

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

FYZIOLOGIE VYSOCE INTENZIVNÍHO INTERMITENTNÍHO CVIČENÍ

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Jakub Franz, trenérství a sport

Vedoucí práce: Mgr. Svatoslav Valenta

Olomouc 2018

## BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

<b>Jméno a příjmení autora:</b>	Jakub Franz
<b>Název diplomové práce:</b>	Fyziologie vysoce intenzivního intermitentního cvičení
<b>Pracoviště:</b>	Katedra přírodních věd v kinantropologii
<b>Vedoucí diplomové práce:</b>	Mgr. Svatoslav Valenta
<b>Rok obhajoby diplomové práce:</b>	2018

### **Abstrakt:**

*Úvod:* Struktura pohybového výkonu hráče fotbalu v utkání má z hlediska zatížení intermitentní povahu. Kinetika vybraných fyziologických parametrů, které by mohly intermitentní pohybový výkon podmiňovat, však není dosud zcela známa.

*Cíl:* Cílem práce bylo popsat fyziologickou charakteristiku tělesného zatížení jedince v intermitentním cvičení.

*Metody:* Sedm adolescentních hráčů fotbalu (průměrný věk  $16.8 \pm 0.6$  let, průměrná tělesná výška  $179.0 \pm 5.6$  cm, průměrná tělesná hmotnost  $72.9 \pm 9.2$  kg a průměrná doba tréninku  $8.7 \pm 1.1$  let) 1. České ligy mladšího dorostu kategorie U17 absolvovalo standardizovaný intermitentní běžecký test (IBT) na motorizovaném běžeckém pásu (10 x 6 s běh v rychlosti  $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a sklonem běžeckého pásu 8 % s 30 s intervaly odpočinku). Během IBT byly sledovány a následně hodnoceny tyto fyziologické parametry: spotřeba kyslíku ( $\text{VO}_2$ ), minutová plicní ventilace (VE), srdeční frekvence (SF), poměr respirační výměny (RER) a výdej oxidu uhličitého ( $\text{VCO}_2$ ).

*Výsledky:* Výsledné průměrné hodnoty sledovaných fyziologických parametrů dokládají submaximální intenzitu zatížení tohoto testovacího protokolu. Bylo zjištěno, že bez výjimky všichni účastníci testu dosahovali nejvyšší průměrné hodnoty  $\text{VO}_2$  v prvním (1-10 s) úseku intervalu odpočinku po akutním submaximálním zatížení.

*Závěr:* Z poznatků práce vyplývá předpoklad, že právě rychlost vzestupu  $\text{VO}_2$  v prvních sekundách IO po akutním zatížení submaximálního/maximálního charakteru, může být významným faktorem ovlivňujícím pohybový výkon během vysoce intenzivního intermitentního běžeckého cvičení.

**Klíčová slova:** intermitentní cvičení, fotbal, kinetika  $\text{VO}_2$ , schopnost opakovat sprinty, zotavení.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

## BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION

<b>Author's first name and surname:</b>	Jakub Franz
<b>Title of the bachelor thesis:</b>	The physiology of high-intensity intermittent exercise
<b>Department:</b>	Department of Natural Science in Kinanthropology
<b>Supervisor:</b>	Mgr. Svatoslav Valenta
<b>The year of presentation:</b>	2018

### **Abstract:**

*Introduction:* The structure of a soccer player's physical performance in a match is intermittent in terms of load. However, the kinetics of the selected physiological parameters that may interfere with intermittent exercise is not yet fully known.

*Aim:* The aim of the thesis was to describe the physiological characteristics of the individual's physical load during the intermittent exercise.

*Methods:* Seven adolescent soccer players (average age  $16.8 \pm 0.6$  years, average body height  $179.0 \pm 5.6$  cm, average body weight  $72.9 \pm 9.2$  kg and average training time  $8.7 \pm 1.1$  years) of The U17 Junior First Czech League did a standardized intermittent running test (IBT) on a motorized treadmill (10 x 6 s run at  $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  with 8 % running slope and 30 s recovery periods). During IBT, the following physiological parameters were monitored and evaluated: oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ), pulmonary ventilation (VE), heart rate (HR), respiratory exchange ratio (RER) and expired carbon dioxide ( $\text{VCO}_2$ ).

*Results:* The resulting average values of the observed physiological parameters demonstrate the submaximal load intensity of this test protocol. It was found that all test participants without exception achieved the highest average  $\text{VO}_2$  values in the first (1-10 s) stage of the recovery interval after the acute submaximal load.

*Conclusion:* From the findings of the thesis, it is assumed that the rate of  $\text{VO}_2$  increase in the first seconds of the recovery interval after the acute submaximal/maximal load may be a significant factor affecting the physical performance during a high-intensity intermittent exercise.

**Keywords:** intermittent exercise, soccer, VO<sub>2</sub> kinetics, repeated sprint ability, recovery.

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Svatoslava Valenty, uvedl všechny použité literární, odborné a jiné informační zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. června 2018

.....

Rád bych poděkoval Mgr. Svatoslavu Valentovi za jeho odbornou pomoc, průběžnou kontrolu a cenné rady při psaní mé diplomové práce.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	9
2	SYNTÉZA POZNATKŮ .....	10
2.1	Intermitentní vysoce intenzivní tělesné cvičení.....	10
2.1.1	Pohybová charakteristika hráčů fotbalu v utkání.....	10
2.2	Kapacita jedince pro intermitentní vysoce intenzivní pohybový výkon .....	13
2.2.1	Diagnostika kapacity jedince pro intermitentní vysoce intenzivní pohybový výkon.....	15
2.2.2	Terénní testy .....	16
2.2.3	Laboratorní testy .....	19
2.3	Fyziologie vysoce intenzivního intermitentního cvičení .....	21
2.3.1	Anaerobní metabolismus během intermitentního vysoce intenzivního pohybového výkonu .....	24
2.3.1.1	Makroergní fosfáty .....	24
2.3.1.2	Anaerobní glykolýza.....	26
2.3.2	Aerobní metabolismus .....	27
3	CÍL PRÁCE.....	30
4	METODIKA.....	31
4.1	Design výzkumu .....	31
4.2	Účastníci .....	31
4.3	Antropometrická měření .....	31
4.4	Průběh měření .....	32
4.5	Statistická analýza .....	32
5	VÝSLEDKY .....	34
6	DISKUZE.....	37
7	ZÁVĚR.....	39
8	SOUHRN.....	40
9	SUMMARY .....	41
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	42



## 1 ÚVOD

Sportovní hry jsou oblíbeným, celosvětově rozšířeným sportovním odvětvím a zároveň předmětem neustálého zkoumání. Kolektivním sportovním hrám jako je fotbal, lední hokej, basketbal či rugby náleží první příčky žebříčku popularity světového i českého sportu (Bangsbo, 1994a; Narazaki, Berg, Stergiou, & Chen, 2009; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005).

Především vlivem narůstající popularity fotbalu, obrovské touhy klubových příznivců, užšího managementu i samotných hráčů po slávě a vítězství, ale také vlivem rychlého technologického vývoje se zejména fyzické, technické a psychické požadavky na hráčův sportovní výkon neustále zvyšují. Zdá se však, že hranice pohybového výkonu hráče v utkání jsou na samém vrcholu a rozhodují detaily.

Otázkou zůstává, jakou roli v dosaženém sportovním výkonu hráče fotbalu hrají oxidativní procesy, jakým způsobem je organismu během vysoce intenzivního intermitentního cvičení dodávána energie, a který parametr je pro hodnocení kapacity jedince pro vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon pravděpodobně rozhodující.

Proto je tato práce zaměřena na pro fotbal typickou vysoce intenzivní intermitentní strukturu pohybového výkonu, zvláště pak na popis fyziologických charakteristik tělesného zatížení jedince v tomto specifickém typu intermitentního cvičení.

## **2 SYNTÉZA POZNATKŮ**

### **2.1 Intermitentní vysoce intenzivní tělesné cvičení**

Pro pohybový výkon hráče ve sportovních hrách je charakteristické neustálé střídání krátkodobých intervalů (< 10 s) maximální či submaximální intenzity, jež jsou obvykle proloženy krátkými intervaly střední či nižší intenzity (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011). Pohybová aktivita hráče v utkání má tedy intermitentní (přerušovaný, střídavý) charakter.

Hráč během utkání obvykle využívá vysoce intenzivních pohybů k získání míče před svým soupeřem, k včasnému a přesnějšímu odkopu, odhodu nebo ke klamání soupeře (Dupont, Millet, Guinhouya, & Berthoin, 2005). Tento proces je během utkání opakován, a proto je schopnost zotavení organismu po akutním zatížení anaerobního charakteru pro hráče jedním ze zásadních činitelů pohybového výkonu hráče v utkání (Psotta, Bunc, Hendl, Tenney, & Heller, 2011).

Pro výše zmíněnou specifičnost bývají sportovní hry označovány též jako sporty s opakovanými či mnohonásobnými sprinty - repeated sprint sports, multiple sprint sports (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011; Glaister, 2005; Oliver, Armstrong, & Williams, 2007) nebo jako sporty intermitentní - intermittent sports (MacLeod, Maughan, & Williams, 1993; Williams, 1990).

Dle Táborského (2009) jsou pro herní výkon ve sportovních hrách charakteristické neustále se měnící herní podmínky, velký počet pohybových dovedností hráčů, složitá pohybová jednání, taktická jednání, předvídání úmyslů soupeře a dělba úloh podle jednotlivých hráčských funkcí a pozic.

#### **2.1.1 Pohybová charakteristika hráčů fotbalu v utkání**

Od druhé poloviny minulého století prošel profesionální fotbal mnohými změnami. Vlivem sociálně ekonomických podmínek, vyššího stupně znalostí, kvalitnější výživy i péče o mládež se postupně zvýšila jeho celková úroveň. S úrovní vzrostla také profesionalita a zájem veřejnosti. Nejen z těchto důvodů je dnes fotbal nejpopulárnějším

světovým sportem. Vlivem rostoucího aktivního herního prostoru, zrychlení přihrávek na střední a dlouhou vzdálenost a vyšší specifičnosti pohybu jednotlivých hráčských pozic, je největší rozvoj pozorován na kondiční složce herního výkonu, konkrétně na rychlostně – silových projevech (Bangsbo, 1994a; Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006).

Analýza vzdálenostně-rychlostních charakteristik tzv. time-motion analysis využívaná od šedesátých let minulého století (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008) dělí pohybový výkon fotbalisty do jednotlivých složek. Hráčovo zatížení během utkání je určeno z naměřených hodnot trvání pohybového výkonu, překonané vzdálenosti, pohybové intenzity, frekvence klasifikovaných činností, intervalu zatížení a odpočinku (Drust, Atkinson, & Reilly, 2007).

Ukazuje se, že profesionální fotbalisté aktuálně překonají během devadesáti minut hry celkovou vzdálenost přibližně 8-15 km (Bangsbo, Mohr, & Krusturup, 2006; Barros, Misuta, Menezes, Figueroa, Moura, Cunha et al., 2007; Cipryan & Gajda, 2011; Haugen, Tønnessen, & Seiler, 2013; Hoff, Wisløff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002; Varley, Gabbett, & Aughey, 2014), což je dle Psotty et al. (2006) o polovinu více, než tomu bylo v 60. a 70. letech 20. století. Stølen, Chamari, Castagna a Wisløff (2005) navíc zmiňují překonání v průměru 4 km celkové vzdálenosti na pozici brankáře. Tato celková vzdálenost je u profesionálních fotbalistů asi o 5 % vyšší než u poloprofesionálních (Mohr, Krusturup, & Bangsbo, 2003).

