabolické pochody v těle plavce (tedy neposuzujeme-li se vliv techniky a tělesné stavby plavce) je zaplávání nejlepšího času přímo úměrné celkové energii ( $E_{Tot}$ ) dodávané třemi zdroji energie.

$$E_{Tot} = E_{Al} + E_{La} + E_{O2}$$

$E_{Al}$  = anaerobní alaktátová energie

$E_{La}$  = anaerobní laktátová energie

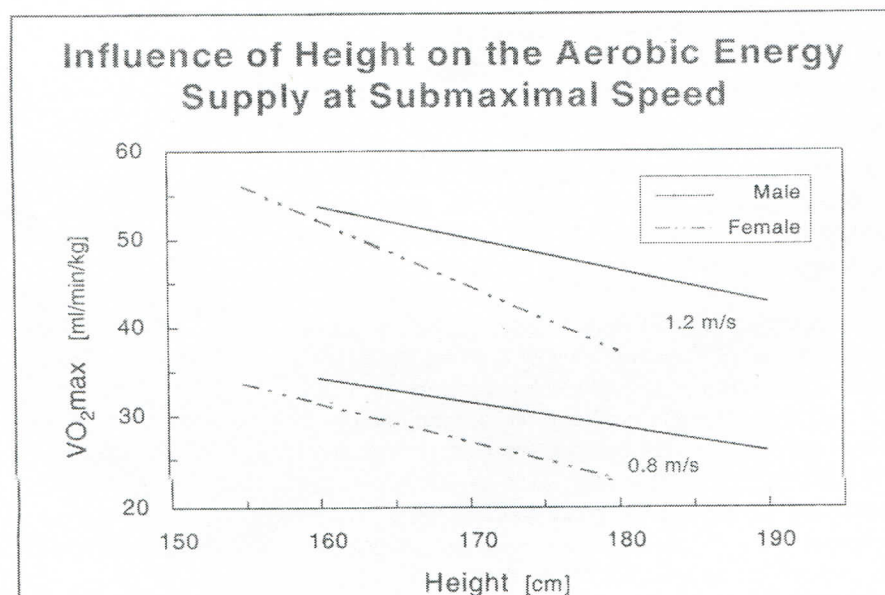
$E_{O2}$  = aerobní energie

Z toho vyplývá, že čím více energie mohou tyto tři energetické systémy dodat za jednu sekundu, tím lepší bude dosažený výkon v závodě. Je nutné poznamenat, že nejvyšší možná

celková energie ( $E_{tot}$ ) se nezíská automaticky maximalizováním produkce energie každé ze tří složek, ze kterých se skládá. K dosažení maximální celkové hodnoty energie ( $E_{tot}$ ) se musí trénovat a zlepšovat každý ze tří systémů tak, aby neovlivňoval ostatní dva systémy tvořící energii.

Musí se však také vzít v úvahu, že plavec s lepší technikou a lepšími tělesnými proporcemi (jako např. tělesná výška) dosáhne lepšího výsledného času při využití stejného množství energie. Experimentálně bylo například prokázáno, že čím vyšší je plavec, tím méně je zapotřebí pro danou rychlost aerobní energie.

- Obrázek č.14: Vliv tělesné výšky na vztah mezi rychlostí a dodávkou aerobní energie potřebné pro dosažení submaximální rychlosti (Madsen 1982)



Nesmíme však zapomínat na fakt, že při jakémkoli úsilí, vyvinutém při plavání, se aktivují všechny tři energetické systémy. I velmi krátké sprinty na 15 – 20 metrů, které jsou často považovány za čistě anaerobně alaktátový výkon, stimulují také zbývající dva energetické systémy. Podíl, kterým přispívá každý ze tří systémů, je různý pro různé typy cvičení a závisí na:

- době trvání zatížení
- intenzitě zatížení
- odpočinku mezi jednotlivými opakováními

Aby byl trénink efektivní, je zapotřebí zlepšovat všechny tři energetické systémy a to s ohledem na:

- jejich důležitost a vliv na závodní disciplínu

- plavcovu individuální trénovatelnost jednotlivých systémů

To znamená, že v tomto případě neplatí „čím více tím lépe“. Například, jestliže vytrvalec příliš mnoho trénuje svoji anaerobní kapacitu ( rozklad glykogenu na puryvat) v porovnání s aerobní kapacitou, nebo jestliže rychle reaguje na anaerobní trénink, bude přínos jeho aerobní kapacity ve vytrvalostním závodě značně snížený. Proto plavec nikdy nebude schopen dosáhnout ve vytrvaleckém závodě nejlepší možný výkon, kterého by byl schopen vzhledem k úrovni své aerobní kapacity.

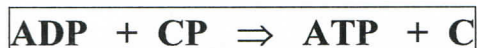
Pro dosažení co nejlepšího výsledku v závodě je proto nutné požadované kapacity aerobního a anaerobního energetického systému vyvážit. Tímto procesem doladění (fine-tuning), který je zejména důležitý v předzávodním tréninkovém období, se budeme zabývat později .

Následující část bude detailně popisovat význam, důležitost a trénovatelnost jednotlivých třech energetických systémů. Je však důležité stále mít na paměti, že výkonnost v závodě nezávisí **POUZE** na trénovanosti. Není-li dostatečně vyvinuta technika nebo mentální schopnosti, bude výsledek v závodě omezený i přes vysokou hodnotu celkové energie ( $E_{tot}$ ). Dokonalá přeměna „vnitřní energie“ ( $E_{tot}$ ) na „vnější energii“, tedy mechanická energie, která vytváří plaveckou rychlost (= funkci propulzních sil, které překonávají odpor vody) je velmi důležitá a u špičkového plavce bude rozhodovat o výhře či porážce. Proto musí být obě složky - **technika i kondiční schopnosti - trénovány rovnocenně.**

## **Produkce anaerobní alaktátové energie (kreatinfosfátový systém)**

### Popis

Jak bylo zmíněno v předcházející části článku, ATP může být vytvářen různými způsoby. Jedním ze způsobů tvorby energeticky bohatého ATP je přesun jednoho fosfátu (P) z kreatinfosfátu (CP) přímo do energeticky chudého ADP. Tímto způsobem se tedy získá energeticky bohatý ATP a z kreatinfosfátu zůstává pouze kreatin (C) jako odpadní produkt. Během tohoto procesu není tvořen žádný laktát a není zapotřebí přísun kyslíku. Proto se tento proces nazývá **anaerobní alaktátový energetický systém.**



V porovnání s ostatními dvěma energetickými systémy anaerobní alaktátový systém nebo-li též kreatinfosfátový systém:

- dodává energii okamžitě
- produkuje nejvíce energie za jednu sekundu ( 60 – 100 Kcal/ min nebo 250 – 420 Kj/ min , R. Guillet 1980)
- je schopen maximálního výkonu pouze několik sekund.

Tento systém dodávání energie je podobný principu, na jakém pracují baterie. Okamžitě, jakmile jsou uvedeny v činnost, baterie produkují energii. Čím více energie je zapotřebí, tím dříve se baterie vybije. Zbytkový produkt - tedy kreatin či v tomto příkladu prázdná, vybitá baterie - je po dokončení činnosti opět možné dobít.

### **Význam pro plavání**

Tento systém produkce energie je velmi důležitý zejména pro krátká explozivní zatížení jako jsou například sprinty nebo starty, které vyžadují explozivní přísun energie. Protože obsah kreatinfosfátu ve svalech je omezený, může dodávat energii pouze po dobu několika sekund a poměrně rychle je nezbytné přejít na jiný systém produkce energie. V průměru má jedinec k dispozici mezi 11 a 23 mmol kreatinfosfátu na kilogram svalové hmoty ( Dawson 1983, Di Prampero 1981), což představuje dostatek energie pro udržení maximálního úsilí po dobu asi 4 sekund.

Ale nízká rychlost při sprintech většinou není následkem nedostatku kreatinfosfátu ve svalech. Ve většině případů je příčinou nedostatek síly, koordinace a špatná technika.

### **Trénovatelnost (nízká)**

Dodávání kreatinfosfátu závisí na množství svalové hmoty a typu svalových vláken. Rychlá svalová vlákna obsahují více kreatinfosfátu než pomalá svalová vlákna ( rychlá vlákna =  $22.0 \pm 2.0$  a pomalá vlákna =  $13.2 \pm 1.3$  mmol/kg , Meyer 1982). Velké množství rychlých svalových vláken na jeden kilogram svalové hmoty proto zajišťuje větší množství kreatinfosfátu na kg celkového množství svalové hmoty.

Velkou otázkou stále zůstává, do jaké míry může trénink změnit proporční změnu mezi pomalými a rychlými svalovými vlákny. Je známo, že typ svalových vláken je určen maximální frekvencí podnětů, které vyvolávají motorické neurony při fyzické námaze ve svalu ( Freund 1983, Staron 1997, Stephens 1977 ). Rychlá svalová vlákna mají motorické neurony, které stimulují svaly vysokou frekvencí zatímco motorické neurony pomalých svalových vláken setrvávají ve frekvencích pomalejších.

Vysílání vysokých frekvencí nervových podnětů do svalu pomocí elektrostimulace může v průběhu několika týdnů přeměnit pomalá svalová vlákna na rychlá svalová vlákna ( Bacou 1996, Berjot 1998, Buchthal 1980). Je ale nutné poznamenat, že jakmile se tato nově vytvořená rychlá svalová vlákna vrátí zpět pod kontrolu svých původních motorických neuronů, které mohou vysílat pouze stimulační impulsy o nízkých frekvencích, přetvářejí se opět na vlákna pomalá. Navíc, vzhledem k tomu, že většina motorických neuronů může měnit danou frekvenci jen velmi zřídka, „nově vytvořená rychlá svalová vlákna“ nevyužijí svoje nově nabyté schopnosti ( např. výbušnost atd. ) a po čase se opět přemění na vlákna pomalá.

Existuje jen malé procento motorických neuronů, které lze úspěšně trénovat, aby změnilo svoji maximální stimulační frekvenci. Jestliže chceme zvýšit zásoby kreatinfosfátu, je nutné se spoléhat na podskupinu rychlých svalových vláken ( rychlých oxidativních svalových vláken - neboli těch rychlých svalových vláken, která využívají kyslík), která mohou být tímto malým procentem motorických neuronů stimulována.

Další možností, jak zvýšit zásoby kreatinfosfátu, je zvýšit množství svalové hmoty. Ale protože se nemění poměr mezi rychlými a pomalými svalovými vlákny, nemění se také množství kreatinfosfátu v přepočtu na kilogram svalové hmoty a výsledkem je pouze velmi malé zlepšení. Zlepšení výkonnosti díky nárůstu svalové hmoty je proto spíše připisováno zlepšení silových schopností plavce, které jsou potom ve vodě využity k dosažení vyšší rychlosti. Tohoto zlepšení však může být dosaženo pouze tehdy, jestliže nevýhody spojené s nárůstem svalové hmoty nepřeváží nad nárůstem síly.

## **Anaerobní laktátová produkce energie**

### Popis

Jakmile už dále nemůže být ADP pomocí kreatinfosfátu přetvářen na ATP, je k dispozici stále více a více energeticky chudého ADP. Tyto molekuly ADP budou aktivovat dva zbývající systémy pro dodávání energie.

Prvním systémem, který přichází na řadu a přeměňuje bez přísunu kyslíku (anaerobně) energeticky chudý ADP na energeticky bohatý ATP, je anaerobní laktátový systém.

V počáteční fázi je glykogen ( polysacharid, který je uložen v játrech a ve svalech ) rozložen na pyruvát. Uvolněním každého pyruvátu je vyprodukováno velmi málo energie ( používané na tvorbu ATP ). Protože však tento proces probíhá velmi rychle a současně v mnoha oblastech, je celkové množství takto vytvořené energie za jednu vteřinu značné ( nižší než energie vyprodukováná anaerobním alaktátovým systémem, ale mnohem vyšší než

v aerobním systému tvorby energie). Glykogen je jediným „palivem“, které může být pro tento proces použito a proto je tento proces nazýván glykolýzou (z řeckého slova „lysis“ = rozložit).

