

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Porovnání výsledků aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na slalomovém kajaku  
s výsledky klikové ergometrie horních končetin.

Diplomová práce

Vedoucí práce: PhDr. Milan Bílý PhD.

Vypracoval: Bc. Jan Busta

Praha 2015

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

.....

Bc. Jan Busta, Praha 2015

Osobní poděkování:

Děkuji svému školiteli, PhDr. Milanu Bílému Ph.D., za podporu a odborné vedení. Dále Mgr. Radce Bačákové Ph.D. za odborné rady a Mgr. Lence Kovářové Ph.D., bez které by se neobešla realizace výzkumné části této práce. Poděkování patří také probandům, elitním kajakářům, kteří nám věnovali svůj čas i maximální nasazení.

Svoluji k zapůjčení práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatелů, kteří mají povinnost řádně citovat pramen převzaté literatury.

| Jméno a příjmení | Adresa | Číslo OP | Datum výpůjčky |
|------------------|--------|----------|----------------|
|                  |        |          |                |

## Abstrakt

**Název:** Porovnání výsledků aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na slalomovém kajaku s klikovou ergometrií horních končetin.

**Cíle práce:** Cílem práce bylo zjistit vztah mezi výsledky aerobní zátěžové diagnostiky 6 elitních kajakářů (vodních slalomářů) při pádlování na klidné vodě a při klikové ergometrii horních končetin. Hodnoty získané při pádlování na klidné vodě porovnat s výsledky získanými při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem v rámci bakalářské práce. Posledním cílem práce bylo zjistit možnosti využití specifické zátěžové diagnostiky v běžné praxi dlouhodobého tréninkového procesu.

**Metody:** Využili jsme standardizovaný zátěžový laboratorní test klikové ergometrie horních končetin a terénní zátěžovou diagnostiku při pádlování na kajaku dle stejného zátěžového protokolu. K získání funkčních hodnot fyziologických ukazatelů bylo v obou případech využito mobilního spiroergometrického zařízení Cortex Metamax 3B a sporttesteru Polar RS 800. K zjištění zpětné vazby probandů k testování a možnostem využití v praxi jsme využili ankety s uzavřenými otázkami.

**Výsledky:** Testovaní kajakáři dosahovali při pádlování za průměrné maximální tepové frekvence (TF) 188,5 ( $\pm 8,77$ ) tepů za minutu, maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2max.}$ ) 56 ml.kg.min<sup>-1</sup> ( $\pm 6,31$ ), maximální plicní ventilace ( $VE_{MAX.}$ ) 127,31 l.min<sup>-1</sup> ( $\pm 15,19$ ), dechová frekvence (DF) 52,38 ( $\pm 4,93$ ), metabolické vytížení ( $R_{MAX.}$ ) 1,13 ( $\pm 0,06$ ), tepový kyslík ( $O_{2tep}$ ) 21,83 ml<sup>-1</sup> ( $\pm 2,67$ ), maximální dechový objem ( $VT_{MAX.}$ ) 2,44 l<sup>-1</sup> ( $\pm 0,32$ ). Při klikové ergometrii potom dosahovali při průměrné maximální TF 190 ( $\pm 8,96$ ) tepů za minutu  $VO_{2max.}$  56 ml.kg.min<sup>-1</sup> ( $\pm 4,88$ ),  $VE_{MAX.}$  152,12 ( $\pm 5,79$ ) l.min<sup>-1</sup>, DF 62,7 ( $\pm 5,14$ ),  $R_{MAX.}$  1,16 ( $\pm 0,02$ ),  $O_{2tep}$  22 ( $\pm 2,50$ ) a VT 2,44 ( $\pm 0,24$ ). Celkový průměrný rozdíl mezi výslednými hodnotami naměřenými při klikové ergometrii a při jízdě na kajaku na klidné vodě činí 4,43%. To je velmi malý rozdíl v porovnání s výsledky bakalářské práce, kdy rozdíl mezi výsledky klikové ergometrie a jízdy na kajaku v bazénu s protiproudem činil 31,13%. U 5 z 6 sledovaných hodnot fyziologických ukazatelů byla nalezena vysoká korelace ( $r$ ): TF ( $r = 0,973$ ),  $VO_{2peak}$  ( $r = 0,887$ ),  $V_{MAX.}$  ( $r = 0,807$ ), ( $r = 0,880$ ) a VT ( $r = 0,880$ ). Pouze u DF nebyla nalezena žádná míra korelace ( $r = 0,341$ ).