Z poznatků vícero studií (Bangsbo, Mohr, & Krusturup, 2006; Cipryan & Gajda, 2011; Dupont et al., 2005; Mohr, Krusturup, & Bangsbo, 2003; Psotta et al., 2006; Varley, Gabbett, & Aughey, 2014) vyplývá, že fotbalista stráví během utkání přibližně 17.5 min ve stoji, což představuje asi 19.5 % celkového hracího času. Výše uvedenou celkovou vzdálenost 8-15 km překonanou během utkání, překoná fotbalista pohybovou aktivitou různé intenzity. Průměrně 4.5 km z celkové vzdálenosti překoná profesionální fotbalista chůzí v rychlosti přibližně 6 km·h<sup>-1</sup>. Z časového hlediska se tedy fotbalista pohybuje po hřišti chůzí zhruba 41.8 % hrací doby. Asi 3.5 km z celkové vzdálenosti, tedy přibližně 30 % hrací doby, tráví hráč v běhu nízké a střední intenzity v rozmezí rychlosti pohybu 8-15 km·h<sup>-1</sup>. Pouze zlomek herního času pohybového výkonu hráče v utkání představuje běh pozadu (3.7 %) a běh ve vysoké rychlosti (2.8 %). Poslední vysokofrekvenční složkou

pohybového výkonu fotbalisty v utkání je sprint. Ten hraje často klíčovou roli v celkovém výsledku utkání a představuje 1-11 % z celkové překonané vzdálenosti (Bangsbo, Nørregaard, & Thorsøe, 1991; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007). Jinými slovy stráví hráč ve sprintu přibližně 0.5 – 3 % hrací doby a překoná vzdálenost okolo 670-975 m (Spencer et al., 2005). Jeden běžecký sprint s dobou trvání 2-4 s, během něhož fotbalista dosahuje vzdálenosti 10-20 m, je opakován každých 60-90 s. Na jedno soutěžní fotbalové utkání připadá 19-62 opakovaných sprintů, přičemž větší počet sprintů je přisuzován útočníkům (Spencer et al., 2005). Bangsbo, Mohr a Krusturp (2006) ve své studii zmiňují nejvyšší naměřenou rychlost běžeckého sprintu během utkání 32 km·h<sup>-1</sup>.

Hráč v průběhu hry provede přibližně 900-1400 především krátkých diskrétních aktivit měnících se každých 4-6 s (Psotta et al., 2006; Stølen et al., 2005). V celkovém průměru při svém výkonu opakuje každých 70 s submaximální či maximální intenzitu běhu, 40-60krát změni směr běhu v souvislosti s brzděním a zrychlením, podstoupí 6-20 obranných soubojů, 5-20krát vyskočí, aby 4-17krát hlavičkoval, po pádu se 0-6krát zvedne ze země, 30-46krát přihraje, přičemž 0-4krát vystřelí (Ekin, Tekalp, & Mehrotra, 2003; Psotta et al., 2006; Rienzi, Reilly, & Malkin, 2000). Doba činnosti hráče s míčem v průběhu utkání však souhrnně představuje pouze 1-3 min (Psotta et al., 2006).

Je třeba zdůraznit, že výše uvedené naměřené údaje však vyplývají z jednotlivých hráčských pozic a jsou vždy v úzkém vztahu s taktickými pokyny trenéra. Studie Mohr, Krusturp a Bangsbo (2003) dokládá nejdelší naměřenou vzdálenost u hráčů ve středu pole. Nejkratší celková vzdálenost, a stejně tak i nejkratší vzdálenost překonaná vysokou intenzitou pohybu, je přisuzována obráncům. V porovnání s první půlí zápasu je navíc v půli druhé spolu s naměřenou vzdáleností přibližně o 5-10 % snížena také celková intenzita pohybu (Bangsbo, Nørregaard, & Thorsøe, 1991; Rienzi, Reilly, & Malkin, 2000, Stølen et al., 2005). Obecně dle studií dosahují profesionální fotbalisté proti poloprofesionálním vyšších výkonnostních hodnot.

Současné tréninkové trendy v elitních sportech jsou založeny na replikaci specifického zápasového výkonu v kontextu nezávodního prostředí (například v tréninku). Hovoříme o simulaci zápasu či závodu v tréninkovém procesu. To vyžaduje hloubkové studium charakteristik soutěže za účelem shromáždování informací

potřebných pro navrhování a plánování vhodného a efektivního tréninkového programu (Hůlka, Cuberek, & Bělka, 2013).

Střídání pohybové aktivity různé intenzity a doby trvání i její procentuální zastoupení pouze podtrhuje intermitentní charakter fotbalu. Ten je charakteristický specifickým střídáním cvičení vysoké a nízké intenzity, tedy intervalem zatížení a zotavení obvykle v rozmezí 1:14 až 1:7 (Bangsbo, Mohr, & Krusturp, 2006; Psotta et al., 2006). Schopnost opakovat vyšší počet sprintů maximální/submaximální rychlostí je rozhodujícím faktorem, jenž zvyšuje úroveň výkonu hráče fotbalu. U profesionálních hráčů fotbalu byla navíc po větším počtu opakovaných sprintů maximální/submaximální intenzity zjištěna schopnost rychlejšího zotavení (Dupont et al., 2005).

Během utkání dosahuje průměrná srdeční frekvence (SF) fotbalisty blízkosti tzv. anaerobního prahu, tedy hodnot asi 80-90 % maximální srdeční frekvence (SFmax), což odpovídá hodnotám přibližně 70-80 % maximální spotřeby kyslíku (VO<sub>2</sub>max). Vzhledem k tvorbě krevního laktátu (La) je setrvání ve vyšších hodnotách SF po delší čas fyziologicky nemožné (Stølen et al., 2005). Téměř 65 % hrací doby proto fotbalista setrvává v činnosti SF 70 až 90 % SFmax a pouze výjimečně se dostává pod hranici 65 % SFmax (Alexandre, da Silva, Hill-Haas, Wong del, Natali, De Lima et al., 2012).

Z výše zmíněných poznatků a poměrů zatížení k odpočinku lze jednoznačně říci, že pohybový výkon fotbalisty je energeticky pokryt kombinací a vzájemným doplněním anaerobního i aerobního metabolismu.

## **2.2 Kapacita jedince pro intermitentní vysoce intenzivní pohybový výkon**

Kapacita jedince pro intermitentní vysoce intenzivní pohybový výkon je poměrně novým komplexním pojmem hodnotícím a popisujícím specifické fyziologické a pohybové adaptace jedince na střídavý typ pohybové činnosti, a je tak neustále předmětem zkoumání řady studií. Hovoříme o schopnosti jedince opakovaně vyvíjet maximální či submaximální úsilí (sprinty) v kombinaci s intervaly činnosti nižší intenzity či odpočinku v průběhu déletrvajícího pohybového zatížení. V zahraničních studiích je tato schopnost známa pod pojmy repeated sprint ability (RSA) nebo multiple sprint ability (Bangsbo, Iaia, & Krusturp, 2008; Impellizzeri, Rampinini, Castagna, Bishop, Ferrari

Bravo, Tibaudi, & Wisloff, 2008; Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003; Oliver, Armstrong, & Williams, 2007; Rampinini et al., 2007). V českém jazyce bychom hovořili o schopnosti opakovat sprinty.

Psotta et al. (2006) a Brown, Hughes a Tong (2007) podmiňují kapacitu jedince pro vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon především těmito specifickými faktory:

- a) **kapacitou adenosintrifosfátu a kreatinfosfátu (ATP-CP systému),**
- b) **anaerobní glykolýzou spolu s nárazníkovou kapacitou (bufferingem).**

Oba uvedené energetické systémy jsou ve střídavém krátkodobém pohybovém výkonu vnímány jako dominantní způsob tvorby energie;

- c) **schopností zotavení** po akutním vysoce intenzivním zatížení anaerobního charakteru. Důležitou roli zde hraje resyntéza makroergních fosfátů ATP a CP a z části i odbourávání La ve svalcích, které probíhá v tzv. časně fázi zotavení.

Zlepšení aerobní a anaerobní kapacity, svalové síly, rychlosti a neuromuskulární koordinace patří k hlavním cílům fotbalového tréninku. Také proto je aerobní kapacita jedním z důležitých parametrů pro hodnocení trénovanosti fotbalisty (Apor, 1988; Reilly, 1997). Je všeobecně známo, že aerobní kapacita závisí na třech základních prvcích:  $VO_2\max$ , spotřebě kyslíku na úrovni anaerobního prahu a ekonomice pohybu (Howley, Bassett, & Welch, 1995). Avšak během opakovaných sprintů, jež jsou pro pohybový výkon hráče v utkání typické (viz výše), jsou hlavními metabolickými cestami k produkci ATP rozklad CP, anaerobní glykolýza a glykogenolýza (Psotta et al., 2011). Schopnost opakovat sprinty tedy závisí na několika proměnných, jako je aerobní kapacita (Dupont et al., 2005; McMahon & Wenger, 1998), nárazníková kapacita, anaerobní kapacita, kapacita ATP-CP systému (Balsom, Gaitanos, Söderlund, & Ekblom, 1999; Bishop, Edge, Davis, & Goodman, 2004), ale také délka trvání sprintů a odpočinku (Price & Moss, 2007) a jejich vzájemný poměr (Balsom, Seger, Sjodin, & Ekblom, 1992). Významnou otázkou současné sportovní vědy je, zda a do jaké míry ovlivňuje schopnost zotavení po akutním zatížení maximální/submaximální intenzity aerobní kapacita jedince a jak je organismem sportovce využíván kyslík ( $O_2$ ) během krátkých intervalů odpočinku.

### **2.2.1 Diagnostika kapacity jedince pro intermitentní vysoce intenzivní pohybový výkon**

Chceme-li získat aktuální informace o stupni trénovanosti hráče, využíváme tzv. zátěžovou diagnostiku, obecněji pohybově výkonovou diagnostiku (Psotta et al., 2006). Ta je prostředkem shromažďování informací, dle kterých jsou následně prováděna hodnocení výkonů zátěžovými testy a další rozhodnutí (Fajfer, 2005).

Dle Psotty et al. (2006) je při výběru testu nutno dbát na následující vlastnosti:

- spolehlivost testu,
- platnost testu,
- citlivost testu,
- objektivitu testu,
- specifickou testu,
- proveditelnost testu,
- hospodárnost testu.

Správné provedení testu pak vyžaduje:

- standardizaci podmínek,
- standardizaci testové procedury,
- optimální stav testovaných.

Pro diagnostiku RSA jsou často používány bicyklové ergometry, motorizované či nemotorizované běžecké pásy a využívá se také běhu v terénu. Bohužel existuje velmi málo studií, které vytvořily užší vazby mezi výsledkem jedince v testu a v soutěžním prostředí (Krustrup, Mohr, Amstrup, Rysgaard, Johansen, Steenberg et al., 2003). Fitzsimons, Dawson, Ward a Wilkinson (1993) pro dosažení absolutní korelace doporučují použití testovacího režimu cvičení co nejvíce specifického pro vybraný sport.

Testy jsou prováděny v laboratořích vybavených speciální technikou nebo v terénních přirozených podmínkách daného sportu, z čehož vychází také označení laboratorní a terénní testy (Pastucha, 2014). Výhody a nevýhody laboratorního

a terénního testování dle Hnízдила a Havla (2012) či Psotty et al. (2006) popisuje blíže Obrázek 1.

	VÝHODY	NEVÝHODY
LABORATORNÍ TESTOVÁNÍ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stabilita podmínek → vysoká reliabilita</li> <li>• snadnější detekce a snímání biologických markerů</li> <li>• možnost přesně definovat fyzikální výkon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyšší pořizovací cena</li> <li>• omezená dostupnost/kapacita → časová náročnost</li> <li>• problémy s přenosem výsledků do terénu</li> </ul>
TERÉNNÍ TESTOVÁNÍ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nižší cena</li> <li>• možnost vyšetřování velkých souborů/skupin</li> <li>• přímá využitelnost v řízení tréninku</li> <li>• dostupnost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• proměnlivé podmínky/ nestálost prostředí</li> <li>• komplikované snímání biologických markerů</li> <li>• komplikované stanovení fyzikálního výkonu</li> <li>• nižší přesnost</li> </ul>

Obrázek 1. Výhody a nevýhody laboratorního a terénního testování hráčů (Hnízdil & Havel, 2012; Psotta et al., 2006).

### 2.2.2 Terénní testy

Diagnostika terénního testování spočívá v porovnání dosaženého výkonu s normativními údaji (Hnízdil & Havel, 2012).

Níže jsou uvedeny některé z terénních testů:

- **Yo-Yo intermittent endurance test** (Bangsbo & Mohr, 2012; Metaxas, Koutlianos, Kouidi, & Deligiannis, 2005)
  - Yo-Yo intermittent endurance test level 1 – člunkový běh 20 m, počáteční rychlost 8 km·h<sup>-1</sup> (Bangsbo, 1994b)
  - Yo-Yo intermittent endurance test level 2 – člunkový běh 20 m, počáteční rychlost 11,5 km·h<sup>-1</sup> (Bangsbo, 1994b)



- **Yo-Yo intermittent recovery test** (Bangsbo, Iaia, & Krusturp, 2008)
  - Yo-Yo intermittent recovery test level 1 – člunkový běh 20 m, počáteční rychlost 10 km·h<sup>-1</sup> (Bangsbo, 1994b)
  - Yo-Yo intermittent recovery test level 2 – člunkový běh 20 m, počáteční rychlost 13 km·h<sup>-1</sup> (Bangsbo, 1994b)

Testy založené na opakovaném běhu mezi dvěma značkami ve vzdálenosti 20 m na zvukový signál s 10 s aktivním intervalem odpočinku (IO) pro zotavení, hodnotící aerobní kapacitu sportovce. Sledovanými parametry jsou celková uběhnutá vzdálenost/počet úseků. Sporttesterem měřena SF, jednu minutu po zátěži odebrán vzorek krve pro zjištění hodnoty La, sledován procentuální pokles SF.