Ve druhé fázi dochází k nahromadění pyruvátu – jestliže není k dispozici dostatečné množství kyslíku, které by tomuto nahromadění zabránilo. Toto nahromadění nepřímo zpomalí průběh glykolýzy ( počáteční fáze celého procesu ). Aby se tomu předešlo je pyruvát přeměněn na laktát. Protože se v tomto anaerobním procesu vytváří laktát, nazývá se celý proces anaerobní laktátový systém.

Fáze 1 : **Glykogen + ADP  $\Rightarrow$  ATP + pyruvát** (= glykolýza)

Fáze 2 : **Pyruvát  $\Leftrightarrow$  laktát**

Tento vzorec pouze popisuje biochemické reakce bez ohledu na množství výsledných produktů

Obě fáze anaerobního laktátového energetického systému jako celek:

- vytvářejí energii téměř okamžitě
- vytvářejí při vyšších stupních aktivity kromě energie také laktát
- vytvářejí v přepočtu na jednu vteřinu méně energie než kreatinfosfátový systém, ale více energie za vteřinu než aerobní systém ( asi 2-3x rychlejší produkce energie než aerobní systém )
- mohou být oslabeny, jestliže se vyčerpají zásoby glykogeny při dlouhotrvajícím úsilí nebo při vysoko objemovém tréninku,
- jsou uváděny v chod pouze glykogenem / uhlohydráty

Na rozdíl od kreatinfosfátového systému dodávky energie, který nemá žádný negativní vliv na dva zbývající energetické systémy, vede produkce laktátu k acidóze, která jestliže dosáhne vysokého stupně, výrazně brání další produkci energie. Acidóza zablokuje aktivitu důležitých enzymů, které umožňují průběh glykolýzy a tím i přísun energie vytvořené glykolýzou. Plavec proto nemá potřebné množství energie, aby pokračoval v zátěži se stejným úsilím, a je nucen zpomalit.

Acidóza silně závisí na rychlosti (= množství za sekundu), jakým je pyruvát přeměňován na laktát. Při nízké rychlosti této přeměny může být acidóza snadno neutralizována pufrovací kapacitou svalových buněk. Při vysokém stupni této přeměny však již nebude pufrovací kapacita buněk schopna acidóze čelit a hodnota pH ve svaích bude

klesat. V tomto stádiu se acidóza již stává tak silná, že bude výrazně snižovat průběh glykolýzy a proto i produkci energie dodávané tímto energetickým systémem.

Z obrázku č. 13. je zřejmé, že existují dva možné důvody pro přebytek pyruvátu, který způsobuje vysokou rychlost přeměny na laktát:

1. pyruvát není dostatečně eliminován oxidací, protože aerobní energetický systém je nedostatečně vyvinutý
2. produkce pyruvátu je extrémně vysoká

Dále obr. 13 vysvětluje, že vysoká schopnost tvořit pyruvát (= anaerobní kapacita) nemá žádné výhody, jestliže je kapacita aerobního energetického systému využívat pyruvát (aerobní kapacita) příliš nízká. V takovém případě dosáhne sportovec velmi rychle a dokonce i při nízkém stupni glykolýzy vysokého nahromadění pyruvátu, který se bude dokonce i při pomalé rychlosti plavání měnit na laktát, což povede k vysoké acidóze.

Proto je nutné opakovaně zdůraznit, že **pro dosažení nejlepšího možného výkonu v závodě musí být aerobní i anaerobní kapacita dobře vyvážená. Představa „čím více, tím lépe“ v případě anaerobní kapacity neplatí.**

### Význam pro plavání

Anaerobní laktátový energetický systém může být považován za systém výpomocný: tento systém doplňuje energii, jestliže jí tělo má nedostatek, aby pokračovalo v intenzitě cvičení. Procento energie, kterým přispívá anaerobní laktátový systém, je z velké míry ovlivněno dobou trvání maximálního úsilí.

Čím delší je délka závodní tratě, tím více se musí plavec mít na pozoru, aby v jeho těle nedošlo k acidóze, která zpomalí další uvolňování energie. Plavec je proto nucen používat svůj anaerobní laktátový systém dodávky energie v malé míře, aby se vyvaroval snížení dodávky energie / plavecké rychlosti v závodě. U krátkých závodních disciplín může „kolaps“ dodávky energie / plavecké rychlosti nastat dříve, ale nemělo by se to přihodit před koncem závodu. Proto může sprinter využívat svůj systém anaerobní laktátové dodávky energie mnohem více bez rizika zhroucení systému během závodu.

V závodě na 100 metrů nebude mít rychlý plavec problém s nástupem acidózy, která by omezila další dodávku energie, jestliže nastane po 50 vteřinách. Ale jestliže je tentýž plavec laktátový systém využíván stejnou intenzitou ve 200 m disciplíně, nastane „kolaps“ jeho dodávky energie / plavecké rychlosti příliš brzy a způsobuje plavci velké těžkosti v druhé polovině závodu (plavec vždycky „umře“, než doplave do cíle).



Je proto velkým uměním zvolit v závodě takovou rychlost, která zapojí anaerobní laktátový systém co možná nejvíc, ale aby nedošlo k předčasné acidóze, která by zpomalila uvolňování energie před ukončením závodu.

Čím delší je délka trati, tím méně je plavec schopen svůj anaerobní laktátový systém využívat. Proto čím delší je závodní trať, na kterou se plavec připravuje, tím méně je potřeba tento systém u tohoto plavce rozvíjet. Toto však neznamená, že plavec vytrvalec nepotřebuje rozvíjet svůj anaerobní laktátový systém. Výzkumy totiž dokazují (obrázek 20), že špičkoví vytrvalci využívají systém laktátové dodávky energie lépe než vytrvalci průměrní. Ale, čím kratší je délka závodní trati, tím je pro plavce důležitější vyvinout silnou anaerobní laktátovou kapacitu, a tím více času je proto nutné věnovat vybudování anaerobní kapacity.

### **Trénovatelnost** (střední)

Zásadním krokem pro zvýšení anaerobní laktátové dodávky energie je zlepšení kapacity vyrábět pyruvát. Tato kapacita se nazývá „anaerobní kapacita“. Může se zdát zvláštní, že anaerobní alaktátovou dodávku energie nezařazujeme do anaerobní kapacity. Protože ale trénovatelnost anaerobního alaktátového systému je velmi omezená a protože jeho přínos pro závod je malý až velmi malý (snad s výjimkou sprintu na 50 metrů), z praktických důvodů používáme pojem „anaerobní kapacita“ pro plavcovu schopnost produkovat pyruvát.

Protože přeměna z pyruvátu na laktát a obráceně probíhá velmi rychle, bývá poměr mezi koncentrací laktátu a pyruvátu ve svalech uváděn jako 1:1. Proto je možné najít v odborné literatuře to, co nazýváme „produkcí pyruvátu“ pod hlavičkou „produkce laktátu“. Dále, jednotka anaerobní kapacity je vyjádřena v „mmol laktátu na litr za sekundu“ místo „mmol pyruvátu na litr za sekundu“. Tyto fakty se mohou zdát matoucí, ale v podstatě je to velmi prosté, neboť tyto dva prvky jsou navzájem svými protějšky a doplňky. V této knize je pojem „anaerobní kapacita“ používán pro kapacitu produkce pyruvátu a vzhledem k poměru laktátu a pyruvátu 1:1, je podle toho vyjadřován v jednotce mmol laktátu na litr za sekundu.

Jak jsme se již zmínili, nejzávažnějším krokem pro zlepšení anaerobního laktátového systému produkce energie je zlepšení anaerobní kapacity. Tato kapacita je dokonce ještě důležitější, jestliže se zvýší plavcova aerobní kapacita. Zvýšení aerobní kapacity totiž odstraní více pyruvátu, a proto je zapotřebí zvýšení jeho produkce (zlepšení anaerobní kapacity), aby se dosáhlo určité koncentrace laktátu v krvi po cvičení. Zjistili jsme, že pro dosažení hladiny

4 mmol/l laktátu v krvi, vyprodukuje dobře vytrvalostně trénovaný plavec světové úrovně asi o 20- 25% více pyruvátu než plavec průměrný (obrázek č. 53).

Úroveň anaerobní kapacity je velmi rozdílná pro různé plavce. Podíl různých typů svalových vláken u sportovců velmi výrazně určuje jejich anaerobní kapacitu. Rychlá svalová vlákna vykazují vyšší glykolytickou aktivitu a mohou produkovat mnohem více laktátové energie než pomalá svalová vlákna. Sportovec s proporcionálně vyšším poměrem rychlých svalových vláken je proto schopen dosáhnout vyšší anaerobní kapacity a produkovat více laktátu / pyruvátu než sportovec s převážně pomalými svalovými vlákny.

Protože trénink může ovlivnit původní poměr mezi rychlými a pomalými svalovými vlákny jen velmi omezeně, věřilo se až donedávna, že:

- anaerobní kapacita může být zlepšena jen nepatrně
- jediným přínosem anaerobních tréninků je dosažení vysokých hodnot krevního laktátu v závodech (trénink anaerobního výkonu)

Nové studie však dokazují, že někteří plavci dosáhli během několika let ohromujícího zlepšení anaerobní kapacity. Tito plavci byli poprvé testováni ve věku 17 a více let a sledováni 4 roky. Během této doby byl jejich trénink systematicky upravován tak, aby se stimulovalo zvýšení jejich anaerobní kapacity.

Přestože trvá roky než selepší anaerobní kapacita, její snížení může snadno nastat v krátkém čase. Jeden až dva týdny vysoce objemového tréninku, který se skládá téměř výlučně z dlouhých, extenzivních vytrvalostních sérií s nízkou intenzitou, potlačí plavcovu anaerobní kapacitu. Plavec ztratí výbušnost a schopnost zrychlovat během závodů delších než 50 metrů. Výkony u krátkých, 25-metrových sprintů, zůstávají zpravidla stejné. Jestliže jsou výsledné časy těchto krátkých sprintů pomalejší, je to spíše důsledek zhoršení plavecké techniky, svalové síly nebo neuromuskulární trénovanosti než vlivem snížené anaerobní laktátové kapacity. Anaerobní kapacita se může vrátit do původního stavu tréninkem anaerobní kapacity.

Po absolvování dlouhého a extrémně extenzivního tréninkového období má plavec často těžkosti dokončit a tolerovat krátké intenzivní úseky. Laktátové testy vykazují zvýšení rychlosti při nízkých koncentracích laktátu, ale hodnoty laktátu po závodech se oproti normálu výrazně sníží. Výkony na kratších tratích jsou proto většinou velmi neuspokojivé. Simulací lze prokázat, že rychlejší plavání s nízkými koncentracemi laktátu není důsledkem zlepšení vytrvalosti, ale spíše snížením schopnosti produkovat laktát, tedy snížením anaerobní kapacity.

Podobné snížení anaerobní kapacity může nastat, jestliže plavec trénuje anaerobně příliš často a příliš dlouho ( velký objem sérií ). Toto je způsobeno spíše nedostatkem odpočinku pro dosažení super-kompenzace než nesprávnou volbou intenzity. V tomto případě plavec často ztrácí také svoji aerobní kapacitu, ale po krátkém období odpočinku (1 až 2 týdny) se aerobní i anaerobní kapacita vrátí na svoji původní úroveň.