**Klíčová slova:** Kliková ergometrie, jízda na kajaku, pádlování v bazénu s protiproudem, spiroergometrie, vodní slalom, zátěžová diagnostika.

## Abstract

**Title:** Comparison of the results of aerobic exercise testing while kayak paddling with crank ergometry of upper limbs.

**Aims:** The aim of the study was to determine the relationship between the results of aerobic exercise diagnostics of 6 elite kayakers (white water slalom) when paddling on flat water with crank ergometry of upper limbs. The results obtained when paddling on flat water were also compared with results obtained when paddling in the pool with counter (bachelor thesis). Based on the results we wanted to answer the question about the possible use specific forms of stress diagnosis (spiroergometry) in routine practice of training process.

**Methods:** We used standardized laboratory spiroergometry stress test at crank ergometry of upper limbs and spiroergometry stress test when paddling on flat water of the same protocol. To obtain the functional values of physiological indicators in both tests we used mobile spiroergometry equipment Cortex Metamax 3B and sporttester Polar. Feedback of probands were identified based on survey with closed questions.

**Results:** Testing kayakers reached when paddling on flat water the average functional values: heart rate (HR) 188,5 ( $\pm 8,77$ ) beats per minute, maximal oxygen uptake ( $VO_{2max.}$ ) 56 ml.kg.min<sup>-1</sup> ( $\pm 6,31$ ); maximum ventilation ( $V_{MAX.}$ ) 127.31 l.min<sup>-1</sup> ( $\pm 15,16$ ); respiratory rate (RR) 52.38 ( $\pm 4,93$ ); metabolic load ( $R_{MAX.}$ ) 1.13 ( $\pm 0,06$ ), stroke oxygen ( $O_2$ pulse) 21.83 ml<sup>-1</sup> ( $\pm 2,67$ ); tidal volume (VT) 2.44 l<sup>-1</sup> ( $\pm 0,32$ ). When crank ergometry of upper limbs then they reached the average maximum values: HR 190 ( $\pm 8,96$ ) beats per minute,  $VO_{2peak}$  56 ml.kg.min<sup>-1</sup> ( $\pm 4,88$ );  $VE_{MAX.}$  152.12 l.min<sup>-1</sup> ( $\pm 5,79$ ); RR 62.7;  $R_{MAX.}$  1.16 (0.02),  $O_2$ pulse 22,0 ml<sup>-1</sup> ( $\pm 2,50$ ) ml.kg.min<sup>-1</sup>; VT 2.44 l<sup>-1</sup> ( $\pm 0,24$ ). The overall average difference between the resulting values measured at the crank ergometry and while kayaking is 4.43 %. This is a very little difference in comparison with results of the bachelor thesis, where the difference between the crank ergometry and kayaking in the pool with counter was 31.13 %. There was found a high correlation ( $r$ ) in five of six observed values of physiological parameters: HR ( $r = 0.973$ );  $VO_{2MAX.}$  ( $r = 0.887$ );  $VE_{MAX.}$  ( $r = 0.807$ );  $O_2$ pulse ( $r = 0.880$ ); VT ( $r = 0,880$ ). There was no found correlation only for RR ( $r = 0.341$ ).