Odhad VO<sub>2</sub>max predikční rovnicí:

**VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) = vzdálenost (m) x 0.0084 + 36.4** (Bangsbo & Mohr, 2012; Bangsbo, Iaia, & Krusturp, 2008).

- **Leger-test** – člunkový běh 20 m, počáteční rychlost 8,5 km·h<sup>-1</sup> (Heller & Vodička, 2011; Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988)

Podobně zaměřený test, přičemž se každé dvě minuty zvyšuje rychlost o jeden MET (metabolický ekvivalent = 3,5 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) zvukovým signálem. Ukončeno neschopností dvakrát včas dokončit měřený úsek. Výsledkem je nejvyšší dosažená rychlost, z níž lze odhadnout úroveň VO<sub>2</sub>max ze vztahu:

**VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) = 5.86 · v (km·h<sup>-1</sup>) – 19.46**

- **Bangsbo football test** – 7 x 35 m sprint, 25 s aktivní IO

Test hodnotící RSA. Sledovanými parametry jsou nejlepší běžecký čas, průměrný čas ze sedmi sprintů (35 m) a index únavy vypočítaný jako rozdíl mezi nejlepším a nejhorším zaběhnutým časem. IO představuje 25 s chůze zpět na startovní stanoviště mezi jednotlivými sprinty (Bangsbo, 1994b).

- **Phosphate Recovery Test** – 7 x 7 vteřin sprint, 23 s pasivní IO (Dawson, Ackland, Roberts, & Lawrence, 1991)

Test hodnotící anaerobní kapacitu sportovce. Parametrem je rozdíl vzdáleností

prvního a posledního sprintu, který je zákonitě vlivem únavy kratší (dostupné na: <https://www.topendsports.com/testing/tests/phosphate-recovery.htm>).

- **Running Based Anaerobic Sprint Test (RAST)** – 6 x 35 m sprint, 10 s pasivní IO

Test hodnotící anaerobní výkon sportovce na základě 35 m úseků. Parametrem jsou maximální výkon, průměrný výkon, minimální výkon s indexem únavy (maximální – minimální výkon) a kumulovaný čas všech šesti sprintů.

**Výkon = váha x vzdálenost<sup>2</sup> / čas<sup>3</sup>** (Draper & Whyte, 1997; Heller & Vodička, 2011).

- **AFL Sprint Recovery Test** – 6 x 30 m sprint, 20 s aktivní IO velmi nízké intenzity

Test hodnotící kapacitu sportovce pro střídavý výkon – schopnost udržet rychlost při opakovaném sprintu. Výsledkem je kumulovaný čas šesti sprintů. Každý sprint začíná s 20 s prodlevou (IO; tedy 20 s, 40 s, 1 min, 1 min 20 s a 1 min 40 s) po začátku prvního sprintu. Index únavy pozorován rozdílem nejlepšího a nejhoršího času (dostupné na: <https://www.topendsports.com/testing/tests/sprint-recovery-afl.htm>).

- **FIFA Interval Test** – 6 x 40 m sprint

Test založený na opakovaném vyvíjení vysoké až maximální intenzity běhu. Hodnotí se udržení standardního času pro každý sprint – do 6 s. IO představuje 90 s od započetí sprintu do započetí dalšího sprintu, nejedná se tedy o plný 90 s IO mezi každým sprintem (dostupné na: <https://www.topendsports.com/testing/tests/fifa-interval-1.htm>).

Vhodnými přístroji pro vyšetřování sportovců v terénu jsou dle Máčka a Radvanského (2011) mimo jiné také telemetrická zařízení přenášející biosignály, různé typy pedometrů (krokoměrů), akcelerometry měřící zrychlení, přístroje GPS a v poslední době také přístroje kombinující více biosignálů dohromady. Jejich validita však není dosud zcela známa.

Vzhledem k zaměření této práce, typu testu a jeho požadavkům, se další podkapitola podrobněji zaměřuje na testy laboratorní.

### 2.2.3 Laboratorní testy

K laboratornímu vyšetření RSA bylo použito mnoho zátěžových protokolů. Rozdílly v režimu cvičení, trvání sprintu, počtu opakování sprintu, typu zotavení a stavu trénovanosti testovaných však hodnocení a porovnání v rámci jednotlivých studií ztěžují (Spencer et al., 2005).

Nejčastěji používaným nástrojem pro vyšetření RSA jsou bicyklové ergometry nebo motorizované a nemotorizované běžecké pásy. Z hlediska tělesného zatížení se používají testy s maximálním zatížením, tzv. all-out testy nebo submaximální testy. Hodnotí se schopnost využití neoxidativních energetických metabolických cest (Grasgruber & Cacek, 2008). Hodnocenými parametry jsou obvykle maximální dosažený výkon v jednom sprintu, změny výkonu v průběhu testu vyjádřené koeficientem (indexem) únavy a celková vykonaná práce v průběhu testu (Psotta et al., 2006).

Níže jsou uvedeny některé laboratorní testy:

- **Intermitentní test na bicyklovém ergometru (ITBE)**

Testovacího protokolu v rámci intermitentního anaerobního testování fotbalistů v laboratoři využili Heller a Psotta (2000). Společně s Gaitanos, Williams, Boobis a Brooks (1993) použili při testu bicyklový ergometr s konstantním brzdícím momentem odpovídající výkonu  $6-7 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  hmotnosti u mužů a  $5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  u žen při frekvenci 60 otáček za minutu. Celý test je složen ze série deseti (kratší verze pěti) po sobě jdoucích 5 s (Psotta et al., 2006) nebo 6 s (Gaitanos et al., 1993) sprintů, mezi něž je vložen 30 s IO v podobě zatížení velice nízké intenzity (šlapání bez silového odporu). Online monitoring výkonu umožňuje posoudit schopnost udržení vysokého výkonu v opakovaných 5 či 6 s úsecích maximálního sprintu. Díky technice může být analyzován zároveň výkon jednotlivých 5 či 6 s sprintových/maximálních zatížení, u kterých je sledován nejvyšší, nejnižší a z nich odvozený průměrný výkon v jednotlivých otáčkách (Heller & Vodička, 2011). Cílem testu je dosáhnout co nejvyššího výkonu v každém sprintu v pozici v sedě.

Testu předchází standardizované 10 min rozcvičení středně frekvenčním šlapáním při silovém odporu  $1.5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti (Psotta et al., 2006).

- **Intermitentní běžecký test na motorizovaném běžeckém pásu**

Ve studii Rampinini et al. (2009) byl použit vysoce intenzivní intermitentní testovací protokol (HIT) na motorizovaném běžeckém pásu (8 % sklon pásu). Test je složen z deseti 10 s běžeckých sprintů ( $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) s 20 s intervaly aktivního odpočinku mírné aktivity (chůze  $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) mezi jednotlivými sprinty. Během testu byla každých 5 s měřena SF, ihned po testu byl odebrán vzorek kapky krve pro zajištění hladiny  $\text{La}$  v krvi a rovněž hodnot  $\text{H}^+$  iontů a  $\text{HCO}_3^-$ . Testu předcházelo 10 min rozcvičení, během něhož každý účastník postupně provedl tři 10 s běhy rychlostí 14, 16 a  $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  s 20 s intervaly aktivního odpočinku mírné aktivity (chůze  $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) mezi jednotlivými sprinty.

- **Intermitentní běžecký test na nemotorizovaném běžeckém pásu**

Ve své studii použili nemotorizovaný běžecký pás pro účely diagnostiky RSA testu Brown, Huges a Tong (2007). Test sestává z deseti 6 s běžeckých sprintů ze stoje. Mezi jednotlivými sprinty vždy následoval 34 s interval pasivního odpočinku. Po dobu testu byl zaznamenáván výstupní výkon (W) a rychlost běhu ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), sporttesterem byla každých 5 s měřena SF. Testu předcházelo 5 min rozcvičení rychlostí dle vlastního uvážení, po kterém následoval dvou minutový pasivní IO.

Spiroergometrie je hodnocením aerobní kardiorespirační zdatnosti, při níž se analyzuje množství vydechaného vzduchu během maximální fyzické zátěže sportovce, zpravidla na bicyklovém ergometru nebo běžeckém pásu, viz výše (Cawley & Warning, 2015; Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004).

Záznamem dech po dechu poté byla v testech sledována spotřeba kyslíku ( $\text{VO}_2$ ), množství vydechaného oxidu uhličitého ( $\text{VCO}_2$ ), monitorována minutová plicní ventilace (VE), stanoven poměr respirační výměny (RER) a odvozeny dílčí maximální hodnoty. Součástí testu je rovněž stanovení pozátěžové koncentrace  $\text{La}$  v kapilární krvi (Brown, Huges, & Tong 2007; Rampinini et al., 2009).

### 2.3 Fyziologie vysoce intenzivního intermitentního cvičení

V této podkapitole je naznačena problematika energetického krytí při intermitentním vysoce intenzivním tělesném cvičení.

Fyzickým zatěžováním organismu je narušena stálost vnitřního prostředí (homeostáza), která je jinak v neustálé funkční dynamické rovnováze. Protože se zatěžováním liší výdej energie a příjem O<sub>2</sub>, je tento stav označován jako nerovnovážný. Pohybová činnost narušující stálost vnitřního prostředí je charakteristická zvýšením pracovního metabolismu a pro zajištění všech metabolických potřeb způsobuje akutní změny především v nervosvalovém a kardiorespiračním systému. Změny úzce souvisí se snahou o přísun O<sub>2</sub> a energetických zdrojů až k pracujícím svalům s odvodem oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>). Příčinnou odezvu těchto změn pozorujeme v systému svalovém. Fyzickou zátěží zvyšujeme pomocí funkcí kardiovaskulárního systému především srdeční frekvenci, což má navíc za následek zvýšený systolický srdeční objem i minutový srdeční výdej. Zvýšenou frekvencí dýchacího systému je urychlena také výměna dýchacích plynů/plicní ventilace (Máček & Radvanský, 2011).

Aby byl kosterní sval schopen vykonat pohybovou činnost, je nezbytně nutné pracujícímu svalu dodat energii. Primární energetické krytí pohybové činnosti je zajištěno štěpením, eventuálně transformací glycidů, lipidů a proteinů, jež jsou hromadně označovány jako makroergní substráty. Pohybovou aktivitu ovšem nelze vykonávat neomezeně. Jako limitující faktor zisku energie pro pohybovou činnost je vnímán poměr makroergních fosfátů ATP/ADP, nedostatek energetických zdrojů či pokles až zástava užitého průtoku krve. Při nadbytku ATP za současného nedostatku ADP je další uvolnění energie pro svalovou práci zpomaleno (Havlíčková, 2006).

Zatímco v klidu nebo během pohybové aktivity nižší intenzity je energie čerpána ze všech výše zmiňovaných živin, při vysoce intenzivní pohybové činnosti jsou hlavním a často výhradním zdrojem energie cukry. Hlavní roli hraje opět délka a intenzita zatížení, z níž vychází také poměr mezi vydýchaným CO<sub>2</sub> a spotřebovaným (vdechnutým) O<sub>2</sub>. Tento poměr respirační výměny je označován také jako respirační kvocient (RER). Respirační kvocient je hlavním informátorem aktuální metabolizace výše uvedených živin. Při oxidaci glycidů (cukrů) je množství vydýchaného CO<sub>2</sub> stejné s množstvím

spotřebovaného  $O_2$ , a platí tak vztah  $RER = 1$ . Pro oxidaci tuků dále  $RER = 0.7$  a u bílkovin je  $RER = 0.8$  (Havličková, 2006).

Jak již bylo zmíněno, hlavním zdrojem energie pro pohybovou aktivitu je ATP, jehož nízká zásoba však vystačí na prvních pár sekund vysoce intenzivní pohybové činnosti. Proto je nutná jeho neustálá obnova především z CP. Další možností obnovy ATP je štěpení živin – cukrů, tuků a bílkovin (Havličková, 2006).