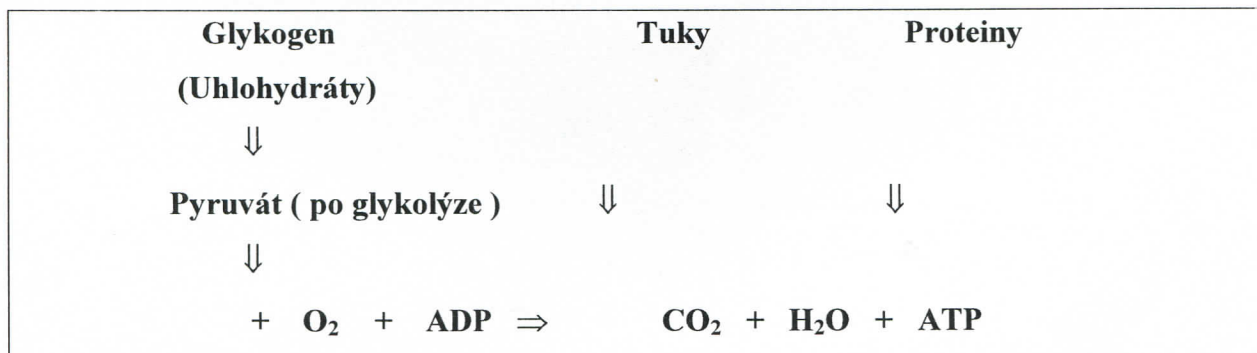
## Aerobní systém produkce energie

### Popis

Jakmile zvýšení energeticky chudého ADP aktivuje anaerobní systém produkce energie, je současně aktivován i aerobní systém. Jak napovídá slovo „aerobní“, tento proces probíhá za přítomnosti kyslíku O<sub>2</sub>.

Maximální množství energie zajišťované tímto aerobním energetickým systémem je úměrné maximální spotřebě kyslíku ( jinými slovy, maximálnímu využití kyslíku – VO<sub>2</sub>max). Plavcova maximální schopnost získávat energii tímto způsobem se nazývá aerobní kapacita.

Tuky a bílkoviny, stejně jako cukry ( zejména pyruvát pocházející z glykolýzy ) jsou používány jako palivo pro produkci nové energie, která se mění z ADP na ATP. Odpadními produkty tohoto procesu jsou kysličník uhličitý ( CO<sub>2</sub> ) a voda (H<sub>2</sub>O).



Vzorec popisuje pouze biochemické reakce bez ohledu na kvantitu jednotlivých složek

Specifickými charakteristikami tohoto systému jsou:

- omezená produkce energie v přepočtu na jednu sekundu v porovnání s dvěma anaerobními energetickými systémy ( 15 – 20 Kcal/min nebo 63-84 KJ/min, R. Guillet 1980 )
- dlouhotrvající uvolňování energie
- odpadní produkty nemají takřka žádný negativní vliv na další dva systémy produkce energie

- pomalý nástup tohoto systému než přispěje k maximální dodávce energie během fyzické aktivity ( 50 – 90 sekund v závislosti na intenzitě cvičení )

Všechny faktory, které mají vliv na transport kyslíku, mají také vliv na kapacitu aerobního systému produkovat energii. Proto je aerobní kapacita pozitivně ovlivněna:

- velmi rozsáhlou sítí kapilár ve svalu a v jeho okolí (sítě nejdrobnějších krevních céviček)
- zvýšenou hladinou hemoglobinu ( tj. zvýšený počet přenašečů kyslíku v krevním řečišti, standardní hodnoty jsou 14,5 mg% pro ženy a 15,5 mg% pro muže )
- zvýšeným srdečním výdejem ( tj. součin srdeční frekvence a tepového objemu )
- efektivnějším příjmem kyslíku do svalu pomocí myoglobinu

### Význam pro plavání

Výsledkem výše uvedených charakteristik je, že tento systém dodávání energie je velmi vhodný pro dlouhotrvající zátěž ( dodává energii po dlouhé časové období bez negativních odpadních produktů ). Čím lépe je aerobní systém vyvinut, tím více kyslíku může být využito a tím rychleji plavec plave během dlouhodobého zatížení. **Aerobní aktivita je proto hlavní faktor, který ovlivňuje výkon na dlouhých plaveckých tratích.**

Množství energie, které se uvolňuje aerobním systémem za jednu sekundu, nebude ale nikdy tak velké, jako množství energie uvolněné anaerobními systémy za stejnou časovou jednotku. Protože ale přísun energie zajišťovaný oběma anaerobními systémy při dlouhodobém úsilí výrazně slábne, není nikdy možné plavat během dlouhých tratí stejně rychle jako na kratších vzdálenostech.

➤ *Znamená to snad, že sprinter nepotřebuje dobře vyvinutý aerobní systém?*

Všeobecně se věří, že sprinteři nepotřebují stejnou maximální aerobní kapacitu jako plavci-vytrvalci. Ale nic není dále od pravdy ( snad s výjimkou 50-ti metrového sprintu ). **Sprinter musí mít stejně dobře vyvinutou aerobní kapacitu jako vytrvalec.** Tento fakt je potvrzen:

- experimentálními výzkumy, které srovnávají špičkové sprintery a špičkové vytrvalce

- simulačním programem, který naznačuje, že pro špičkový výkon je nutná aerobní i anaerobní kapacita.

Zde je možné poznamenat, že sprinter ( plavec na 100 metrů tratě ) je komplexnější plavec než vytrvalec. Sprinter světové úrovně totiž musí mít skvělou aerobní i skvělou anaerobní kapacitu, zatímco špičkový vytrvalec je schopen dosahovat světových výkonů se silnou aerobní kapacitou v kombinaci s poměrně slabší kapacitou anaerobní. Můžeme usuzovat, že čím lepší bude sprinterova aerobní kapacita, tím lepší výsledky v závodě může očekávat.

Existuje také další důvod, aby se plavci v jakékoliv disciplíně snažili dosáhnout co nejlepší aerobní kapacitu. Dobrá úroveň aerobní kapacity totiž urychluje regenerační proces mezi intenzivními tréninky. Pro trénink z toho vyplývá, že čím lépe je plavec schopen se zregenerovat po intenzivnějším tréninku, tím častěji je v tréninkovém cyklu schopen absolvovat specifické intenzivní série bez nebezpečí přetrénování. Při závodech pak rychlejší regenerace umožní tomuto plavci dosahovat několika špičkových výkonů v rozmezí několika dnů. Tento fakt je stále důležitější po zařazení semifinále mezi rozplavby a finále.

Dále vysoká aerobní kapacita urychluje:

- přeměnu kreatinu na kreatinfosfát ( tento proces nastává okamžitě po ukončení zátěže )
- odstranění laktátu

Plavec s dobře vyvinutou aerobní kapacitou bude odstraňovat laktát rychleji během zátěže i po jejím skončení.

**Zdůraznili jsme, že plavec s vyšší aerobní kapacitou během zátěže rychleji odstraňuje laktát. Proto stejné hodnoty laktátu ukazují na vyšší podíl anaerobního dodávání energie u plavců s vysokou aerobní kapacitou než u plavců s nižší vytrvalostní kapacitou.**

Toto zjištění je velmi důležité pro používání a interpretaci laktátových testů a pro určování tréninkových intenzit, tréninkových cílů a jednotlivých úprav v tréninku jednotlivce (viz. kapitola Krevní laktát).

Přesto ale návrat hladiny laktátu na klidovou hodnotu nemůže být zaměřován s kompletní regenerací. Stává se, že je zapotřebí mnoho jiných regeneračních procesů před tím, než můžeme hovořit o úplném zotavení. Proto například tuhost svalů několik dní po

vysoké zátěži není možné přičítat přetrvávání laktátu ve svalech, ale spíše nedokončené regeneraci biologických struktur.

**Aerobní energetický systém je důležitý pro dodávání energie a proto pro výkon na všech závodních tratích s výjimkou 50 metrového sprintu. Ale ještě důležitější je schopnost tohoto systému pozitivně ovlivňovat trénovatelnost a regenerační schopnosti sportovce. Plavec s vysokou aerobní kapacitou se zotavuje mnohem rychleji a je schopen absolvovat více objemových i intenzivních tréninků v jednom týdnu bez známek přetrénování. Dobrá aerobní kapacita také umožňuje plavci rychleji regenerovat mezi jednotlivými starty při závodech.**

### **Trénovatelnost (vysoká)**

Trénovatelnost aerobního energetického systému je největší ze všech tří energetických procesů. Biologické adaptace, které jdou ruku v ruce se zlepšením aerobní kapacity ( zvýšení maximálního příjmu kyslíku ), jsou velmi komplexní a probíhají velmi pomalu. Pro plánování tréninkového cyklu je proto nezbytné umožnit dostatek času pro vybudování aerobní kapacity ( alespoň 8 týdnů ).

Vybudování aerobní kapacity vyžaduje velké množství extenzivní práce. Protože anaerobní kapacita je velmi důležitým dodavatelem paliva pro aerobní energetický systém, je důležité udržovat anaerobní kapacitu na dostatečně vysoké úrovni. Příliš velký objem a příliš extenzivní tréninky (s nízkou intenzitou) mohou snížit anaerobní kapacitu až na úroveň, kdy již nedodává dostatek paliva z uhlohydrátů pro aerobní energetický systém. V takovém případě se rozkládají jiné druhy paliva (tuky a proteiny), které poskytují palivo pro aerobní energetický systém.

Pro dálkové plavce, kteří musí závodit v závodech trvajících déle než 1,5hodiny, může být velkou výhodou využití jiných zdrojů paliva než uhlohydrátů. Pro klasické vytrvalecké disciplíny ( do 1500 metrů ) není ale žádnou výhodou trénovat plavce pro přechod z uhlohydrátů na tuky či proteiny. To znamená, že pro tyto klasické disciplíny bude mimo dobře vyvinutou aerobní kapacitu vždy zapotřebí dostatečně dobře vyvinutá anaerobní kapacita. Proto, aby se zlepšila aerobní kapacita, je nutné, dokonce i v přípravném tréninkovém období, kombinovat krátké intenzivní tréninky a dlouhé extenzivní plavání.

Ze zkušenosti víme, že lze velmi snadno kombinovat trénink aerobní kapacity s tréninkem sprintu a s posilovacím tréninkem, který je zaměřen na zlepšení maximální síly.

Negativní vliv extenzivního (pomalého) vytrvalostního tréninku na maximální rychlost a výbušnost může být tímto postupem minimalizován a lze z velké části udržet frekvenci záběrů i rychlost.

Pro kontrolu úrovně anaerobní kapacity se doplňují laktátové hodnoty do simulačního programu, který vypočítává stav anaerobní kapacity. Snížení anaerobní kapacity mohou naznačovat i další postřehy jako je pokles plavcovy schopnosti sprintovat (max. 25 metrů) nebo snížení záběrové frekvence (což je důležité zejména u prsařů) i přes dostatečnou regeneraci po objemových trénincích.

## Metabolické pochody během odpočinku

Ve fázi odpočinku dodávají všechny tři energetické systémy energii nutnou pro život. V klidovém stavu spotřebuje člověk pouze malé množství kyslíku (200-300 ml/min). Nízké hodnoty laktátu (okolo 1 až 2 mmol/l) v období odpočinku ukazují, že anaerobním laktátovým metabolismem se produkuje pouze velmi malé množství energie.

Celé množství energie vyprodukované v klidu je potřebné pro práci srdce a plic, ale také pro obnovu a přetvoření buněčných součástí, aby zajistily dobrou funkci lidského organismu. Metabolická činnost zajišťující tuto energii se nazývá „klidový nebo bazální metabolismus“.

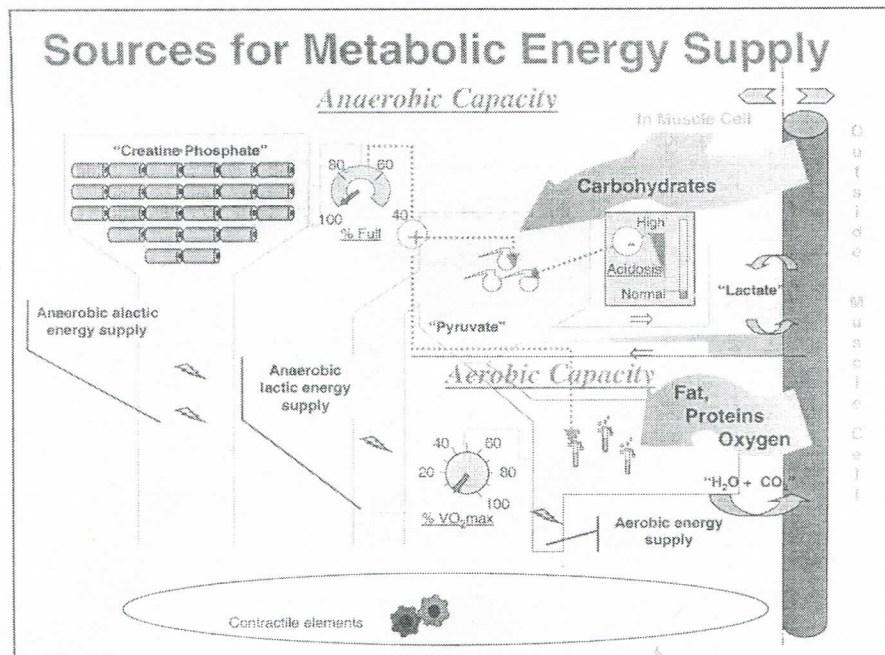
Kreatinfosfátový systém je plně nasycený a připravený dodat energii pro jakoukoli nadcházející aktivitu (obrázek 15).