**Keywords:** Crank ergometry, kayaking, white water slalom, paddling in the pool with counter, spiroergometry, exercise testing

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod.....   | 1  |
| 2. Teoretická východiska .....                                     | 2  |
| 2.1 Vodní slalom.....  | 2  |
| 2.2 Fyziologická charakteristika výkonu ve vodním slalomu .....    | 3  |
| 2.3 Aerobní zátěžová diagnostika ve vodním slalomu .....           | 7  |
| 2.3.1 Metody zátěžové diagnostiky obecně.....                      | 8  |
| 2.3.2 Kliková ergometrie horních končetin .....                    | 9  |
| 2.3.3 Diagnostika při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem..... | 10 |
| 2.3.4 Diagnostika při jízdě na kajaku na klidné vodě .....         | 13 |
| 2.4 Charakteristika vybraných pojmů fyziologie zátěže .....        | 14 |
| 2.4.1 Spiroergometrie .....  | 15 |
| 2.4.2 Srdečně – cévní systém.....                                  | 15 |
| 2.4.2.1 Srdeční frekvence (SF).....                                | 15 |
| 2.4.2.2 Tepový kyslík ( $O_2$ tep).....                            | 15 |
| 2.4.3 Dýchací systém.....  | 16 |
| 2.4.3.1 Dechový objem ( $V_T$ ).....                               | 16 |
| 2.4.3.2 Dechová frekvence (DF) .....                               | 16 |
| 2.4.3.3 Vitální kapacita ( $V_T$ max.).....                        | 17 |
| 2.4.3.4 Minutová ventilace plicní ( $V_E$ max.).....               | 17 |
| 2.4.3.5 Maximální spotřeba kyslíku ( $VO_2$ max.) .....            | 17 |
| 2.4.3.6 Respirační kvocient (R), metabolické vytížení .....        | 18 |
| 2.4.3.7 Anaerobní práh (ANP) a aerobní práh (AP).....              | 18 |
| 2.4.4 Adaptační změny srdečně – cévního a dýchacího systému .....  | 19 |
| 3. Cíle práce, výzkumné otázky a hypotézy.....                     | 21 |
| 4. Metodika práce .....  | 23 |
| 4.1 Popis výzkumného souboru.....                                  | 23 |
| 4.2 Organizace výzkumu.....  | 24 |
| 4.3 Použité výzkumné metody.....                                   | 24 |
| 4.3.1 Vstupní vyšetření: měření, vážení, spirometrie.....          | 24 |
| 4.3.2 Kliková ergometrie horních končetin .....                    | 24 |
| 4.3.3 Stupňovaný zátěžový test na vodě.....                        | 25 |
| 4.3.4 Sada otázek pro probandy .....                               | 31 |

|   |    |
|---|----|
| 4.4 Sběr dat .....  | 32 |
| 4.5 Analýza dat .....   | 32 |
| 4.5.1 Test linearity (normality) dat.....                             | 32 |
| 4.5.2 Korelační analýza .....   | 32 |
| 4.5.2.1 Pearsonův korelační koeficient.....                           | 33 |
| 4.5.2.2 Spearmanův korelační koeficient .....                         | 33 |
| 4.5.3 Popisná statistika .....  | 34 |
| 4.5.3.1 Průměr .....  | 34 |
| 4.5.3.2 Medián .....  | 34 |
| 4.5.3.3 Směrodatná odchylka.....                                      | 35 |
| 4.5.3.4 Mediánová absolutní odchylka .....                            | 35 |
| 5. Výsledky.....  | 36 |
| 5.1 Výsledky měření, vážení a spirometrie .....                       | 36 |
| 5.2 Výsledky stupňovaného zátěžového testu – kliková ergometrie ..... | 37 |
| 5.3 Výsledky stupňovaného zátěžového testu – jízda na kajaku.....     | 38 |
| 5.4 Porovnání výsledků zátěžových testů .....                         | 39 |
| 5.4.1 Porovnání výsledků klikové ergometrie s jízdou na kajaku .....  | 39 |
| 5.4.2 Porovnání měření při pádlování na klidné vodě a v bazénu .....  | 41 |
| 5.4.3 Korelační analýza stupňovaných zátěžových testů .....           | 42 |
| 5.5 Vyhodnocení zpětné vazby probandů .....                           | 43 |
| 5.6 Výsledky a hypotézy .....   | 44 |
| 6. Diskuse .....  | 46 |
| 6.1 Porovnání stupňovaných zátěžových testů.....                      | 46 |
| 6.2 Uplatnitelnost specifické zátěžové diagnostiky v praxi .....      | 47 |
| 6.3 Úroveň $VO_2max$ . pro vrcholový výkon ve vodním slalomu .....    | 48 |
| 6.4 Vymezení významu práce a její omezení.....                        | 49 |
| 7. Závěr .....  | 50 |
| Seznam literatury .....   | 52 |
| Příloha 1: Schválení etické komise.....                               | 56 |
| Příloha 2: Informovaný souhlas.....                                   | 57 |
| Příloha 3: Ankety vyplněné probandy .....                             | 58 |
| Příloha 4: Výsledek testu normality dat .....                         | 64 |