Celková zásoba cukrů (400-600 g) v podobě jaterního a svalového glykogenu vystačí přibližně na dvě hodiny pohybové činnosti. Zásobník tuků (5-20 g) je důležitým zdrojem při déletrvajících pohybových aktivitách a za určitých předpokladů můžeme hovořit o zdroji pro nekonečně dlouhou pohybovou činnost. Bílkoviny zastupují především stavební funkci, významně se podílejí na regeneraci sil, energetickým zdrojem jsou spíše zřídka při dlouhodobé pohybové aktivitě (Dovalil, 2009; Havličková, 2006).

Pro jednotlivé fáze pohybové činnosti v závislosti na celkové délce trvání a aktuální intenzitě zatížení je charakteristické uplatňování specifických metabolických zón energetického hrazení.

Pohybová aktivita maximální intenzity s dobou zatížení 10-20 s je kryta pohotovou zásobou makroergních fosfátů svalové tkáně ATP a CP. Tento typ krátkodobého zatížení je pro nedostatečnou účast  $O_2$  bez vzestupu hladiny kyseliny mléčné ( $C_3H_6O_3$ ) v krvi, označován jako tzv. alaktátový neoxidativní způsob energetického hrazení. Pro tento typ hrazení energie, tedy pro pohybovou aktivitu v tzv. alaktátové zóně, je typické zapojení rychlých glykolytických svalových vláken (FG). Ta se vyznačují extrémní rychlostí zapojení (svalového stahu) s rychlým nástupem únavy (Cipryan & Gajda, 2011; Havličková, 2006).

Pohybová aktivita submaximální intenzity s délkou trvání přibližně do 90 s je energeticky kryta anaerobní glykolýzou. Při nedostatečné dodávce  $O_2$  za vzestupu koncentrace  $C_3H_6O_3$  a jejích solí (La) během anaerobní glykolýzy, hovoříme o tzv. laktátovém neoxidativním (anaerobním) systému energetického hrazení. Zisk ATP z glykogenu je v laktátové zóně dvakrát pomalejší. To má za následek snížení intenzity

pohybové činnosti v souvislosti s vyplavením La a tělesnou intolerancí metabolické acidózy (Havličková, 2006).

Až během pohybové aktivity střední či mírné intenzity s délkou trvání přesahující 90 s, dochází k úhradě energie oxidativním (aerobním) způsobem. Při jeho výlučném energetickém krytí a typické intenzitě zatížení, je jeho kapacita víceméně neomezená. Limitem využívání oxidativního systému je pouze typ pohybové aktivity a rychlost tohoto systému dodávat makroergní fosfáty činným svalům. Pohybová aktivita v rámci vytrvalostního (oxidativního) energetického systému je realizována za účasti pomalých (červených) svalových vláken kosterního svalu. Pomalá svalová vlákna se díky vyššímu prokrvení vyznačují pozdějším nástupem únavy, avšak oproti rychlým svalovým vláknům zároveň velice pomalým zapojením (svalovým stahem). Oxidativní způsob hrazení energie je zásadním činitelem rychlého doplnění zásoby ATP a CP zpět na maximální výchozí úroveň před dalším zatížením. Jedním z hlavních ukazatelů aerobních schopností je  $VO_2\max$ , nejlépe hodnocena v průběhu stupňovaného zatížení do *vita maxima* (Dovalil, 2009; Havličková, 2006).

Fyziologické determinanty jednotlivých částí, z nichž je výkon složen, např. jednoduchého sprintu či fyziologických a metabolických dějů během odpočinku, jsou poměrně známé a jsou doloženy řadou dalších studií (Glaister, 2005; Psotta et al., 2006; Spencer et al., 2005). Poněkud méně jasné je ale krytí tohoto zatížení a odpočinku při jejich neustálém opakování, tedy v průběhu intermitentního vysoce intenzivního pohybového výkonu. Otázkou zůstává, jakým způsobem se na úhradě energie pro svalové kontrakce během vysoce intenzivního intermitentního pohybového výkonu podílí aerobní metabolismus a v jaké míře ovlivňuje výkon aerobní kapacita jednotlivce.

Nutno podotknout, že žádný z energetických systémů nefunguje zcela izolovaně, ale v kombinaci, s tím, že v danou chvíli převládá jeden dle aktuální pohybové aktivity a její intenzity, stejně tak zároveň dle stupně adaptace na tělesnou zátěž (Máček & Radvanský, 2011).

Níže budou tyto energetické systémy blíže specifikovány.

## **2.3.1 Anaerobní metabolismus během intermitentního vysoce intenzivního pohybového výkonu**

### **2.3.1.1 Makroergní fosfáty**

Na makroergní fosfáty ATP a CP je, zvláště při výbušných typech pohybové aktivity vyznačujících se především svou rychlostí uvolňování energie, nahlíženo jako na zásadní zdroje energie pohybového výkonu. Je však zřejmé, že v průběhu krátkodobých opakovaných intervalů zatížení střídajících se s intervaly odpočinku, nedochází k jejich úplné resyntéze (Psotta et al., 2006; Spencer et al., 2005). Energie potřebná pro svalovou práci neboli funkci kontraktilních elementů svalových vláken vzniká štěpením ATP, z něhož ztrátou jedné molekuly vzniká difosfát a monofosfát. Kombinací volného fosfátu a kreatinu vzniká CP jakožto hlavní zdroj energie pro opakující se resyntézu.

V kosterních svalech je obvykle uchováváno přibližně 20-25 mmol/kg suché svalové hmoty ATP, které s maximální rychlostí obratu zhruba 15 mmol/kg suché svalové hmoty za sekundu vystačí na trvání výkonu v podobě 1-2 s maximální intenzity (Bogdanis, Nevill, Lakomy, & Boobis, 1998; Gaitanos et al., 1993; Parolin, Chesley, Matsos, Spriet, Jones, & Heigenhauser, 1999).

Oproti ATP je intramuskulární (vnitrosvalová) zásoba CP v klidovém stavu vyšší, obvykle v rozmezí 75-85 mmol/kg suché svalové hmoty (Boobis, Williams, & Wootton, 1982; Dawson, Goodman, & Lawrence, 1997; Parolin et al., 1999) s maximální rychlostí obratu okolo 7-9 mmol/kg suché svalové hmoty za sekundu (Gaitanos et al., 1993; Hultman & Sjoholm, 1983; Parolin et al., 1999).

Newsholme (1986) nebo také Spencer et al. (2005) uvádí, že takto vysoká hodnota CP ve svalu poskytuje dostatečné množství energie po dobu přibližně prvních 5 s maximální práce, což odpovídá výkonu o vzdálenosti 50-60 m maximálního běžeckého sprintu. Boobis, Williams a Wootton (1982), Gaitanos et al. (1993) a Spencer et al. (2005) přitom uvádí až 50 % podíl CP na tvorbě celkového množství anaerobního ATP během jediného 5-6 s maximálního sprintu na bicykloergometru. Vzhledem k značnému přínosu anaerobní glykolýzy a aerobního metabolismu k celkovému zásobování ATP během



krátkodobého maximálního sprintového výkonu však nejsou zásoby CP obvykle zcela vyčerpány. A tak je například při 30 s maximálním sprintu vyčerpáno přibližně 60-80 % původní klidové hodnoty CP (Bogdanis et al., 1995; Medbø, Gramvik, & Jebens, 1999; Spencer et al., 2005). S klesající dobou trvání maximálního běžeckého sprintu (10-12,5 s) klesá také spotřeba zásob CP k rozmezí asi 40-70 % klidových hodnot (Spencer et al., 2005). Nejmenší vyčerpání zásob CP (35-55 %) deklarují Dawson, Goodman a Lawrence (1997), Gaitanos et al. (1993) či Spencer et al. (2005) u 6 s maximálního běžeckého sprintu.

Jak je uváděno výše, nejsou zásoby CP, vzhledem k značnému podílu anaerobní glykolýzy a aerobního metabolismu na celkové tvorbě ATP během krátkodobého maximálního sprintu, zcela vyčerpány (Spencer et al., 2005). Úplné zotavení ovšem nastává až během 2-5 min po ukončení svalové práce (Haseler, Hogan, & Richardson, 1999; Walter, Vandenborne, McCully, & Leigh, 1997).

Pakliže by neexistovala možnost včasné resyntézy ATP, byla by její zásoba nenávratně vyčerpána během několika desítek sekund intenzivní pohybové aktivity. Díky resyntéze ale k úplnému vyčerpání ATP nedochází ani při extrémně energeticky náročných svalových výkonech. Energie potřebná k resyntéze ATP je dle Máčka a Radvanského (2011) získávána dvěma způsoby, a to oxidativní nebo glykolytickou fosforylací substrátu. Ten je v zásadě tvořen volnými mastnými kyselinami nebo krevní glukózou, která se často objevuje v sousedním svalovém vlákne či vzdáleném orgánu v podobě La.

Z poznatků vyplývá velmi vysoká pravděpodobnost závislosti výsledného intermitentního vysoce intenzivního výkonu na dostupnosti CP, což dokládá celá řada studií (Bogdanis et al., 1995; Cherry, Lakomy, Boobis, & Nevill, 1998; Mujika, Padilla, Ibanez, Izquierdo, & Gorostiaga, 2000) popisujících podmíněnost vysoce intenzivního intermitentního pohybového výkonu dostupností CP. Resyntéza CP je navíc zřejmě výrazně ovlivněna oxidativními procesy (Haseler, Hogan, & Richardson, 1999).

### 2.3.1.2 Anaerobní glykolýza

Glykolytický způsob uvolnění energie je velice rychlý, a proto se uplatňuje především při krátkodobých zátěžích (1-2 min) vysoké intenzity (Máček & Radvanský, 2011).

Anaerobní glykolýza představuje rozpad (spalování) glukózy, zejména ve formě svalového glykogenu, na ATP za vzniku  $C_3H_6O_3$  a energeticky významného meziproduktu – La. Produkce ATP anaerobní glykolýzou se sice oproti oxidativní fosforylaci na počátku maximálního výkonu aktivuje velmi rychle a dosahuje nejvyšší rychlosti rozpadu přibližně 6-9 mmol/kg suché svalové hmoty ATP za sekundu po zhruba 5 s výkonu, má ovšem nižší energetickou výtěžnost (Glaister, 2005).

Oproti resyntéze ATP z CP, je resyntéza ze sacharidových zdrojů asi desetkrát pomalejší, v důsledku čehož již při této intenzivní zátěži nelze běžet zcela na maximum (Vilikus, 2015). Zásoba vnitrosvalového glykogenu je ale individuální a odvíjí se od aktuálního zdravotního stavu a stupně trénovanosti jedince. Gaitanos et al. (1993) uvádí hodnotu v klidovém stavu přibližně 300 mmol/kg svalové hmoty.

V průběhu krátkého maximálního sprintu je prudký pokles koncentrace CP kompenzován zvýšenou aktivací glykolýzy pro udržení obratu ATP rychlostí 11-14 mmol/kg suché svalové hmoty za sekundu. Při vysokých glykolytických hodnotách se extrémně zvyšuje koncentrace svalového La, což má za následek rovněž zvýšenou koncentraci vodíkových iontů ( $H^+$ ). Ta zanechává následky v podobě změny pH (acidózy) ve svalových buňkách, jež jsou pravděpodobně příčinou svalové únavy (Glaister, 2005).

Během zotavovacího procesu je glykolýza údajně nečinná (Quistorff, Johansen, & Sahlin, 1992; Sahlin, Gorski, & Edström, 1990) a návrat pH ke klidovým hodnotám probíhá monoexponenciálním způsobem o poločase přibližně 9 min (Glaister, 2005).

Progresivní změny v metabolickém prostředí v průběhu maximálního intermitentního cvičení způsobují postupnou inhibici glykolýzy při opakovaných sprintech (Bangsbo, 1996). Takovým příkladem je studie Gaitanos et al. (1993),

kde hodnota anaerobního krytí ATP dosáhla během prvního sprintu 44 %, zatímco u desátého opakování tato hodnota klesla k 16 % a hlavním energetickým zdrojem anaerobní produkce ATP je CP.

Inhibice glykolýzy je mimo jiné zřejmě ovlivněna vyčerpáním zásob svalového glykogenu. Další možností je inhibice glykolýzy progresivním poklesem pH. Ačkoliv nejsou důvody zcela jasné, poslední uvažovanou možností je její inhibice akumulovaným cytosolovým citrátem. I tato teorie má ale své odpůrce, a tak jsou další výzkumy pro posouzení pravdivosti zcela nezbytné (Glaister, 2005).