## Zdroje dodávky energie pro metabolismus

### Obrázek č. 15

*V klidovém stavu tři systémy dodávky energie poskytují tolik energie, kolik člověk potřebuje, aby žil.*

*Nízkou aktivitu organismu představují malá ozubená kolečka zatímco nízkou produkci energie aerobního a anaerobního laktátového systému představuje počet malých Erlenmeyerových baněk (anaerobní laktátový systém) a zkumavek (aerobní systém). Počet nabitých baterií reprezentuje přeplněný kreatin fosfátový systém.*



*Anaerobic capacity = anaerobní kapacita*

*Aerobic capacity = aerobní kapacita*

*Anaerobic alactic energy supply = anaerobní alaktátový energetický systém*

*Anaerobic lactic energy supply = aerobní laktátový energetický systém*

*Aerobic energy supply = aerobní energetický systém*

*Carbohydrates, fat, proteins, oxygen = karbohydráty, tuk, proteiny, kyslík*

*In muscle cell = ve svalové buňce*

*Outside muscle cell = vně svalové buňky*

*contractile elements = smršťující se částice*

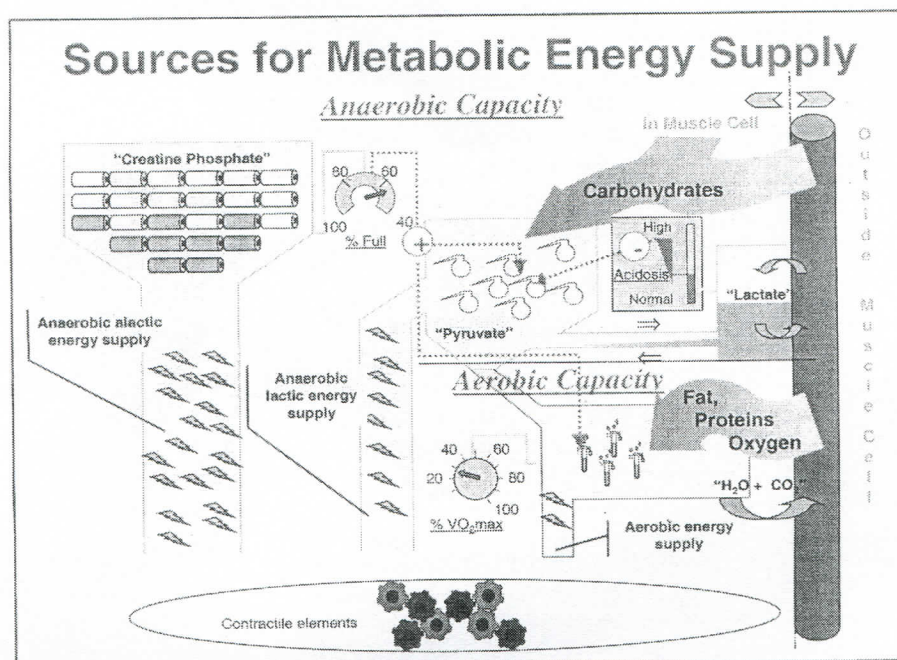
## Metabolická aktivita během závodu

Na začátku závodu je dodávka energie okamžitě pokryta anaerobním alaktátovým metabolismem (kreatinfosfátový systém = CP). Ještě před tím, než se tento energetický zdroj vyčerpá (stále je k dispozici 40 – 60% CP energie), je aktivován aerobní metabolismus (obrázek č. 16). Protože ale aerobní energetický systém má pomalý nástup, není schopen dodat energii potřebnou k udržení maximálního úsilí. Proto nastupuje třetí energetický systém- anaerobní laktátový metabolismus a v tom okamžiku se začne ve svaích hromadit laktát. Část tohoto laktátu je spalována aerobním systémem a přemění se v energii. Zbytek laktátu zůstává ve svaích nebo se postupně vyplavuje do krve, kde se zvýší koncentrace laktátu.



- Obrázek 16: Schematické zobrazení aktivace tří energetických systémů v okamžiku zahájení maximálního úsilí.

### Zdroje dodávky energie pro metabolismus



*Anaerobic capacity = anaerobní kapacita*

*Aerobic capacity = aerobní kapacita*

*Anaerobic alactic energy supply = anaerobní alaktátový energetický systém*

*Anaerobic lactic energy supply = aerobní laktátový energetický systém*

*Aerobic energy supply = aerobní energetický systém*

*Carbohydrates, fat, proteins, oxygen = karbohydráty, tuk, proteiny, kyslík*

*In muscle cell = ve svalové buňce*

*Outside muscle cell = vně svalové buňky*

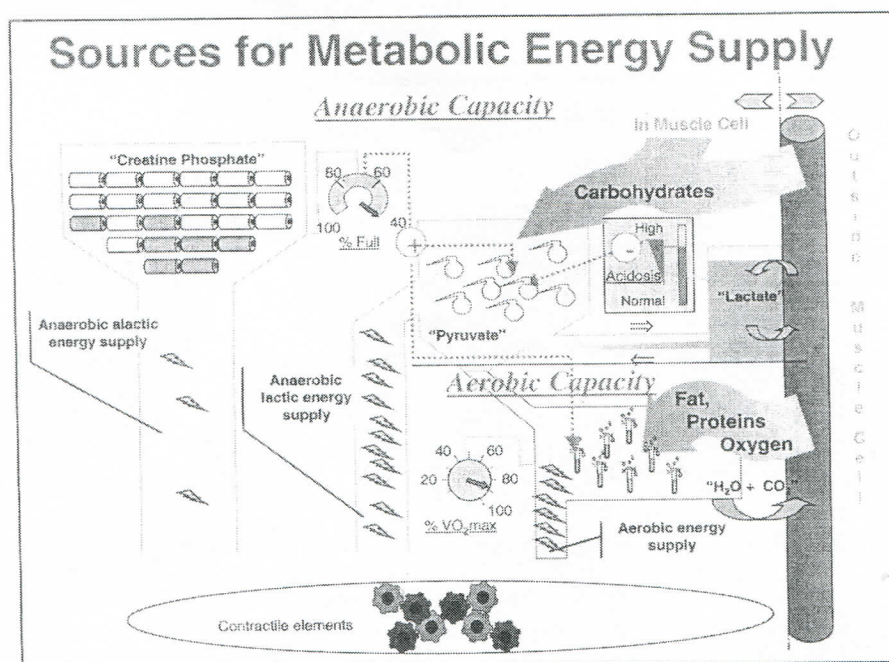
*contractile elements = smršťující se částice*

Intenzivní činnost laktátového systému způsobuje acidózu ve svalech. Aby se předešlo škodlivým důsledkům nadměrné acidózy, bude se činnost laktátového systému se zvětšující acidózou snižovat ( obrázek č. 17 ), čímž se bude snižovat i přísun energie a plavecká rychlost.

Aby se předešlo nadměrné acidóze a tím se minimalizoval prudký pokles rychlosti, je důležité, aby plavec vyrovnaně rozložil svoje úsilí do celé délky závodu. Délka trvání zátěže bude proto silně ovlivňovat příspěvek anaerobního laktátového systému.

- Obrázek 17: Schematické zobrazení aktivace tří energetických systémů v konečném stadiu maximálního úsilí.

### Zdroje dodávky energie pro metabolismus



Anaerobic capacity = anaerobní kapacita

Aerobic capacity = aerobní kapacita

Anaerobic alactic energy supply = anaerobní alaktátový energetický systém

Anaerobic lactic energy supply = aerobní laktátový energetický systém

Aerobic energy supply = aerobní energetický systém

Carbohydrates, fat, proteins, oxygen = karbohydráty, tuk, proteiny, kyslík

In muscle cell = ve svalové buňce

Outside muscle cell = vně svalové buňky

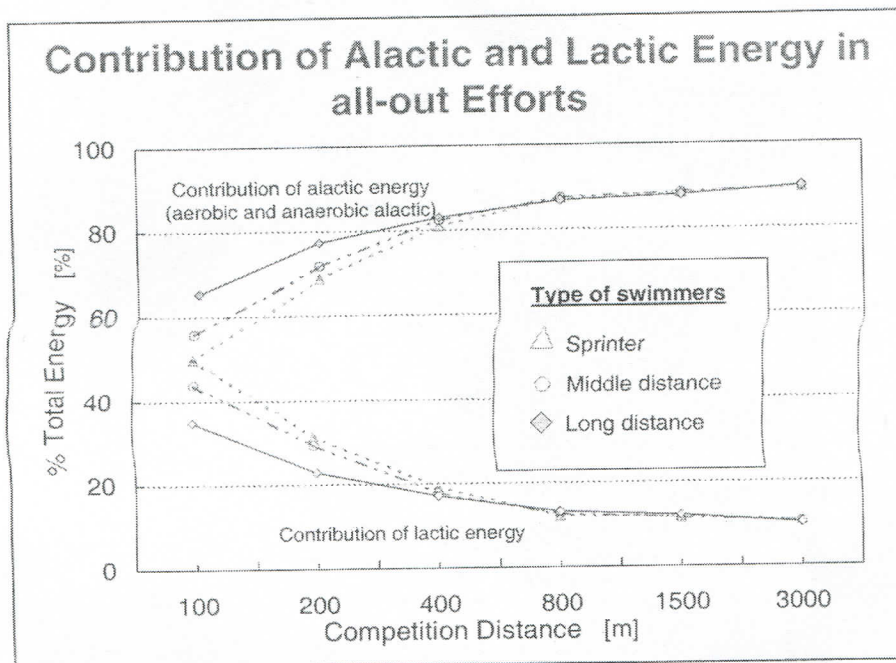
contractile elements = smršťující se částice

Odhaduje se, že pro sprintera při závodě na 100 metrů pochází asi 50% celkového přísunu energie z anaerobního laktátového systému ( obrázek 18 ). Zbývajících 50% se skládá z kreatinfosfátové a aerobní energie.

Na druhé straně u vytrvalců je příspěvek anaerobního laktátového systému menší a množství energie získané ze kreatinfosfátového a aerobního systému vzrůstá na 65%. Protože je však příspěvek kreatinfosfátového systému u výkonů trvajících více než 50 vteřin velmi malý, posun z 50% na 65% je dán převážně vyšším zapojením aerobního systému. Proto typ plavce (sprinter či vytrvalec), má vliv na procentuální zastoupení aerobní či anaerobní dodávky.