# 1. Úvod

Téma diplomové práce úzce navazuje na téma práce bakalářské, ve které jsme porovnávali výsledky aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem s výsledky klikové ergometrie horních končetin. Testování elitních českých kajakářů v bazénu s protiproudem se ukázalo jako značně problematické především kvůli nedostatečným rozměrovým parametrům bazénu a protiproudu o nedostatečné rychlosti a homogenosti. S tím souvisela opatření, jakými byla například nutnost použití plastového kajaku a poměrně velké brzdy. Tato opatření už ovšem s velkou pravděpodobností významně odlišila silové, rychlostní i technické podmínky pádlování od reálných podmínek vodního slalomu (Busta, 2013). Vzhledem k nové možnosti použití přenosného diagnostického zařízení, jsme se v rámci diplomové práce rozhodli přistoupit k aerobní zátěžové diagnostice při pádlování za skutečných podmínek. Citlivost a cena přístroje a také bezpečnostní opatření nám neumožňují takové testování provést při pádlování po vytyčené trati na divoké ani klidné vodě. Výsledky by navíc byly značně ovlivněny obtížností vytyčené tratě a vodního terénu. Naším záměrem bylo naopak elitní kajakáře otestovat pouze při rovném pádlování na klidné vodě, kde mohou do testování vložit maximální úsilí podobně jako při klikové ergometrii. Jelikož výkon ve vodním slalomu je realizován prostřednictvím horních končetin a trupu a nohy zde plní pouze stabilizační funkci (Bílý, 2002), kliková ergometrie se doposud jevila jako nejprokazatelnější způsob diagnostiky vodních slalomářů, neboť se jedná o typ zátěžového testu, který byl do praxe uveden právě kvůli pracovním a sportovním aktivitám týkajících se převážně horních končetin a trupu, tedy horní části těla (Heller a Vodička, 2011). Získané výsledky provedených zátěžových testů porovnáme s cílem odhalení vztahu mezi nimi. Zjistíme, nakolik je relativně snadno dostupná zátěžová diagnostika klikové ergometrie fyziologicky srovnatelná s pádlováním a co vše může při řízení tréninkového procesu relevantně naznačit. Naším cílem není zjistit vztah mezi výsledky vybraných kajakářů v závodech s výsledky námi provedené diagnostiky kardiorespirační zdatnosti a vytrvalostních předpokladů. Chceme prozkoumat nové specifické možnosti diagnostiky zásadních ukazatelů trénovanosti vodních slalomářů. Diagnostika je totiž nedílnou součástí moderního pojetí sportovního tréninku, které se neustále snaží sledovat vztah mezi podnětem (zatížením) a adaptačními změnami organismu. Sledování tohoto vztahu je jedním z klíčových prvků účinného řízení tréninkového procesu (Dovalil, 2012).