Vlivem délky trvání výkonu a rostoucího počtu opakování sprintů postupně klesá role neoxidativního (anaerobního) metabolismu podílejícího se na produkci ATP v průběhu vysoce intenzivního intermitentního tělesného cvičení a začíná se zvyšovat podíl krytí oxidativním (aerobním) metabolismem (Glaister, 2005; Máček & Radvanský, 2011).

### **2.3.2 Aerobní metabolismus**

Aerobní metabolismus, potažmo oxidativní (aerobní) fosforylace probíhá oproti anaerobnímu způsobu pomaleji, avšak množství energie dodané tímto způsobem je omezené pouze zásobou substrátu. Oxidativní fosforylace nachází své uplatnění zejména při dlouhodobých výkonech vytrvalostního charakteru, ale také při trvalé aktivitě některých svalových skupin. Podstatou je dodat pracujícímu tělu co nejefektivnějším a nejekonomičtějším způsobem co nejvyšší množství  $O_2$ . Možné limity tedy spočívají v respiraci a krevním oběhu neboli schopnostech transportního systému. Aktuální poznatky ovšem poukazují na podíl aerobního výdeje energie i při krátkých, energeticky náročných výkonech. Vysoká aktivita enzymů LDH dovolí oxidaci La a ten je následně využit jako rychle dostupný zdroj energie (Máček & Radvanský, 2011).

V počáteční fázi vysoce intenzivního cvičení dochází k opožděnému přísunu  $O_2$  pracujícím svalům, což v situaci, kdy je pracovní doba svalů omezena na několik sekund, vyrovnává množství  $O_2$  vázané na myoglobin ( $MbO_2$ ). Ten je v lidském kosterním svalstvu zastoupen přibližně 2 mmol  $O_2$ /kg suché svalové hmoty (Conley, Ordway, & Richardson, 2000; Glaister, 2005; Richardson, Newcomer, & Noyszewski, 2001).

Intenzita zatížení na úrovni  $VO_{2max}$  způsobí desaturaci  $MbO_2$  přibližně k 50 % klidových hodnot již během 20 s. Během regenerace je zásoba  $MbO_2$  do 20 s od ukončení cvičení doplněna do počáteční hodnoty, a tak se při této rychlosti resaturace jeví dostupnost  $O_2$  z myoglobinu, jako omezující faktor opakovaných sprintů, málo pravděpodobná (Glaister, 2005).

Podíl aerobního metabolismu je při jednorázovém krátkém sprintu omezen na minimum. Studie McGawley a Bishop (2008) udává přibližně 10 % účast z celkové energetické produkce. Zároveň ale zmiňuje zvyšující se roli oxidativního metabolismu s narůstajícím počtem opakování sprintů a intervalů odpočinku (délkou trvání cvičení), kdy s desátým sprintem narůstá hodnota energetického krytí oxidativním metabolismem k 40 % celkové produkce. Opakováním sprintů se tedy postupně zvyšuje podíl aerobního zásobování ATP (Bogdanis, Nevill, Boobis, & Lakomy, 1996; Trump, Heigenhauser, Putman, & Spriet, 1996).

Zdá se, že hlavním úkolem aerobního metabolismu během opakovaných sprintů je jeho výhradní příspěvek k obnově homeostázy během intervenčních období odpočinku v závislosti na kinetice  $VO_2$  (Cipryan & Gajda, 2011). Stejně tak se v rámci oxidativního metabolismu pro intermitentní vysoce intenzivní pohybový výkon jeví důležitější rychlost vzestupu  $VO_2$  oproti maximálnímu aerobnímu výkonu popsanému  $VO_{2max}$  (Brown, Huges, & Tong, 2007; Dupont et al., 2005; Rampinini et al., 2009). Studie Alizadeh, Hovanloo a Safania (2010), Karakoç, Akalan, Alemardoğlu a Arslan (2012) nebo Psotta et al. (2011) navíc označují vztah mezi  $VO_{2max}$  jedince a výstupním pohybovým výkonem v rámci intermitentního pohybového zatížení jako poměrně slabý.

Tato tvrzení, zdá se, rozporují myšlenku, že s přírůstkem aerobní kapacity jedince vzroste také efektivita metabolického zotavení po anaerobním cvičení (Brown, Huges, & Tong, 2007). V této souvislosti se v rámci aerobního metabolismu začíná více uvažovat nad bližším vztahem kinetiky  $VO_2$  a výsledného výkonu v intermitentním vysoce intenzivním cvičení (Brown, Huges, & Tong, 2007; Dupont et al., 2005; Rampinini et al., 2009).

Předpokládá se, že účinek dostupnosti  $O_2$  spočívá v ovlivnění velikosti aerobního příspěvku k resyntéze ATP během zatížení a/nebo rychlosti resyntézy CP během

intervalů odpočinku. Zvýšená dostupnost  $O_2$  by tak znamenala snížení kyslíkového deficitu, ke kterému během každého sprintu dochází. To má za následek nižší nároky na anaerobní zdroje pro zachování požadované rychlosti poskytování ATP. Zvýšení dostupnosti CP v počátcích každého sprintu v důsledku hyperoxie rovněž vede ke snížené poptávce anaerobní glykolýzy k zachování potřebné rychlosti obrátu ATP. Jak již bylo řečeno, předpokládá se, že schopnost opakovat sprinty je podmíněna dostupností CP na začátku každého sprintu. Tato domněnka je mimo jiné doložena zjištěním zlepšeného výkonu v intermitentním cvičení po 3-5 denní pravidelné suplementaci kreatinem (Mujika, Padilla, Ibanez, Izquierdo, & Gorostiaga, 2000; Romer, Barrington, & Jeukendrup, 2001).

Z výše uvedených poznatků vyplývá, že pro vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon natolik klíčové makroergní fosfáty by tedy mohly být rychleji resyntézovány při zvýšeném využití  $O_2$  v prvních sekundách trvání krátkých intervalů odpočinku mezi krátkodobým submaximálním/maximálním zatížením. Ve výhodě by pak byli sportovci disponující rychlejší kinetikou  $VO_2$ .

### **3 CÍL PRÁCE**

Cílem práce je popsat fyziologickou charakteristiku tělesného zatížení jedince v intermitentním cvičení.

## **4 METODIKA**

### **4.1 Design výzkumu**

Na základě teoretických poznatků o pohybové charakteristice hráče fotbalu v utkání bylo vysoce intenzivní intermitentní cvičení modelováno intermitentním běžeckým testem (IBT) na motorizovaném běžeckém pásu (Kettler, Ense, Německo). Kardiorespirační a ventilační odezva organismu byla v celém průběhu IBT sledována pomocí spiroergometrického zařízení Cosmed K4b2 (Cosmed, Monte Savello, Itálie).

Testování probíhalo v laboratoři Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci ve dvou po sobě jdoucích testovacích dnech. Testování se zúčastnili adolescentní fotbaloví hráči hrající 1. Českou ligu mladšího dorostu U17. Realizace testování probíhala v soutěžním období. Obě testovací části byly provedeny při stejné teplotě a vlhkosti vzduchu a ve stejnou denní dobu (15:00-18:00 hodin).

### **4.2 Účastníci**

Soubor účastníků tvořila skupina sedmi náhodně vybraných vysoce trénovaných adolescentních hráčů fotbalu (průměrný věk  $16.8 \pm 0.6$  let, průměrná tělesná výška  $179 \pm 5.6$  cm, průměrná tělesná hmotnost  $72.9 \pm 9.2$  kg, průměrná doba tréninku  $8.7 \pm 1.1$  let, obvykle 4-5 TJ/týden + utkání) 1. České ligy mladšího dorostu U17. Testování probíhalo v soutěžním období, ve 3. a 4. dni po soutěžním utkání.

Studie byla schválena etickou komisí Univerzity Palackého v Olomouci (kód schválení 15/2018) a všechny provedené experimentální postupy splňovaly pravidla Fakulty tělesné kultury. Písemný informovaný souhlas byl zajištěn od všech zákonných zástupců účastníků (Příloha 1).

### **4.3 Antropometrická měření**

Tělesná výška byla měřena pomocí Marsden Leicester height measure (Marsden Weighing Machine Group Ltd., Rotherham, Velká Británie) s přesností 0.1 cm. Pro měření tělesné hmotnosti byla použita elektronická váha Tanita BC554 IRONMAN

(Tanita Corporation of America, Inc., Illinois, USA) s přesností měření 0.1 kg.

#### 4.4 Průběh měření

Standardizovaný intermitentní běžecký test (IBT; upraven dle Balsom et al., 1994 a Rampinini et al., 2009) byl realizován na běžeckém pásu (Kettler, Ense, Německo). Test byl složen z deseti 6 s submaximálních běhů v rychlosti  $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a sklonem 8 %, oddělených 30 s pasivního odpočinku. Jednotlivé běhy byly zahájeny náskokem z bočního rámu na běžecký pás. Při náskoku na běžecký pás a následné tři kroky využíval jedinec boční madla, kterými je běžecký pás vybaven, a které sloužily rovněž pro seskok z běžeckého pásu (rozkročení nohou na boční rámy běžeckého pásu).

Samotnému testu předcházela měření klidové SF a TK a sběr somatických parametrů (měření tělesné výšky a tělesné hmotnosti). Před zahájením IBT měli účastníci 5 min pro individuální rozcvičení, poté následovalo standardizované rozcvičení na běžeckém pásu sestávající z pětiminutového běhu rychlostí  $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , po kterém následoval 3 min odpočinek. V další fázi rozcvičení účastníci absolvovali sérii tří běhů v rychlostech  $14$ ,  $16$  a  $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a sklonem 8 %. Tři minuty po skončení druhé části rozcvičení byl proveden IBT. Pomocí spirometrického zařízení Cosmed K4b2 (Cosmed, Monte Savello, Itálie) byla v celém průběhu IBT kontinuálně měřena metodou dech po dechu fyziologická (kardiorespirační a ventilační) odezva organismu. Zařízení bylo kalibrováno před každým testem podle doporučeného kalibračního protokolu.

Pro hodnocení fyziologické odezvy organismu byly vybrány fyziologické parametry zprůměrovány pro celý průběh IBT, jednotlivé 30 s intervaly odpočinku (IO) a dílčí 10 s úseky IO (1-10 s, 11-20 s, 21-30 s). Pro hodnocení fyziologické odezvy byly vybrány následující fyziologické parametry: spotřeba kyslíku ( $\text{VO}_2$ ), minutová plicní ventilace (VE), srdeční frekvence (SF), poměr respirační výměny (RER) a objem vydechaného oxidu uhličitého ( $\text{VCO}_2$ ).

#### 4.5 Statistická analýza

Pro vyjádření centrální tendence a variability naměřených fyziologických parametrů v IBT, IO a dílčích časových úsecích IO byl použit průměr (M) a směrodatná



odchylka (SD). K výpočtu statistických charakteristik byl použit SW program Statistica 9 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA).

## 5 VÝSLEDKY

Výsledky ukázaly, že tělesné zatížení v IBT odpovídá submaximální úrovni. Průměrné hodnoty fyziologických parametrů naměřených v jednotlivých IO mají stoupající tendenci až do IO 5. Pouze u SF a RER byl zaznamenán postupný vzestup napříč všemi IO (Tabulka 1).