- *Obrázek č. 18: Příspěvek anaerobní laktátové (dole) a alaktátové / aerobní + anaerobní alaktátové/ dodávky energie během závodů od 50 do 1500 metrů pro sprintery, středotratře a vytrvalce (3000 metrů je maximální tréninkový test)*

### Příspěvek laktátové a alaktátové energie při maximálním úsilí



-Total energy % = Celková energie%

Competition distance = závodní trať

-Contribution of alactic energy( aerobic and anaerobic alactic) = příspěvek alaktátové energie ( aerobní a anaerobní alaktátová)

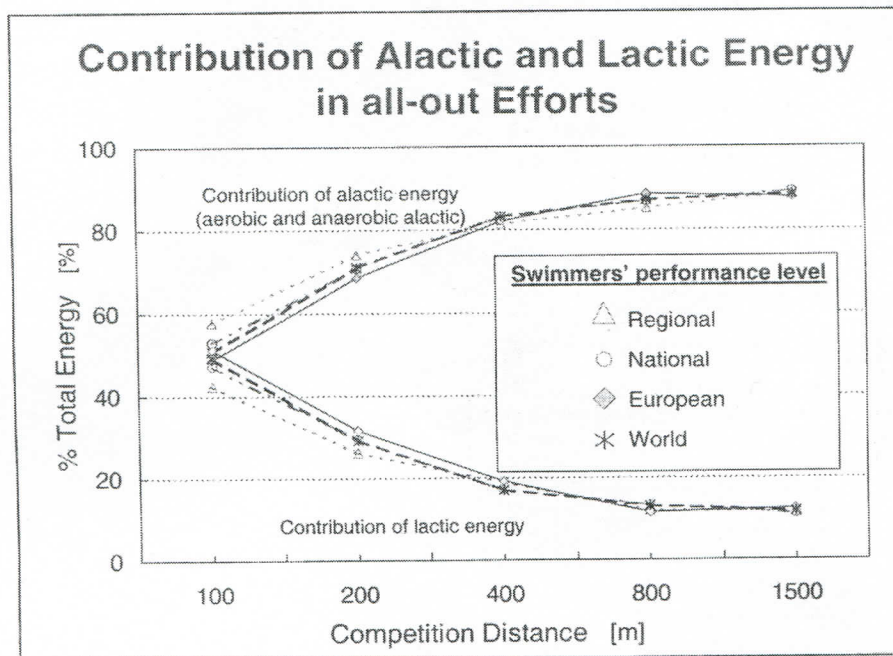
-Contribution of lactic energy = příspěvek laktátové energie

-Type of swimmers : sprinter, middle distance, long distance = typ plavce : sprinter, středotratěř, vytrvalec

Úroveň plavce – ( plavec mezinárodního kalibru jako protiklad plavci oblastní úrovně ) - nemá na druhé straně prakticky žádný vliv na procento alaktátové (aerobní + kreatinfosfátové) či laktátové dodávky energie během závodu ( obrázek č. 19 ).

- *Obrázek č. 19: Příspěvek anaerobní laktátové (dole) a alaktátové / aerobní + anaerobní alaktátové/ dodávky energie během závodů od 50 do 1500 metrů pro plavce oblastní, národní, evropské nebo světové úrovně.*

### **Příspěvek laktátové a alaktátové energie při maximálním úsilí**



-Total energy % = Celková energie%

Competition distance = závodní trať

-Contribution of alactic energy( aerobic and anaerobic alactic) = příspěvek alaktátové energie ( aerobní a anaerobní alaktátová)

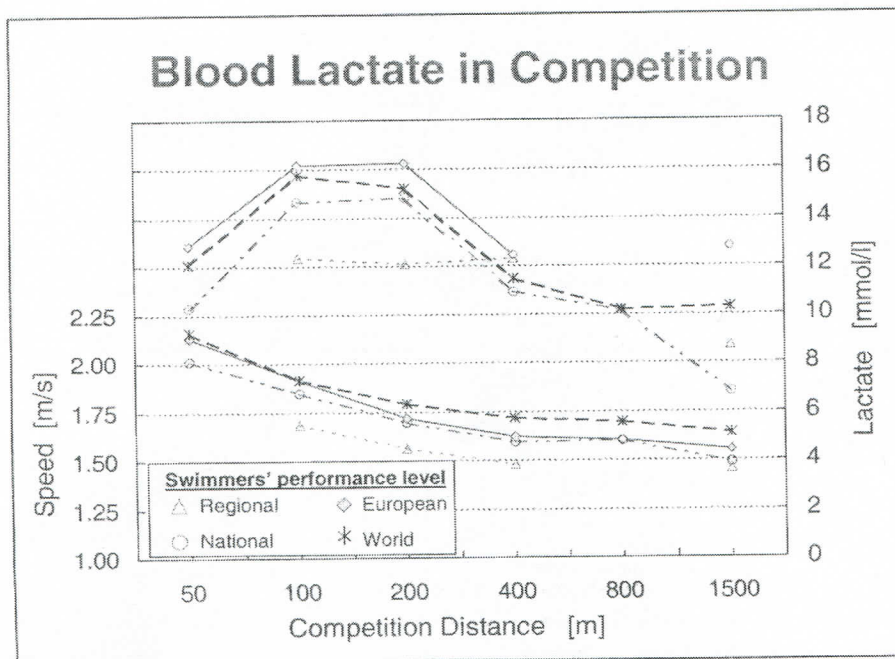
-contribution of lactic energy = příspěvek laktátové energie

-Swimmers performance level: regional, national, European, world = plavcova výkonostní úroveň: oblastní, národní, evropská, světová

Jak se zvyšuje délka trati, zvyšuje se také podíl aerobní energie, zatímco podíl energie dodané laktátovým systémem se zmenšuje. V závodech nad 800 metrů je podíl laktátové i alaktátové energie prakticky stejný pro sprintery i vytrvalce. Protože je rozdíl v alaktátové a laktátové dodávce energie v závodě na 800 metrů velmi malý, určí zvláštní příspěvek laktátové energie, kdo vyhraje a kdo prohraje. Proto plavci evropské a světové třídy dosahují nejvyšších laktátových hodnot dokonce i na dlouhých tratích ( obrázek 20 ).

- Obrázek č.20: Maximální koncentrace laktátu měřená v závodech od 50 do 1500 metrů, na které byli plavci regionální, národní, evropské či světové třídy speciálně připravováni.

### Krevní laktát v závodech



-Speed = rychlost

-Competition distance= závodní trať

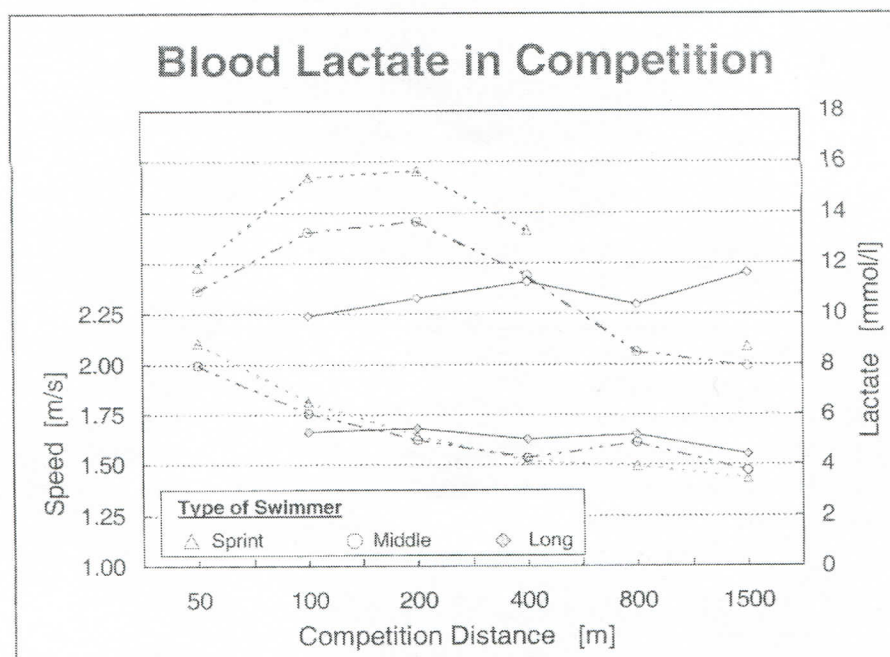
-Lactate= laktát

-Swimmers performance level: regional, national, European, world = plavcova výkonostní úroveň: oblastní, národní, evropská, světová

Dále, sprinteři dosahují na kratších tratích vyšších hodnot laktátu než středotratěři nebo vytrvalci ( obrázek 21 ). Jestliže sprinteři závodí na delších tratích, nejsou schopni déle vyváženě aktivovat svoje energetické systémy. Protože mají vysoce rozvinutou svoji anaerobní kapacitu, laktát se velmi rychle nahromadí ve svalech, což způsobí nadměrnou acidózu dokonce již při nízké úrovni jejich maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$  = aerobní kapacita ). Proto i při nízkém podílu jejich aerobní kapacity jsou nuceni zpomalit. Produkce pyruvátu ( anaerobní kapacita ) se zpomalí a přestože tato kapacita produkuje velké množství laktátu, budou mít sprinteři na konci delšího závodu nižší hodnotu laktátu než vytrvalci. Samozřejmě, aby předešli nadměrné acidóze, mohou tito sprinteři začít závod pomaleji, a potom dosáhnou stejných hodnot laktátu jako vytrvalci, ale potom by museli plavat na submaximálních úrovních obou (aerobní i anaerobní) kapacit, což jistě není vhodné pro dobrý výkon.

- Obrázek č.21: Maximální koncentrace laktátu měřená v závodech od 50 do 1500 metrů pro plavce sprintery, středotračaře a vytrvalce.

### Krevní laktát v závodě



-Speed = rychlost

-Competition distance= závodní trať

-Lactate= laktát

-Type of swimmer : sprint, middle, long = typ plavce : sprinter, středotračař, vytrvalec

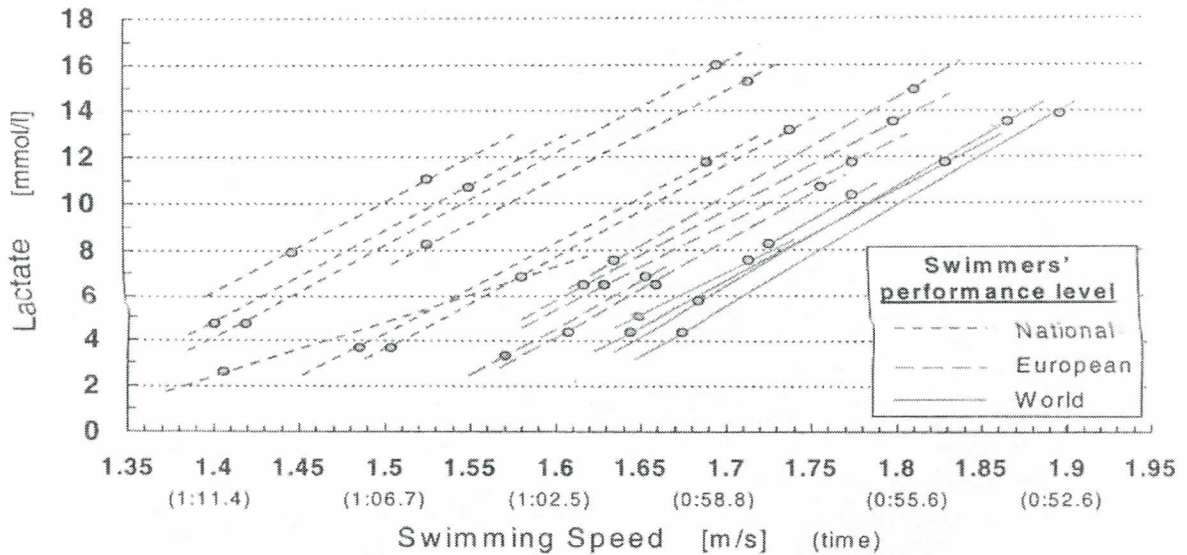
Protože je maximální koncentrace laktátu fyziologicky omezená, je extrémně důležité, aby byl plavec schopen plavat rychle i při nízkých koncentracích laktátu. S ohledem na metabolické schéma ( obrázek 13 ) to znamená, že musí být absorbováno více pyruvátu aerobním energetickým systémem namísto jeho přeměny na laktát. Tento princip je platný pro kratší ( obrázek 22 ) i delší ( obrázek 23 ) plavecké tratě.

Toto zdůrazňuje fakt, že v plavání má vytrvalost (= tedy silná aerobní kapacita –  $VO_{2max}$  ) velmi silný efekt na výsledek v závodě. Pro plavce vytrvalce se to zdá být jasné, ale stejný princip platí i pro sprintery.

- *Obrázek č. 22 : Plavci s nejlepšími závodními výsledky v tratích nad 100 metrů dosahují nejrychlejších časů při nízkých koncentracích laktátu*

### Laktátové křivky dvou - rychlostního testu 2 x 100 metrů

## Lactate Curves of the 2-Speed Test 2 x 100m



-Lactate = laktát

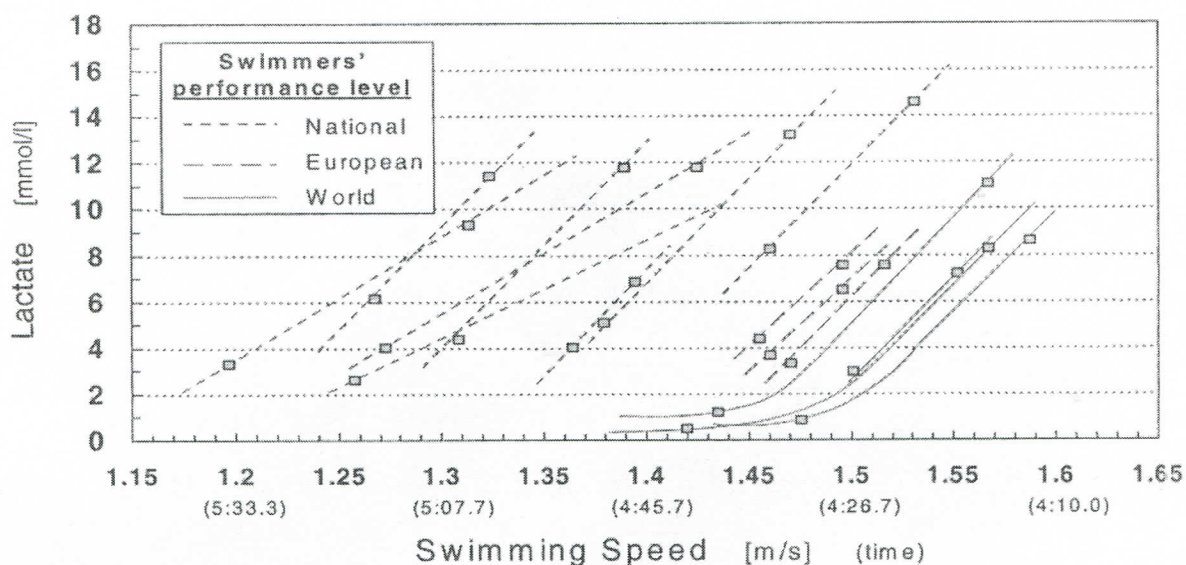
-Swimming speed = rychlost plavání

-Swimmers performance level: national, European, world = plavcova výkonostní úroveň: oblastní, národní, evropská, světová

- Obrázek č. 23 : Plavci s nejlepšími závodními výsledky v tratích nad 400 metrů dosahují nejrychlejších časů při nízkých koncentracích laktátu

### Laktátové křivky dvou- rychlostního testu 2 x 400 metrů

## Lactate Curves of the 2-Speed Test 2 x 400m



-Lactate = laktát

-Swimming speed = rychlost plavání

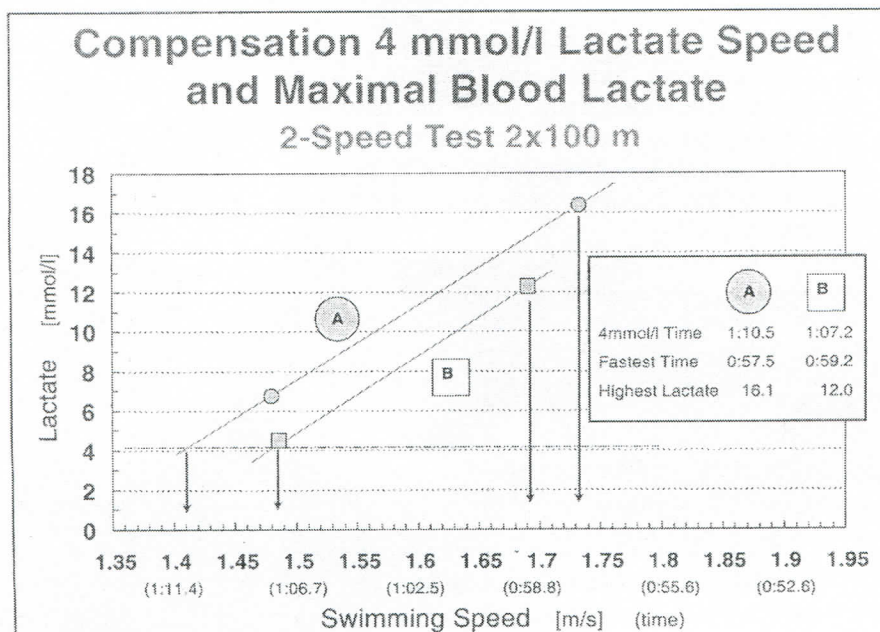
-Swimmers performance level: national, European, world = plavcova výkonnostní úroveň: oblastní, národní, evropská, světová

Výjimky z tohoto principu jsou možné, jestliže plavec dokáže kompenzovat svůj nedostatek vytrvalosti dosažením vyšších hodnot laktátu ( obrázek 24 ). Avšak tato kompenzace je limitována.



- *Obrázek 24: Plavec A dosáhne rychlejšího času při soutěži než plavec B, protože plavec A kompenzuje nižší plaveckou rychlost při nízkých hodnotách laktátu dosažením vyšší maximální hodnoty laktátu v závodě.*

### Kompensace rychlosti při laktátu 4 mmol/l a maximálního laktátu v krvi



- 4 mmol/l time = čas při laktátu 4 mmol/l
- Fastest time = nejrychlejší čas
- Highest lactate = nejvyšší hodnota laktátu

**Jako shrnutí všech těchto skutečností můžeme s jistotou tvrdit, že špičkové výkony na úrovni světové třídy jsou možné pouze za předpokladu, že plavec má:**

- vynikající aerobní (vytrvalostní) kapacitu, (tedy je schopen plavat rychle při nízkém laktátu a dosáhnout vysokého  $VO_{2max}$ )
- velmi silnou anaerobní kapacitu, (tedy je schopen produkovat velké množství pyruvátu/ laktátu)

Bylo by však velmi zjednodušené předpokládat, že úkolem trenéra je tedy pouze zvýšit plavcovu aerobní a anaerobní kapacitu. Aby bylo dosaženo co nejlepšího výsledku v závodě, musí být totiž obě kapacity vyvinuty přesně v tom správném poměru vzhledem k sobě.

### Příklady:

- Vytrvalec s příliš vysokou anaerobní kapacitou nemůže aktivovat svoji aerobní kapacitu (vytrvalost) na nejvyšší úroveň.

Výsledek: jeho aerobní výkon je slabý i přes dobrou hodnotu aerobní kapacity a v závodech bude dosahovat ve vytrvalostních disciplínách slabých výsledků.

- U sprintera s příliš nízkou aerobní kapacitou nastupuje acidóza rychleji a není proto schopen maximálně využít svoji anaerobní kapacitu.

Výsledek: jeho anaerobní výkon je slabý. Lepší aerobní kapacita by tomuto plavci umožnila spálit více pyruvátu místo jeho přeměny na laktát a tím by zpomalila nástup acidózy ve svalových buňkách. Se stejnou anaerobní ale vyšší aerobní kapacitou by byl schopen lépe využít svoji anaerobní kapacitu (= měl by lepší anaerobní výkon) a výsledkem by byl lepší výkon na krátkých tratích.

Upravení obou kapacit (aerobní i anaerobní), vzhledem k sobě (jejich sladění) je jedním z hlavních úkolů předzávodního tréninkového období. Aby ale bylo tohoto maximálního tréninkového efektu dosaženo, musí vzít trenér dále v úvahu:

- kvalitu plavecké techniky
- úroveň plavcovy vytrvalosti a výbušné síly

### Příklad:

Jestliže během předzávodního období trenér zjistí, že jeho svěřenec - prsař - ztrácí efektivitu záběru při vyšších záběrových frekvencích (problém techniky), je na úpravu techniky již příliš pozdě. Protože ale kvalita anaerobní kapacity podporuje vyšší záběrovou frekvenci, může být v tomto případě velmi užitečné „obětovat“ část tréninku anaerobní kapacity a výkonu ve prospěch aerobní kapacity a cvičení určených k nácviku frekvence záběru. Na druhé straně pro silného plavce – delfináře - by taková úprava byla kritická, protože tento plavec potřebuje velmi silný anaerobní výkon, aby mohl profitovat ze své síly. Pro tohoto plavce je vhodné ve prospěch dosažení maximálního anaerobního výkonu „obětovat“ spíše trénink aerobní kapacity a aerobního výkonu .

**Během tréninkové přípravy plavce musí být aerobní i anaerobní kapacita dostatečně vyvinuty, ale také ve vzájemně vyvážených proporcích.**

# Metabolické aktivity během tréninkových cvičení

## Souvislé plavání

Tento typ aktivity se skládá z **minimálně 15 minut souvislého plavání** a je užitečný zejména **v kombinaci s krátkými intenzivními úseky pro zlepšení aerobní kapacity.**

Aktivační mechanismus přísunu energie je stejný jako v závodě:

- první je aktivován anaerobní alaktátový systém
- aerobní metabolismus začíná pracovat v okamžiku, kdy je vyčerpáno zhruba 50% rezerv anaerobního alaktátového systému
- jestliže intenzita (rychlost plavání) vyžaduje větší přísun energie, než jsou oba systémy schopny dodat, nastupuje anaerobní laktátový metabolismus, aby pokryl nedostatek energie

Jak bylo zdůrazněno v popisu anaerobního laktátového metabolismus, maximální zapojení tohoto systému je silně ovlivněno délkou zátěže. Příspěvek anaerobního laktátového systému bude proto během dlouhodobého plavání omezený. Podle plavecké rychlosti, udržované během zatížení, je kolem 87- 97% energie dodáváno aerobním metabolismem.

Nejvyšší rychlost, jakou je plavec schopen udržet během tohoto typu zátěže, často představuje odhad plavcovy vytrvalosti a může být proto používána jako ukazatel k určování tréninkové intenzity vytrvalostních sérií pro jednotlivé plavce ( viz 30-ti minutový test).

## Rovnovážený laktátový stav (steady-state)

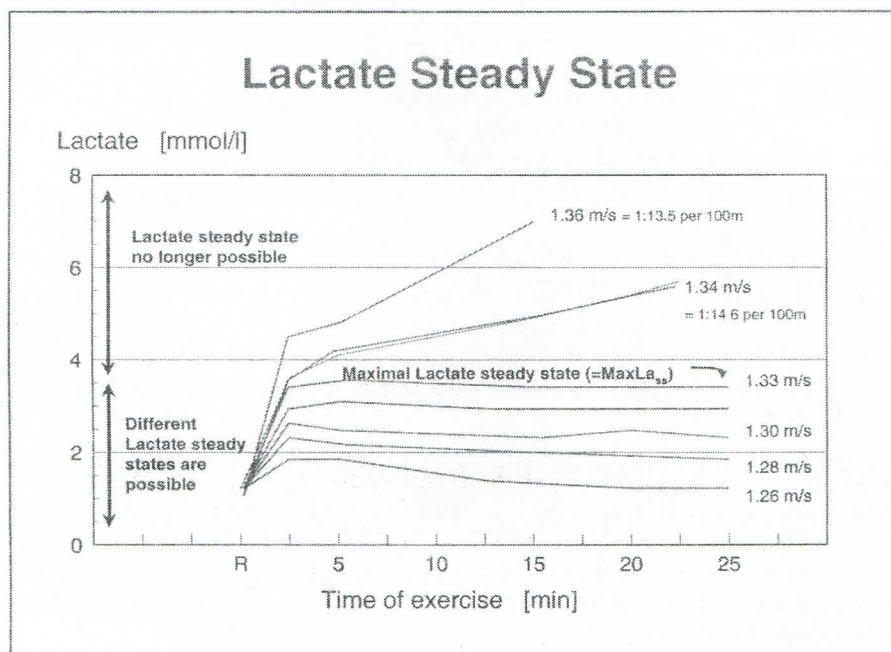
Téměř všechny druhy souvislých plaveckých sérií vedou k „ rovnovážnému stavu“ v aktivitě všech 3 metabolických procesů:

- spotřeba kyslíku a aktivita obou anaerobních procesů zůstávají konstantní
- jakmile je tohoto rovnovážného stavu všech 3 systémů dosaženo, může být udržen po celou dobu zátěže

Při velmi nízké submaximální rychlosti dojde na začátku zátěže k mírnému vzrůstu koncentrace laktátu. Ale během prvních 5 minut se zvýší spotřeba kyslíku a tím se zvolna sníží dodávání energie anaerobním laktátovým systémem, což způsobí pokles koncentrace laktátu v krvi. V tomto okamžiku je dosažena rovnováha mezi produkcí a odstraňováním laktátu, která způsobí, že koncentrace laktátu zůstává během zbytku aktivity konstantní a nastává „rovnovážný stav“ ( obrázek č. 25)

- Obrázek č. 25: Laktátový rovnovážný stav lze dosahovat tak dlouho, dokud vede rychlost plavání k rovnováze mezi produkcí a odstraňováním laktátu

### Laktátový rovnovážný stav



Time of exercise = doba zátěže

Lactate = laktát

Different lactate steady states are possible = různé rovnovážné stavy laktátu jsou možné

Lactate steady state no longer possible = rovnovážný stav laktátu již není déle možný

Maximal lactate steady state = maximální rovnovážný stav laktátu

Plave-li plavec rychlejším tempem, bude se také hodnota laktátu na počátku cvičení zvyšovat, ale po 5-7 minutách se laktát opět ustálí v rovnovážném stavu. Ale koncentrace laktátu během této zátěže bude vyšší než během plavání pomalejším tempem. Proto v závislosti na rychlosti plavání může být dosaženo laktátového rovnovážného stavu při různých koncentracích laktátu.