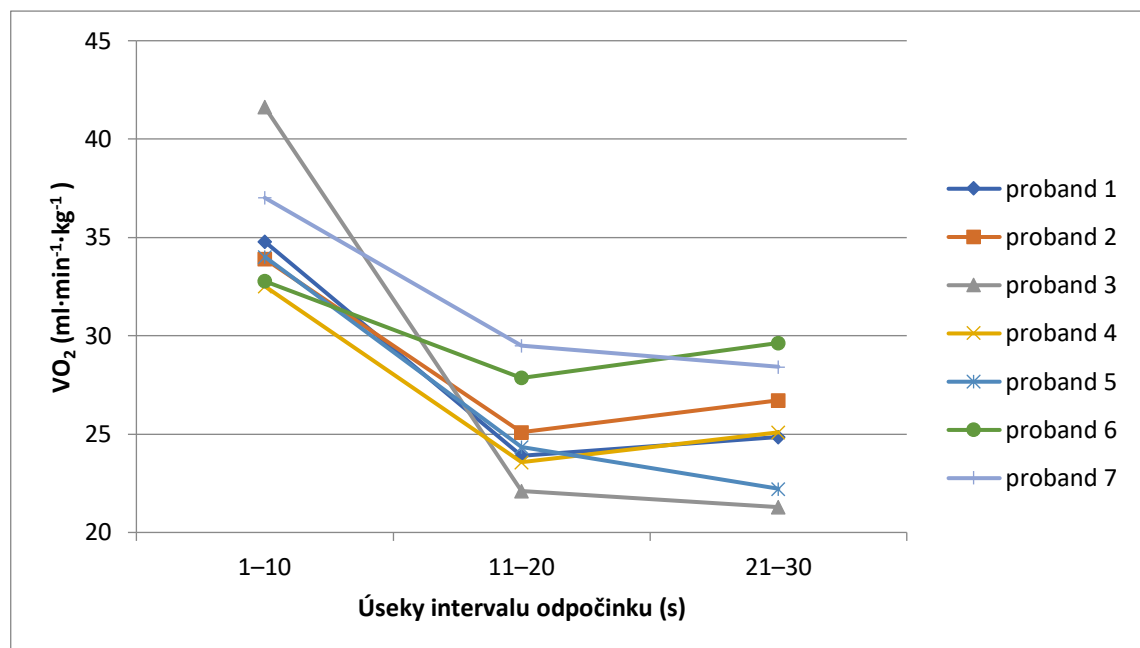
Tabulka 1. Výsledné průměrné hodnoty fyziologických parametrů účastníků v jednotlivých intervalech odpočinku a IBT (M  $\pm$  SD)

	VO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> )	VE (l·min <sup>-1</sup> )	SF (tep·min <sup>-1</sup> )	RER	VCO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> )
<b>IO 1</b>	18.1 $\pm$ 1.3	38.3 $\pm$ 3.0	131.2 $\pm$ 4.8	.97 $\pm$ .06	17.6 $\pm$ 2.5
<b>IO 2</b>	28.8 $\pm$ 4.2	50.7 $\pm$ 6.9	139.0 $\pm$ 2.1	.82 $\pm$ .02	23.7 $\pm$ 2.7
<b>IO 3</b>	29.9 $\pm$ 4.6	53.5 $\pm$ 7.5	143.1 $\pm$ 2.1	.83 $\pm$ .01	24.8 $\pm$ 3.0
<b>IO 4</b>	30.2 $\pm$ 5.6	54.8 $\pm$ 8.8	145.6 $\pm$ 1.6	.84 $\pm$ .02	25.3 $\pm$ 2.5
<b>IO 5</b>	30.8 $\pm$ 5.7	57.2 $\pm$ 8.1	147.1 $\pm$ 1.9	.86 $\pm$ .03	26.2 $\pm$ 3.2
<b>IO 6</b>	29.9 $\pm$ 5.0	55.5 $\pm$ 7.9	147.2 $\pm$ 1.8	.86 $\pm$ .02	25.6 $\pm$ 1.8
<b>IO 7</b>	30.0 $\pm$ 5.8	56.6 $\pm$ 9.3	149.5 $\pm$ 1.2	.88 $\pm$ .02	26.0 $\pm$ 2.7
<b>IO 8</b>	29.3 $\pm$ 5.3	56.2 $\pm$ 8.8	150.7 $\pm$ 0.8	.89 $\pm$ .02	25.8 $\pm$ 2.7
<b>IO 9</b>	29.9 $\pm$ 5.5	56.9 $\pm$ 10.2	152.3 $\pm$ 1.2	.89 $\pm$ .02	26.4 $\pm$ 3.1
<b>IO 10</b>	29.5 $\pm$ 5.4	54.0 $\pm$ 10.8	152.7 $\pm$ 2.3	.86 $\pm$ .02	25.4 $\pm$ 3.2
<b>IBT</b>	30.4 $\pm$ 2.0	55.8 $\pm$ 10.3	144.0 $\pm$ 16.2	.86 $\pm$ .04	25.6 $\pm$ 2.5

*Vysvětlivky:* IO – interval odpočinku, IBT – intermitentní běžecký test, VO<sub>2</sub> – spotřeba kyslíku, VE – minutová plicní ventilace, SF – srdeční frekvence, RER - poměr respirační výměny (CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>), VCO<sub>2</sub> – množství vydechaného oxidu uhličitého.

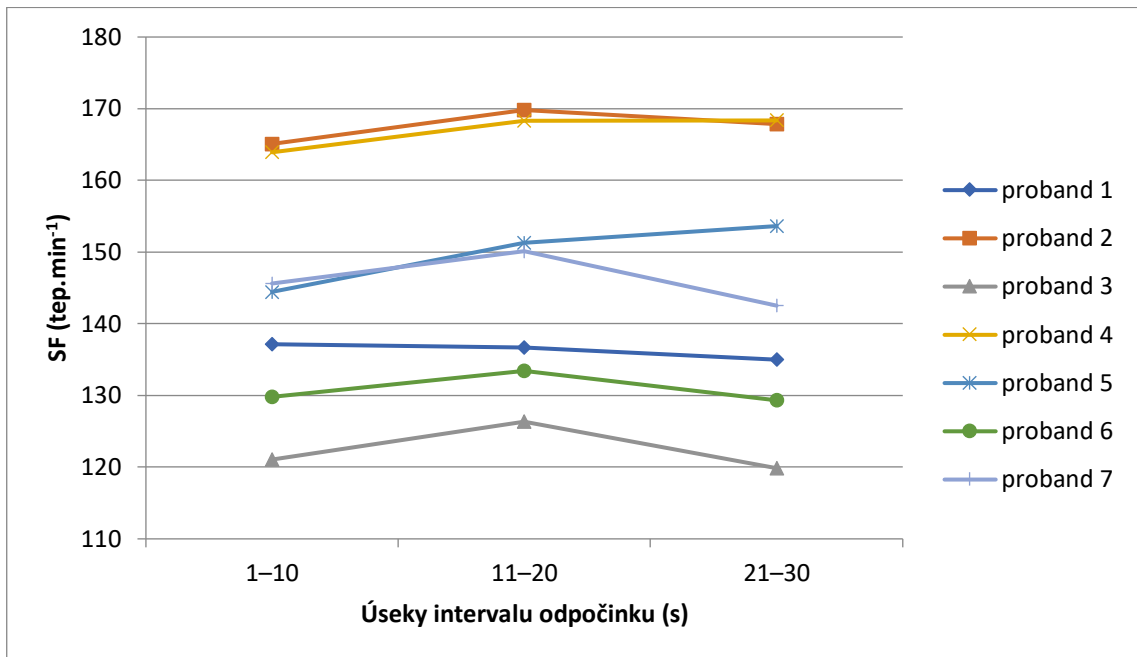
Co se týká kinetiky  $VO_2$ , bylo zjištěno, že všech 7 účastníků dosahovalo nejvyšších průměrných hodnot  $VO_2$  v prvním časovém úseku IO (Graf 1). Zajímavostí je relativně vysoká inter-individuální variabilita mezi naměřenými hodnotami  $VO_2$  v jednotlivých IO, kde v časovém úseku 1-10 s dosahovala nejvyšší průměrná hodnota  $41.6 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  (proband 3) a nejnižší hodnota  $32.5 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  (proband 4). Průměrná hodnota  $VO_2$  ve druhém (11-20 s) a třetím (21-30 s) časovém úseku IO dosahovala výrazně nižších hodnot, a to v rozmezí 22.1-29.5, respektive 21.3-29.6  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Graf 1. Porovnání průměrných hodnot  $VO_2$  dílčích časových úseků v deseti intervalech odpočinku



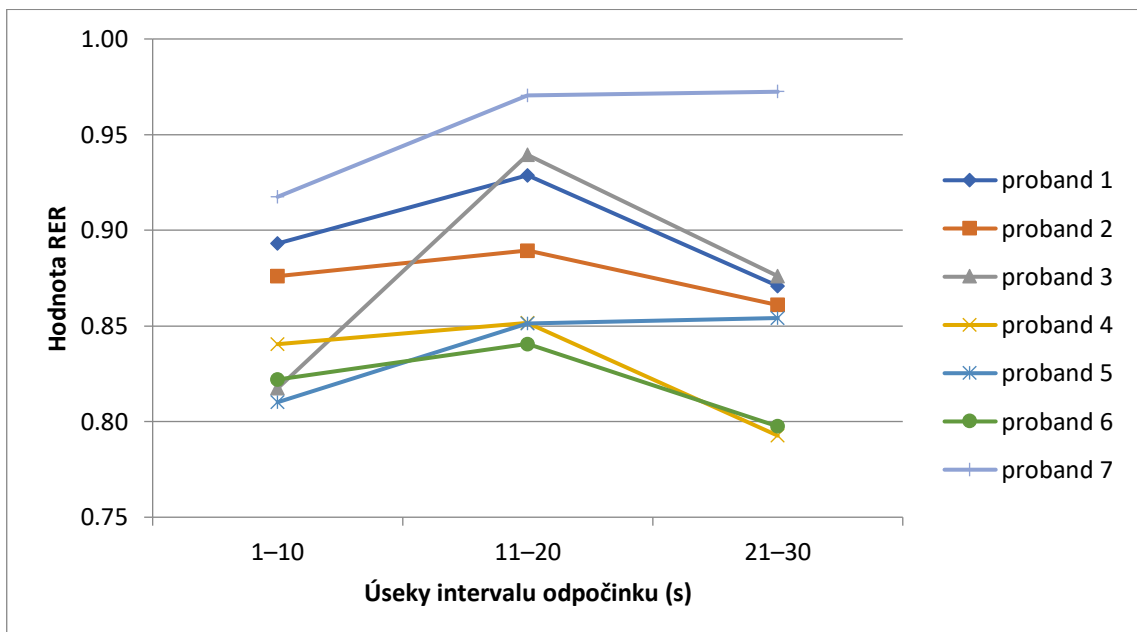
Až na výjimky (proband 1 a proband 5) dosahovali účastníci nejvyšších průměrných hodnot SF (Graf 2) ve druhém časovém úseku IO. Rozdíly v hodnotách napříč dílčími časovými úseky IO nebyly příliš výrazné. Naproti tomu byly zaznamenány velké rozdíly v hodnotách SF mezi jednotlivými účastníky, o čemž vypovídá 26,7 % (121.1-165.1  $\text{tep}\cdot\text{min}^{-1}$ ) rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou SF v prvním časovém úseku, 25,6 % (126.3-169.8  $\text{tep}\cdot\text{min}^{-1}$ ) ve druhém a 28,8 % (119.9-168.4  $\text{tep}\cdot\text{min}^{-1}$ ) ve třetím časovém úseku IO. Tyto výše zmíněné rozdíly mohou poukazovat na možné inter-individuální rozdíly v trénovanosti jedinců.

Graf 2. Porovnání průměrných hodnot SF dílčích časových úseků v deseti intervalech odpočinku



Nejvyšší RER v průběhu IBT (Graf 3) byl až na dvě výjimky (proband 5 a proband 7) pravidelně dosahován ve druhém časovém úseku IO, přičemž nejvyšší naměřená hodnota byla 0.97 (proband 7).

Graf 3. Porovnání průměrných hodnot RER dílčích časových úseků v deseti intervalech odpočinku



## 6 DISKUZE

K popisu fyziologických charakteristik tělesného zatížení jedince v intermitentním cvičení byl použit standardizovaný intermitentní běžecký test na motorizovaném běžeckém pásu.

Výsledné průměrné hodnoty sledovaných fyziologických parametrů  $\text{VO}_2$  ( $30.4 \pm 2.0 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), SF ( $144.0 \pm 16.2 \text{ tep} \cdot \text{min}^{-1}$ ), VE ( $55.8 \pm 10.3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ), RER ( $0.86 \pm 0.04$ ) a  $\text{VCO}_2$  ( $25.6 \pm 2.5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) u adolescentních vysoce trénovaných hráčů fotbalu dokládají submaximální intenzitu zatížení tohoto testovacího protokolu. Zejména z výsledků SF a RER je vysoce pravděpodobné, že IBT jedinci absolvovali pod úrovní anaerobního prahu, což příliš nekoresponduje s reálným zatížením hráče v utkání (Stølen et al., 2005). Je zajímavé, že ve studii Rampinini et al. (2009) dosahovali při podobném testovacím protokolu [10 x 10 s sprint ( $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ), 20 s aktivní IO (chůze  $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ )] profesionální i amatérští hráči téměř totožných průměrných hodnot SFmax ( $87.4 \pm 3.8 \%$  vs.  $87.6 \pm 4.5 \%$ ). Příčinou rozdílných průměrných hodnot v porovnání s naší prací ( $70.6 \%$  SFmax), zjištěných dle Karvonenovy formule (Benson & Connolly, 2011), je pravděpodobně vyšší náročnost testu (delší interval zatížení a kratší, navíc aktivní IO) studie Rampinini et al. (2009).

Jak bylo zmíněno výše, na resyntéze CP se podílí zejména oxidativní procesy (Haseler, Hogan, & Richardson, 1999). Z tohoto důvodu se jako důležitá schopnost v rámci aerobního metabolismu jeví dosažení vysokých hodnot  $\text{VO}_2$  co nejdříve od zahájení intervalu zatížení/odpočinku. Na tomto předpokladu založili svou studii Brown, Huges a Tong (2007), kteří v jednotlivých 40 s cyklech intermitentního cvičení maximální intenzity (6 s sprint + 34 s interval odpočinku) sledovali rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou  $\text{VO}_2$  a SF, přičemž větší rozdíl znamenal rychlejší fyziologické zotavení. Autoři studie následně zjistili silný vztah mezi fyziologickým zotavením a výsledným výkonem. V naší práci byl použit submaximální intermitentní běžecký test, proto lze výsledky se studií Browna, Huges a Tonga (2007) stěží porovnat. Nicméně relativně vysoké inter-individuální rozdíly hodnot  $\text{VO}_2$  zjištěné v jednotlivých časových úsecích IO, mohou skutečně poukazovat na rozdílnou schopnost zotavení.

Pro budoucí výzkum by se jako zajímavá jevila komparace fyziologických odpovědí během IBT se skupinou hráčů fotbalu nižší výkonnostní úrovně, u kterých je možné předpokládat pomalejší vzestup  $VO_2$  a SF v IO.

Podobná studie, která ověřovala fyziologické odpovědi během již výše popsaného submaximálního vysoce intenzivního intermitentního běžeckého testu na motorizovaném běžeckém pásu (HIT) u skupiny profesionálních ( $N=12$ ,  $25 \pm 4$  let) a amatérských ( $N=11$ ,  $26 \pm 6$  let) hráčů fotbalu, byla realizována Rampinini et al. (2009). Je zajímavé, že navzdory podobným hodnotám  $VO_{2max}$  ( $58.5 \pm 4.0$  vs.  $56.3 \pm 4.5$  ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>) byla u skupiny profesionálních hráčů zjištěna výrazně nižší fyziologická odpověď během HIT (nižší hladina La, H<sup>+</sup> iontů a vyšší HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), což bylo pravděpodobně zapříčiněno nižším anaerobním příspěvkem a/nebo lepší úrovní nárazníkové kapacity. Zároveň nebyl prokázán rozdíl mezi SFmax v průběhu HIT, což vede k zamyšlení, zdali je SF během vysoce intenzivního intermitentního cvičení s výrazným anaerobním příspěvkem vhodným ukazatelem pro hodnocení intenzity. V této studii byla rovněž ze submaximálního 10 min běhu zjišťována časová konstanta vzestupu  $VO_2$ . Výsledky ukázaly výrazně rychlejší vzestup  $VO_2$  u skupiny profesionálních fotbalistů navzdory podobným výsledkům hodnot  $VO_{2max}$ , což je zároveň zřejmě v rozporu se závěry studie Stølen et al. (2005) popisující výrazně vyšší hodnoty  $VO_{2max}$  u hráčů na vyšší výkonnostní úrovni. Z těchto důvodů také další studie (Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006; Drust, Reilly, & Cable, 2000; Krstrup et al., 2003) nepovažují, vzhledem k intermitentní povaze tohoto sportu, hodnotu  $VO_{2max}$  za vhodný parametr pro posouzení výkonu hráče fotbalu v utkání.

Studie Rampinini et al. (2009) také potvrdila silný vztah RSA a kinetiky  $VO_2$  ( $r = 0.62$ ). Lze tedy usuzovat, že například proband 3 (Graf 1), u něhož relativně vysoká hodnota  $VO_2$  dosažená v úvodních deseti sekundách IO vyvolá oproti ostatním účastníkům podstatně rychlejší resyntézu CP. Hráč pak bude pravděpodobně schopen reagovat rychleji na další tělesné zatížení a zároveň déle udržet vysokou úroveň pohybového výkonu ve vysoce intenzivním intermitentním cvičení submaximální/maximální intenzity.

## 7 ZÁVĚR

Výsledky potvrdily, že fyziologické odpovědi při intermitentním cvičení nedosahují konstantních hodnot, ale mají spíše kolísavý charakter v závislosti na intervalech zatížení/odpočinku. Ukazuje se, že v rámci aerobního metabolismu je pro hodnocení kapacity jedince pro intermitentní pohybový výkon důležitější spíše rychlost vzestupu/kinetika  $VO_2$ , než jeho maximální obrát ( $VO_{2max}$ ). Kinetika  $VO_2$  pravděpodobně umožní rychlejší resyntézu CP, a může tak významně ovlivnit výsledný pohybový výkon v intermitentním vysoce intenzivním cvičení u hráčů fotbalu.

Fotbalový trénink by tak měl být, dle výsledků naší práce, zaměřen především na rozvoj kinetiky  $VO_2$  ve snaze zvýšit a urychlit aerobní příspěvek v prvních sekundách krátkých IO, čímž bude pravděpodobně rychleji resyntézován CP, viz výše.

Pro budoucí výzkum bychom doporučili komparaci fyziologických odpovědí během IBT u různých výkonnostních skupin hráčů fotbalu. Je také otázkou, zda nemodifikovat IBT tak, aby umožňoval vyšší fyziologické zatížení sportovců, jež by tak více korespondovalo s reálným zatížením hráče fotbalu v utkání. Vhodný by byl také vyšší počet účastníků zkoumaného vzorku.

## 8 SOUHRN

Práce shrnuje poznatky z odborné literatury o fotbalu, jako jedné z celosvětově nejoblíbenějších sportovních her. Speciálně se pak zaměřuje na popis fyziologických charakteristik tělesného zatížení jedince v intermitentním cvičení, jež je pro fotbal typické.

Cílem práce byl popis fyziologických charakteristik tělesného zatížení jedince v intermitentním pohybovém cvičení s využitím standardizovaného intermitentního běžeckého testu (IBT; 10x 6 s běh, 30 s IO).

Výzkumná část zahrnuje popis metodiky, pomocí které byla získána a dále hodnocena data sledované skupiny sedmi vysoce trénovaných profesionálních hráčů fotbalu hrajících 1. Českou ligu mladšího dorostu kategorie U17. Testování bylo realizováno v průběhu jarní části soutěžního období ve 3. a 4. dni po soutěžním utkání.

Přestože účastníci testu dle získaných průměrných hodnot absolvovali IBT v intenzitě zatížení pod anaerobním prahem, což zcela neodpovídá reálnému zatížení hráče v utkání, je na základě výsledků možné formulovat předpoklad, že v rámci aerobního metabolismu je pro hodnocení kapacity jedince pro intermitentní pohybový výkon více než jeho maximální obrat ( $VO_2\max$ ) důležitá rychlost vzestupu/kinetika  $VO_2$ .

Vzhledem k výsledkům s prokazatelně nejvyšším vzestupem  $VO_2$  v prvních deseti sekundách IO po krátkém běžeckém submaximálním zatížení se zdá, že čím rychlejší bude vzestup  $VO_2$ , tím rychleji bude pro následnou zátěž resyntézován CP. Na tomto základě by byl hráč schopen reagovat rychleji na další zatížení a zároveň lépe a déle udržet vysokou úroveň výkonu ve vysoce intenzivním intermitentním cvičení submaximální/maximální intenzity. Tato hypotéza a případné inovace metod tréninkového procesu ovšem vyžadují podrobnější výzkum.



## 9 SUMMARY

The thesis summarizes the findings from the professional literature on soccer as it is one of the most popular sports games in the world. In particular, it focuses on the description of the physiological characteristics of the individual's physical load during the intermittent exercise, which is typical for soccer.

The aim of the work was to describe the physiological characteristics of the individual's physical load during the intermittent exercise using a standardized intermittent running test (IBT; 10 x 6 s run, 30 s recovery periods).

The research part contains the description of the methodology that was used for collecting and evaluating the data of the monitored group of seven highly trained professional soccer players from The U17 Junior First Czech League. The testing was carried out during the spring part of the competition period on the 3rd and 4th day after the competition match.

Based on the average values obtained, the test participants passed the intermittent running test in the intensity below the anaerobic threshold, which does not entirely correspond to the player's real load in the match. Despite this fact, it is possible to assume that, in terms of aerobic metabolism, the rate of  $\text{VO}_2$  increase/kinetics is more important than the maximum oxygen uptake ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) in evaluating the individual's capacity for intermittent physical performance.

Given the results that showed the demonstrably highest  $\text{VO}_2$  increase in the first ten seconds of the recovery interval after a short runtime submaximal load, it seems that the faster the  $\text{VO}_2$  will increase, the faster CP will resynthesize for the subsequent load. On this basis, the player would be able to respond more quickly to the next load and at the same time to maintain, better and longer, a high level of performance in high-intensity intermittent exercise of submaximal/maximal intensity. However, this hypothesis and possible innovations in the training process methods require more detailed research.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alexandre, D., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong del, P., Natali, A. J., De Lima, J. R., Bara Filho, M. G., Marins, J. J., Garcia, E. S., & Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2890-2906.
- Alizadeh, R., Hovanloo, F., & Safania, A. M. (2010). The relationship between aerobic power and repeated sprint ability in young soccer players with different levels of VO<sub>2</sub>max. *Journal of Physical Education and Sport*, 27, 86-92.
- Apor, P. (1988). Successful formulae for fitness training. In: Reilly T, Lees A, Davids K, et al., editors. *Science and football*. London: in E&FN Spon, 95-107.
- Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjödin, B., & Ekblom, B. (1992). Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(2), 144-149.
- Balsom, P. D., Ekblom, B., & Sjödin, B. (1994). Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. *Acta Physiologica Scandinavica*, 150, 455-6.
- Balsom, P. D., Gaitanos, G. C., Söderlund, K., & Ekblom, B. (1999). High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 165(4), 337-345.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16(2), 110-116.
- Bangsbo, J. (1994a). The physiology of soccer: with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 619, 1-155.
- Bangsbo, J. (1994b). *Fitness training in football: A scientific approach*. Bagsvaerd: HO+Storm, 336 p. ISBN 87-983350-7-3.
- Bangsbo, J. (1996). *Yo-Yo tests*. 1<sup>st</sup> ed. Copenhagen : August Krogh Institute, 36 p. ISBN 87-90170-06-7.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Demandas físicas y energéticas del entrenamiento y de la competencia en el jugador de fútbol de élite. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665-674.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports*

- Medicine*, 38, 37–51.
- Bangsbo, J., & Mohr, M. (2012). *Fitness testing in football*. Bangsbosport ISBN 978-87-994880-0-1, Copenhagen, Denmark.
- Barros, R. M. L., Misuta, M. S., Menezes, R. P., Figueroa, P. J., Moura, F. A., Cunha, S. A., Anido, R., & Leite, N. J. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 233–242.
- Benson, R., & Connolly, D. (2012). *Trénink podle srdeční frekvence*. Praha: Grada (Original work Publisher 2011).
- Bishop, D., Edge, J., Davis, C., & Goodman, C. (2004). Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 807-813.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Medicine*, 41(9), 741–756.
- Boobis, L., Williams, C., & Wootton, S. A. (1982). Human muscle metabolism during brief maximal exercises. *Journal of Physiology*, 338, 21-22.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K., & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *Journal of Physiology*, 482(2), 467-480.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80, 876–884.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Lakomy, H. K., & Boobis, L. H. (1998). Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 163, 261–272.
- Brown, P. I., Hughes, M. G., & Tong, R. J. (2007). Relationship between  $\dot{V}O_{2\max}$  and repeated sprint ability using non-motorised treadmill ergometry. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 186–190.
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(10), 839–62.
- Cawley, M. J., & Warning, W. J. (2015). Pharmacists performing quality spirometry testing: an evidence based review. *International Journal Of Clinical Pharmacy*, 37(5), 726-733.