Při ještě vyšší rychlosti plavec dosáhne bodu, kde již koncentrace laktátu nezůstává konstantní, ale místo toho se stejnoměrně zvyšuje. Při této plavecké rychlosti již dále **nedochází k rovnováze mezi produkcí a odstraňováním laktátu**, produkce laktátu je vyšší než jeho odstraňování. To vede k postupnému nahromadění laktátu a nedochází již nadále k udržení jeho rovnovážného stavu. **Nejvyšší možná hodnota laktátu, která zůstává konstantní** se nazývá **maximální laktátový rovnovážný stav ( $Max_{L_{ass}}$ )** nebo **laktátový práh**. Jsou plavci s laktátovým prahem vyšším než 6 mmol/l, ale maximální úroveň se mezi plavci velmi liší. Vytrvalci mají v průměru nižší laktátový práh než sprinteři, S.P., německý vytrvalec světové

špičky měl například laktátový práh 2,5 mmol/l, zatímco u sprintera jsme naměřili hodnotu laktátového práhu 9,3 mmol/l.

Nejen ve světě plavání, ale i jiných sportech existoval po dlouhou dobu názor, že trénink na hranici laktátového práhu je oním kouzlem a nejlepší metodou pro zlepšení plavcovy vytrvalosti ( aerobní kapacity a aerobního výkonu). Nic ale není dále od pravdy. Složky, které vytvářejí plavcovu vytrvalost, jsou velmi komplexní a je nesmyslné se domnívat, že pouze jedna jediná intenzita může rozvíjet všechny rozdílné složky, které jsou potřebné pro zlepšení vytrvalosti. Proto **musí být aerobní výkonnost plavce budována různými typy zátěží v různých plaveckých rychlostech**. Souvislé plavání je jedním z typů tréninků, kterým je možné budovat plaveckou vytrvalost.

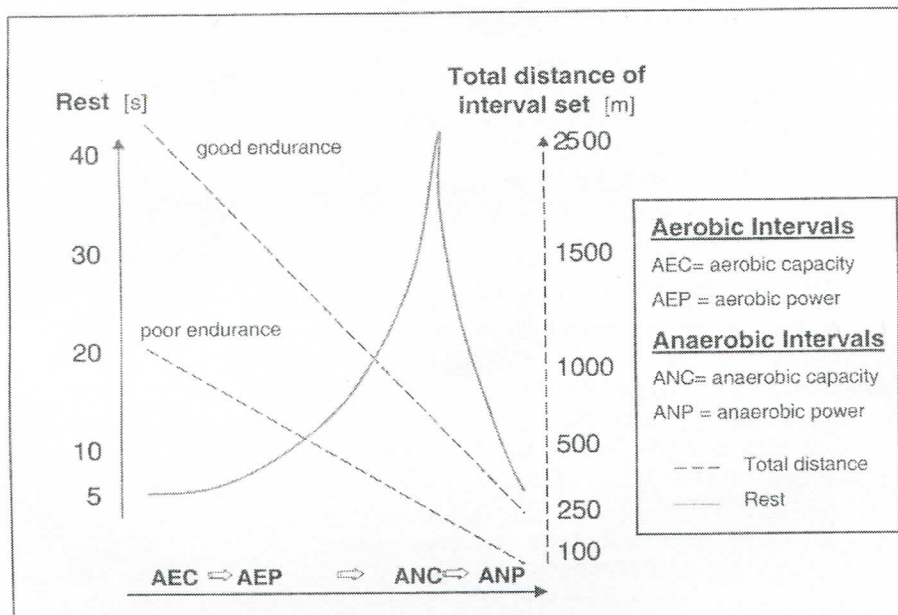
### **Intervalové plavání**

Při tomto typu zátěže je celková trať přerušována odpočinkovými pauzami. Intervalové série mohou být používány:

- ke zlepšení aerobní a anaerobní kapacity a výkonu
- jako sprintérský trénink
- jako trénink frekvence záběrů (viz Trénink frekvence)

Intervalové série se tvoří různě podle toho, jestliže mají působit na aerobní či anaerobní systém. Poměr mezi odpočinkem, intenzitou a objemem tréninku určí jak budou oba systémy aktivovány. Změnou poměru mezi těmito složkami ( odpočinek, intenzita, objem) se lze postupně pohybovat mezi všemi 4 typy tréninků /aerobní kapacita, aerobní výkon, anaerobní kapacita, anaerobní výkon/ ( obrázek č. 26)

- *Obrázek č. 26 : Schematické zobrazení přechodů mezi jednotlivými typy plaveckých sérií v závislosti na plavecké rychlosti ( intenzitě), odpočinku mezi úseky a celkovém objemu série. AEC = aerobní kapacita  
ANC = anaerobní kapacita  
AEP = aerobní výkon  
ANP = anaerobní výkon*



*Rest = odpočinek*

*Swimming speed = rychlost plavání*

*Total distance of interval set = celková délka intervalové série*

*Good endurance = dobrá vytrvalost*

*Poor endurance = slabá vytrvalost*

*Aerobic intervals = aerobní intervaly*

*AEC = aerobní kapacita*

*AEP = aerobní výkon*

*Anaerobic intervals = anaerobní intervaly*

*ANC = aerobní kapacita*

*ANP = anaerobní výkon*

*Total distance of interval set = celkový objem intervalové série*

### Anaerobní charakter zátěže můžeme zdůraznit:

- zvýšením plavecké rychlosti ( intenzity ) a / nebo
- prodloužením odpočinku mezi úseky ( pasivní odpočinek) a zkrácením opakovaných úseků

Tato poslední metoda zapojuje anaerobní metabolismus hned na začátku zátěže s pouze nízkým zapojením aerobního systému. Je proto velmi vhodná pro plavce s nízkou anaerobní kapacitou což bývá většina vytrvalců. Tito plavci totiž často riskují přetížení svého systému aerobní kapacity, tím, že plavou na tréninku příliš často příliš rychle. Mimoto se stoupající intenzitou bude klesat celkový objem tréninku.

Tréninkové série aerobního a anaerobního výkonu jsou vždy charakterizovány krátkými odpočinkovými intervaly (5-15 vteřin), ale liší se celkovým objemem. Cvičení na aerobní výkon vyžadují velký celkový objem, zatímco tréninky anaerobního výkonu jsou vždy velmi efektivní již při velmi malém celkovém objemu ( maximálně 600 metrů v jedné tréninkové jednotce). Odpočinek při cvičení nezávisí na výkonnostní úrovni plavce. Na druhé straně bude rychlost plavání – intenzita- a celkový objem silně záviset na úrovni plavcovy aerobní kapacity: čím lepší je aerobní kapacita tím rychlejší a delší může být série .

## AEROBNÍ INTERVALY

Budování vytrvalosti (aerobní kapacity a aerobního výkonu) vyžaduje trvalý tréninkový podnět na stejné svalové skupiny, což automaticky vyžaduje velký objem, submaximální intenzitu, krátký odpočinek a malé změny.

Aerobní trénink má převážně za úkol aktivovat aerobní systém dodávky energie a v mnohem menší míře také anaerobní laktátový metabolismus. Jestliže je rychlost při aerobním tréninku příliš vysoká, plavec riskuje, že neproběhne požadovaná super-kompence, že vzniknou nežádoucí adaptace a dokonce může zabránit účinku jiných tréninků. A navíc, je-li vytrvalostní trénink plaván příliš rychle, plavec nebude schopen plynule zvyšovat intenzitu tehdy, když je to skutečně nutné.

Podle typu plavce můžeme očekávat hodnoty laktátu při tréninku aerobní kapacity a aerobního výkonu mezi 1 až 2,5 mmol/l respektive 2 až 7 mmol/l. Pro plavce s dobrou aerobní a /nebo s velmi slabou anaerobní kapacitou je doporučováno zůstat na nízkých hodnotách laktátu. Pro tyto plavce může hodnota laktátu 2 mmol/l představovat stejný metabolický stres jako 5mmol/l pro plavce se slabou aerobní a výbornou anaerobní kapacitou.

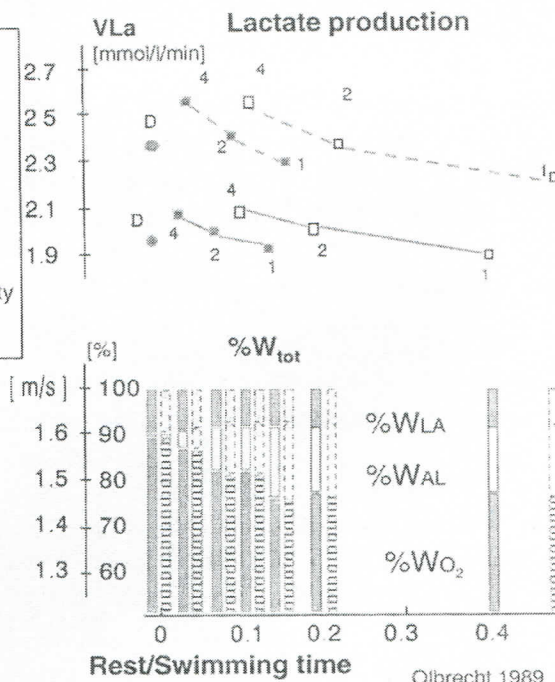
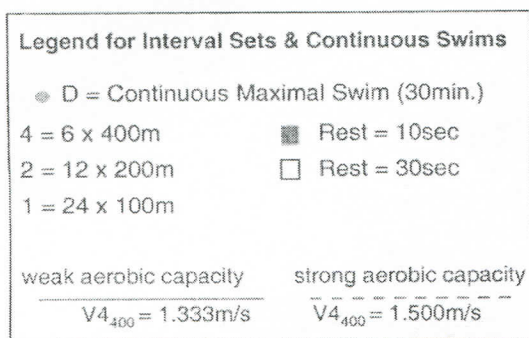
Výpočty prozradily: že dobře vytrvalostně trénovaný plavec, aby dosáhl hodnoty laktátu 3 mmol/l během různých aerobních intervalových cvičení ( obrázek 27) ( rychlost na 400 metrů při laktátu 4 mmol/l = 1,5 m/s tj 4: 26,7 ) musí dodat o 25% více anaerobní laktátové energie než méně dobře vytrvalostně trénovaný plavec ( rychlost na 400 metrů při laktátu 4 mmol/l = 1,333 m/s tj 5:00). Navíc, jak se prodlužují <sup>INTERVALY</sup> úseky v sérii, poměr anaerobní laktátové dodávky energie se zvyšuje, ale téměř se nemění při prodloužení odpočinku z 10 na 30 sekund, i když plavec musí plavat rychleji, aby dosáhl hodnoty laktátu 3 mmol/l. Pro všechny série plavané při laktátu 3 mmol/l zůstává celkové procento energie, kterým přispívá anaerobní laktátový systém, téměř stejné, zatímco procento aerobního respektive anaerobního alaktátového systému se snižuje resp. zvyšuje jak se zkracují <sup>INTERVALY</sup> úseky v sérii.

niz a nit sh 30

- Obrázek č. 27 : Plavecká rychlost (intenzita, m/s), rychlost produkce laktátu (mmol/l/min) a rozdělení celkové energie (%  $W_{tot}$ ) na anaerobní laktátovou energii (%  $W_{LA}$ ), anaerobní alaktátovou energii (%  $W_{AL}$ ) a aerobní energii (%  $W_{O_2}$ ) v různých aerobních intervalových sériích, které vedou k hodnotě laktátu 3 mmol/l pro dobře vytrvalostně trénovaného plavce (rychlost při 4 mmol/l na 400 metrů =  $V_{400} = 1,5$  m/s) a hůře vytrvalostně trénovaného plavce ( $V_{400} = 1,333$  m/s)

## Tréninky při hodnotě laktátu 3 mmol/l

### Workouts at 3mmol/l



- Legend for interval sets and continuous swims = legenda pro intervalové série a souvislé plavání
- Continuous maximal swim = maximální souvislý úsek
- Rest = odpočinek
- Weak aerobic capacity = slabá aerobní kapacita
- Strong aerobic capacity = silná aerobní kapacita
- Swimming speed = plavecká rychlost
- Rest/swimming time = odpočinek / doba plavání
- Lactate production = produkce laktátu

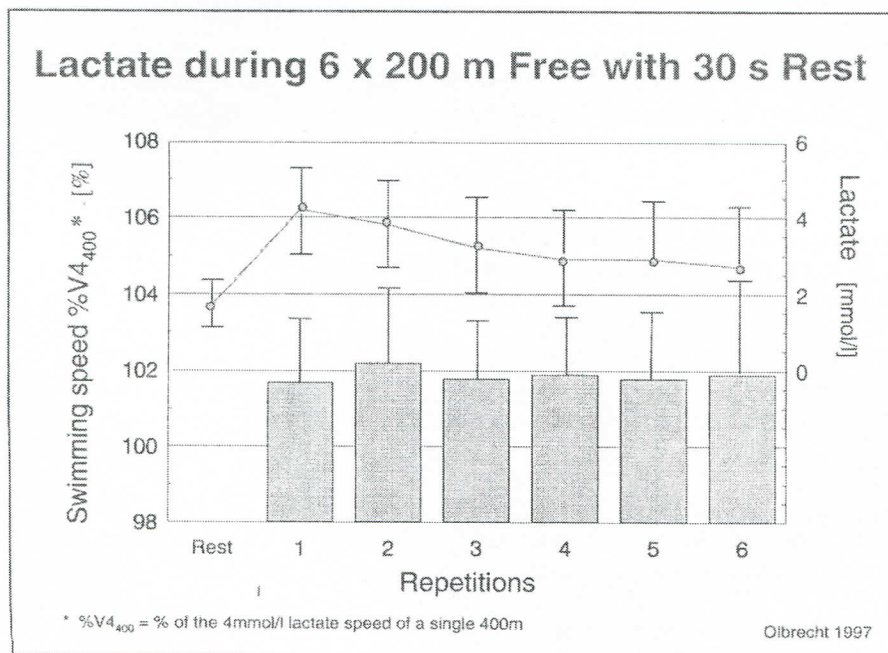
Během aerobní intervalové série se koncentrace laktátu v krvi, měřená po každém opakování, během prvních pěti minut zvyšuje. Během dalších opakování se laktát bude snižovat, dokud není dosaženo laktátového rovnovážného stavu (obrázek 28, 6 x 200m, interval 30 vteřin, a obrázek 44, 6 x 400m, interval 30 vteřin). Proto není neobvyklé naměřit



při konstantní plavecké rychlosti při prvním opakování v sérii vyšší hodnotu laktátu než na konci série. To je možné přičítat zvyšujícímu se příspěvku aerobního metabolismu v průběhu cvičení.

- *Obrázek č. 28 Vývoj koncentrace laktátu v krvi během aerobní intervalové tréninkové série – 6 x 200 metrů s intervalem 30 vteřin.*

### Laktát během série 6 x 200 kraul s intervalem 30 vteřin



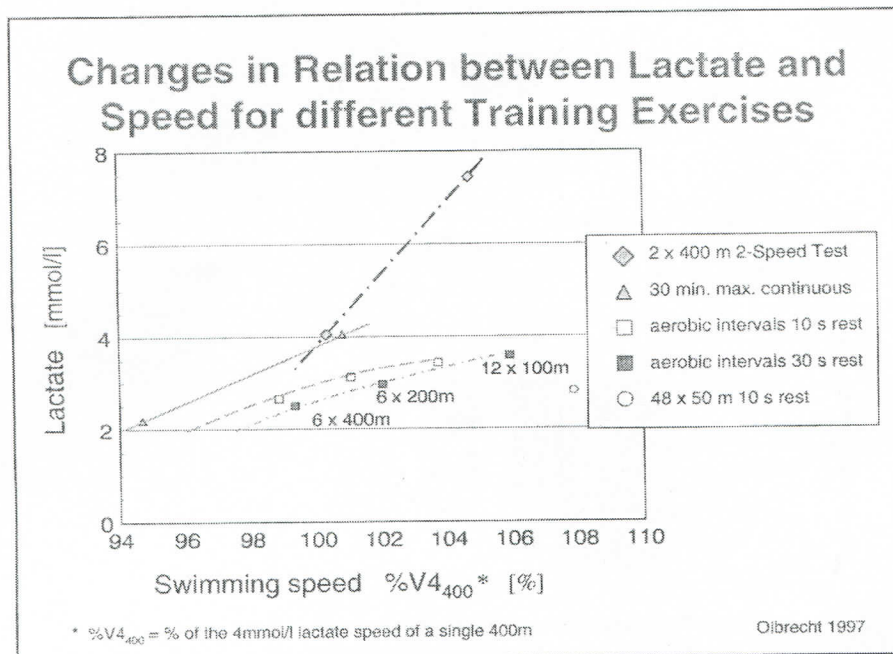
- *Swimming speed* = plavecká rychlost
- *Repetitions* = opakování
- *Lactate* = laktát
- *% V<sub>400</sub>* = % rychlosti při laktátu 4 mmol/l na jedné jediné 400 m

Trénink aerobního výkonu vyžaduje velký celkový objem, krátký odpočinek a vyšší plaveckou rychlost, což vede k progresivně se zvyšující koncentraci laktátu během série. Tyto série jsou plavány rychleji než je rychlost při laktátovém prahu, což je i případ delších tratí při závodě. Je proto důležité plánovat série aerobního výkonu v předzávodním období, což plavci umožní mobilizovat maximální množství aerobní a anaerobní energie v závodě.

Byli jsme schopni experimentálně určit vliv délky opakování a odpočinku na vztah mezi laktátem a rychlostí plavání ( obrázek č. 29). To nám umožní odhadnout ze vztahu mezi laktátem a rychlostí na 400 metrů časy, kterých by měl plavec dosahovat v tréninkových sériích podle požadovaného rozsahu laktátu ( viz obrázek 54).

- Obrázek č. 29: Vliv odpočinku a délky opakování na vztah mezi laktátem a plaveckou rychlostí

### Změny ve vztahu mezi laktátem a rychlostí pro různé tréninkové série



2 x 400m 2-Speed test = 2 x 400m – dvourychlostní test  
 30 min. max. continuous = souvislé plavání maximálním úsilím po dobu 30 minut  
 aerobic intervals 10 s rest = aerobní úseky s odpočinkem 10 vteřin  
 aerobic intervals 30 s rest = aerobní úseky s odpočinkem 30 vteřin  
 48 x 50m 10 s rest = 48 x 50 s odpočinkem 10 vteřin

### ANAEROBNÍ INTERVALY

Jak se zvyšuje plavecká rychlost, stále více se zapojuje anaerobní laktátový metabolismus – čímž se snižuje možnost plavce udržet laktátový rovnovážný stav. **Série jsou kratší než při aerobních intervalech a plavou se zrychlovaně nebo konstantní vysokou rychlostí.** Jiný způsob jak stresovat anaerobní metabolismus je **prodloužení odpočinku (odpočinek musí být pasivní) a zkrácení délky opakování ( maximálně 25 – 75 metrů).** To silně zapojí anaerobní metabolismus již na začátku série a je to nejjemnější způsob jak zvýšit podíl anaerobní práce v tréninku. Proto je tento způsob velmi vhodný pro plavce s nízkou anaerobní kapacitou, což je většina vytrvalců. Ať už je cílem tréninku zlepšit anaerobní kapacitu nebo anaerobní výkon, trenér vždy zvolí jednu nebo i kombinaci výše zmíněných metod.

Jestliže je cílem tréninku zvýšit anaerobní kapacitu, pak budou samozřejmě jednotlivá opakování plavána poměrně rychle s dlouhým pasivním odpočinkem. Je však nutné omezit acidózu, která brzdí průběh glykolýzy. Po tréninkových sériích na anaerobní kapacitu je možné očekávat koncentraci krevního laktátu v rozmezí od 5 mmol/l (pro vytrvalce) do 10 mmol/l (pro sprintery).

V sériích anaerobního výkonu musí být odpočinek mezi jednotlivými opakováními velmi krátký a všechna opakování musí být plavána maximální rychlostí (naplno) již od prvního opakování i tehdy, když se plavec obává „že umře“ ( necítí se schopen udržet rychlost do konce). Celková délka série musí být proto omezena na 175 – 250 metrů. Celou sérii je možné v tréninku několikrát opakovat, ale pouze po absolvování regeneračního plavání. Ale 500 metrové série (nebo delší) maximální rychlostí v jedné tréninkové jednotce jsou riskantní pro případné přetrénování a měli by je zkusit jen špičkoví plavci.

Při sériích zaměřených na trénink anaerobního výkonu jsou všechny tři metabolické systémy maximálně zapojeny, což má za následek vysoký stupeň acidózy. Výsledkem mohou být hodnoty laktátu nad 9mmol/l a často přesahující 15 mmol/l. Pro dobré provedení a vysokou efektivnost cvičení musí být plavec dobře mentálně připravený a plně motivovaný. Je proto zřejmé, že je nejlepší omezit trénink anaerobního výkonu na rozložené série (tj: 3-5 x 25 až 75 metrové úseky plavané naplno s 5-10 sekundami odpočinku mezi nimi). Pro delší opakované úseky je pak vhodnější naplánovat 3 – 4 krátké závody v testovacím závodě. Plavec v tomto závodě nemá za úkol plavat osobáky, ale spíše považovat takový závod za trénink anaerobního výkonu a příležitost vyzkoušet si různé závodní strategie jako například „rozjet naplno“ atd.

### SPRINTÉRSKÉ ÚSEKY

Opakované úseky při tréninku sprintu jsou krátké – maximálně 15 vteřin - a jsou plavány maximální rychlostí s dostatečným odpočinkem umožňujícím plné zotavení. Cílem těchto sérií je zvýšení základní plavecké rychlosti ( na rozdíl od schopnosti plavat rychle ve stavu únavy).

Během těchto cvičení je většina energie dodávána anaerobním alaktátovým metabolismem. V rozporu s fakty, která jsou uváděna v literatuře, jsme pozorovali několika sprintech s dlouhým odpočinkem nárůst koncentrace krevního laktátu. To dokazuje, že kromě anaerobního alaktátového systému jsou zapojeny i ostatní systémy dodávky energie. Ale hodnoty laktátu po těchto sériích nejsou tak vysoké, aby zabránily adaptacím potřebným pro zlepšení rychlosti.