- Cherry, P. W., Lakomy, H. K., Boobis, L. H., & Nevill, M. E. (1998). Rapid recovery of power output in females. *Acta Physiologica Scandinavica*, 164, 79–87.
- Cipryan, L., & Gajda, V. (2011). The Influence of Aerobic Power on Repeated Anaerobic Exercise in Junior Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 28(28), 63–71.
- Conley, K. E., Ordway, G. A., & Richardson, R. S. (2000). Deciphering the mysteries of myoglobin in striated muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 168, 623-634.
- Dawson, B. T., Ackland, T. R., Roberts, C. R., & Lawrence, S. R. (1991). Repeated effort testing: the phosphate recovery test revisited. *Sports Coach*, 14, 12–17.
- Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Preen, D., Polglaze, T., Fitzsimons, M., & Fournier, P. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 7, 206-13.
- Dovalil, J. (2009). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2009. ISBN 978-80- 7376-130-1.
- Draper, N., & Whyte, G. (1997). Here's a new running based test of anaerobic desempenho for which you need only a stopwatch and a calculator. *Peak Performance*, 97, p. 3-5.
- Drust, B., Reilly, T., & Cable, N. T. (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *Journal of Sports Sciences*, 18(11), 885–892.
- Drust, B. , Atkinson, G. , & Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Medicine*, 37, 783 – 805.
- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 27–34.
- Ekin, A., Tekalp, A. M., & Mehrotra, R. (2003). Automatic soccer video analysis and summarization. *IEEE Transactions on Image Processing*, 12(7), 796–807.
- Fajfer, Z. (2005). *Trenér fotbalu mládeže (6–15 let)*. 1.vyd. Praha: Olympia.
- Fitzsimons, M., Dawson, B., Ward, D., Wilkinson, A. (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Australian journal of science and medicine in sport*, 25 (4), 82-7.
- Gaitanos, G., Williams, C., Boobis, L., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75(2), 712-719.

- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part 1: factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, 41(8), 673–694.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 35(9), 757–777.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer press.
- Haugen, T. A., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2013). Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995-2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 148–156.
- Havličková, L. (2006). *Fyziologie tělesné zátěže I. : Obecná část. 2*. Praha : Karolinum. 203 s. ISBN 978-80-7184-875-2.
- Heller, J., & Psotta, R. (2000). Anaerobic capacity in football players evaluated by an intermittent anaerobic test. *Journal of Sports Sciences*, vol. 18, No. 7, p. 513-514.
- Heller, J., & Vodička, P. (2011). Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže. Praha: Karolinum, s. 20-22.
- Hnízdil, J., & Havel, Z. (2012). *Rozvoj a diagnostika vytrvalostních schopností*. Univerzita JE Purkyně v Ústí nad Labem. ISBN: 978-80-7414-476-9.
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218–221.
- Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 27(9), 1292-1301.
- Hultman, E., & Sjöholm, H. (1983). Substrate availability. In: Knuttgen HG, Vogel A, Poortmans J. eds. Biochemistry of exercise. Champaign, IL *Human Kinetic Publishers*: vol. 13, 63-75.
- Haseler, L. J., Hogan, M. C., & Richardson, R. S. (1999). Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O<sub>2</sub> availability. *Journal of Applied Physiology*, 86(6), 213-218.
- Hůlka, K., Cuberek, R., & Bělka, J. (2013). Heart rate and time-motion analyses in top junior players during basketball matches. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Gymnica*, 43(3), 27–35.
- Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(11), 899–905.
- Karakoç, B., Akalan, C., Alemdaroğlu, U., & Arslan, E. (2012). The relationship between

- the yo-yo tests, anaerobic performance and aerobic performance in young soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 35, 81-88.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K., & Bangsbo, J. (2003). The Yo-Yo intermittent recovery test: physiological response, reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 697–705.
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93-101.
- MacLeod, D. A. D., Maughan, R. J., & Williams, C. (1993). *Intermittent high intensity exercise. Preparation, stresses and damage limitation*. London: E & FN Spon.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: nakladatelství Galén, 245 s.
- McGawley, K., & Bishop, D. (2008). Anaerobic and aerobic contribution to two, 5 x 6-s repeated-sprint bouts. *Coaching and Sport Science Journal*, 3(2), 52.
- McMahon, S., & Wenger, H. A. (1998). The relationship between aerobic fitness and both power output and subsequent recovery during maximal intermittent exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1, 219–227.
- Medbø, J. I., Gramvik, P. & Jebens, E. (1999). Aerobic and anaerobic energy release during 10 and 30 s bicycle sprints. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 4, 122–146.
- Metaxas, T. I. T., Koutlianos, N. N. A., Kouidi, E. J., & Deligiannis, A. P. (2005). Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 79–84.
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519–528.
- Mujika, I., Padilla, S., Ibañez, J., Izquierdo, M., & Gorostiaga, E. (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 518-525.
- Narazaki, K., Berg, K., Stergiou, N., & Chen, B. (2009). Physiological demands of competitive basketball. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19, 425–432.
- Newsholme, E. A. (1986). Application of principles of metabolic control to the problem of metabolic limitations in sprinting, middle-distance, and marathon running.

- International Journal of Sports Medicine*, 7, 66-70.
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Relationship between brief and prolonged repeated sprint ability. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 238–243.
- Parolin, M. L., Chesley, A., Matsos, M. P., Spriet, L. L., Jones, N. L., & Heigenhauser, G. J. (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *American Journal of Physiology*, 277, 890-900.
- Pastucha, D. (2014). *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Praha: Grada.
- Price, M., & Moss, P. (2007). The effects of work: Rest duration on physiological and perceptual responses during intermittent exercise and performance. *Journal of Sports Sciences*, 25, 1613–1621.
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal: kondiční trénink*. Praha: Grada Publishing.
- Psotta, R., Bunc, V., Hendl, J., Tenney, D., & Heller, J. (2011). Is repeated-sprint ability of soccer players predictable from field-based or laboratory physiological tests? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 18–25.
- Quistorff, B., Johansen, L., & Sahlin, K. (1992). Absence of phosphocreatine resynthesis in human calf muscle during ischaemic recovery. *Biochemical Journal*, 291, 681-686.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018–1024.
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(6), 1048-1054.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 257-263.
- Richardson, R. S., Newcomer, S. C., & Noyszewski, E. A. (2001). Skeletal muscle intracellular PO<sub>2</sub> assessed by myoglobin desaturation: response to graded exercise. *Journal of Applied Physiology*, 91, 2679–2685.
- Rienzi, E., Reilly, T., & Malkin, C. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 162-169.
- Romer, L. M., Barrington, J. P., & Jeukendrup, A. E. (2001). Effects of oral creatine

- supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 546–552.
- Sahlin, K., Gorski, J. & Edstrom, L. (1990). Influence of ATP turnover and metabolite changes on IMP formation and glycolysis in rat skeletal muscle. *American Journal of Physiology* 259, C409-412.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025–1044.
- Stølen, T. , Chamari, K. , Castagna, C. , & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer. An update. *Sports Medicine*, 35, 501–536.
- Táborský, F. (2009). Metodologická východiska pozorování a hodnocení herního výkonu. In: V. Suss, J. Buchtel a kol. *Hodnocení herního výkonu ve sportových hrách*. Praha: Nakladatelství Karolinum.
- Trump, M. E., Heigenhauser, G. J., Putman, C. T., & Spriet, L. L. (1996). Importance of muscle phosphocreatine during intermittent maximal cycling. *Journal of Applied Physiology*, 80 (5), 1574-1580.
- Varley, M. C., Gabbett, T., & Aughey, R. J. (2014). Activity profiles of professional soccer, rugby league and Australian football match play. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1858–1866.
- Vilikus, Z., Brandejský, P., & Novotný, V. (2004). *Tělovýchovné lékařství* (1 ed.). Praha: Karolinum.
- Vilikus, Z., (2015). *Výživa sportovců a sportovní výkon*. 2. vydání. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-3152-3.
- Walter, G., Vandenborne, K., McCully, K. K., & Leigh, J. S. (1997). Noninvasive measurement of phosphocreatine recovery kinetics in single human muscles. *American Journal of Physiology*, 272(2), 525-534.
- Williams, C. (1990). Metabolic aspects of exercise. In T. Reilly, et al., *Physiology of sports*, 3-40. London: E & FN Spon.

### **Internetové odkazy**

- Wood, R. J. (2010). *AFL Sprint Recovery Test*. Topendsports.com. Retrieved 20.3.2018 from <https://www.topendsports.com/testing/>
- Wood, R. J. (2010). *FIFA Interval Test*. Topendsports.com. Retrieved 20.3.2018 from



<https://www.topendsports.com/testing/>

Wood, R. J. (2010). *Phosphate Recovery Test*. Topendsports.com. Retrieved 20.3.2018  
from <https://www.topendsports.com/testing/>

## PŘÍLOHY

### Příloha 1 – Základní informace pro rodiče účastníků a informovaný souhlas



Univerzita Palackého  
v Olomouci

Fakulta  
tělesné kultury

#### Základní informace pro rodiče účastníků zahrnuté do šetření

Vážení rodiče,

dovolujeme si Vás požádat o spolupráci na projektu „Fyziologické determinanty výkonu v intermitentním vysoce intenzivním cvičení“, který je řešen na katedře přírodních věd v kinantropologii Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

**Cílem tohoto projektu** je odhalit, které faktory energetického metabolismu ovlivňují schopnost jedince zotavovat se v průběhu střídavého vysoce intenzivního tělesného cvičení. Získání těchto poznatků je podstatné pro potřebnou inovaci hodnocení tělesné výkonnosti hráčů sportovních her a účelné řízení tréninku, s vyloučením rizik jak akutního fyzického přetížení, tak chronické únavy.

Zapojení jedince do výzkumu spočívá v absolvování dvou totožných laboratorních testů, oddělených minimálně 24 hodin. Jedná se o intermitentní běžecký test sestávající z deseti 6-sekundových sprintů na běžeckém pásu s náskokem v rychlosti 18 km/h a sklonem 8%, po celou dobu testu bude jedinec přichycen popruhem k bezpečnostnímu rámu a navíc zajišťován jedním ze spolupracovníků. Při obou testech bude měřena fyziologická (kardiorespirační a ventilační) odezva organismu kontinuálně v průběhu testu pomocí mobilního spirometrického zařízení Cosmed k4b2. Pozátěžová hladina laktátu v krvi bude při obou testech zjišťována odběrem kapénky krve z bříška prstu ruky, který bude provádět přítomný lékař pomocí přístroje LactateScout+ s nepocit'ovaným vpichem ve 2. minutě po skončení testu.

Všechny uvedené přístroje jsou certifikovány podle příslušných evropských technických směrnic resp. standardů pro fyziologické testování a budou užity oprávněnými osobami s příslušnou odborností a certifikací.

Všechny výše uvedené testy a měření budou probíhat v laboratoři na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci pod dohledem lékaře, který rovněž před každým testem provede lékařskou anamnézu pro vyloučení případných zdravotních rizik. Účastník může kdykoliv a bez udání důvodu svou účast v tomto výzkumu ukončit. Získané informace jsou anonymní a nebudou poskytovány třetím osobám.

Děkujeme Vám za pochopení významu uvedeného šetření a za možnost s Vámi spolupracovat.

Mgr. Svatoslav Valenta  
odpovědný řešitel  
e-mail: svatoslav.valenta@seznam.cz  
tel. 728894038

Prof. PaedDr. Rudolf Psotta, Ph.D.  
odpovědný řešitel  
e-mail: rudolf.psotta@upol.cz  
tel. 585636112

---

## Individuální informovaný souhlas

Souhlasím - Nesouhlasím

s účastí mého syna na výše uvedeném výzkumném šetření.

Jméno a příjmení syna.....

Datum narození syna.....

a vyjadřuji – nevyjadřuji  
(*nehodící škrtněte*)

dobrovolný a informovaný souhlas s touto účastí.

Jméno a příjmení zákonného zástupce.....

Adresa.....

Telefon.....

V Olomouci dne..... Podpis zákonného zástupce.....

### **Doporučení před vyšetřením:**

- minimálně 12 hodin před vyšetřením omezit výraznější fyzickou zátěž,
- 3-4 hodiny před zátěžovým vyšetřením sníst jen lehčí jídlo,
- doporučujeme dostatečnou hydrataci organismu,
- mít s sebou k dispozici seznam užívaných léků a ten oznámit lékaři, resp. sestře,
- připravit si vhodný sportovní oděv, sportovní obuv, ručník,
- před výkonem nekouřit, nekonzumovat alkoholické nápoje a další návykové látky,  
výkon nelze provádět ve stavu akutní infekce organismu (nachlazení, zvýšená teplota, zažívací potíže), případně dalších omezeních především pohybového aparátu.