## 2. Teoretická východiska

### 2.1 Vodní slalom

Vodní slalom je disciplínou kanoistiky provozovanou na divoké vodě. Závodníci na kánoi či kajaku se snaží projet co nejrychleji a bez chyb sérií branek, vytyčených na divoké řece či umělé dráze. Branky jsou dvojího typu: zelené povodné branky je nutné projet po směru proudu, červené protivodné branky je nutné projet zespoda proti proudu (ICF, 2015). Ve vodním slalomu chápeme sportovní výkon jako výsledek pohybu závodníka v lodi ve specifickém terénu za určitých podmínek, jehož výsledkem je jeho čas v cíli závodu, případně počet chyb, které měly za následek nárůst výsledného času. Činnost závodníků je především složená z pohybů, které mají loď pohánět vpřed, a z pohybů, které loď řídí (Bílý, 2012).

Tato disciplína kanoistiky klade vysoké nároky na fyzickou i psychickou připravenost závodníka. Je provozována na vodních terénech různého charakteru i obtížnosti. V Čechách má tento sport, který vznikl v první polovině 30. let minulého století, významnou tradici a těší se i poměrně značné oblibě. Jako první závod ve slalomu je mezinárodní kanoistickou federací uznáván závod na Aaře ve Švýcarsku. Původně se vodní slalom provozoval pouze na přírodních tratích. V roce 1972 se však poprvé dostal na program olympijských her pořádaných v Mnichově, kde byla v blízkém Augsburgu vybudována vůbec první umělá slalomová dráha na světě. Další olympijský start musel být odložen až na hry konané v Barceloně roku 1992. Od těchto her je vodní slalom na programu OH nepřetržitě až dodnes. Již od prvního mistrovství světa, konaného v roce 1949 v Ženevě, patří naši reprezentanti ke světové elitě (Ježek a kol., 2003). I v současné době se vodní slalom řadí mezi nejúspěšnější české olympijské sporty.

Vodní slalom probíhá převážně v přírodním prostředí, které se mění nejen jako rámec pohybové činnosti, ale především z hlediska podmínek, které rozhodují o výběru adekvátních pohybových odpovědí (Kratochvíl, Bílý, 1996). Postupně se čím dál více z prostředí přírodních vodních toků přesouvá do uměle vytvořených kanálů. To přináší změnu celkových podmínek pro závodní pojetí vodního slalomu, které v posledních 25 letech prošlo dynamickým vývojem. Mezními okamžiky tohoto vývoje byl trvalý vstup do programu letních Olympijských her roku 1992, který vedl k jeho profesionalizaci, dále již zmiňovaný přechod z tratí přírodního na tratě umělého charakteru v průběhu 70. a 80. let (Bílý a kol., 2001) a zkrácení délky tratí na 90 – 120 sekund úpravou pravidel po roce 1996 (Bílý, 2012). K tomu přistoupil progresivní vývoj materiálního vybavení a pravidel, který vyvrcholil roku

2005 a 2012. Pravidla nejprve umožnila zkrácení lodí z původní délky 4 m až na délku 3,5 m a později i snížení váhy vesměs výhradně karbonových lodí z 10 na 8 kg (ICF, 2015). Zkrácení a zlehčení lodí přitom výrazně zvýšilo obratnost, rychlost a agilitu těchto lodí, což přispělo k možnostem závodění na technicky obtížnějších tratích a dynamičtějšího technického provedení průjezdů brankovými kombinacemi.

Vodní slalom řadíme mezi multifaktoriální sportovní disciplíny. Na samotném výkonu se podílí faktory techniky, taktiky, psychiky i všechny pohybové schopnosti – tedy síla, rychlost, vytrvalost, koordinace i flexibilita (Bílý, 2012).

Ze somatického hlediska převládá mezi elitními závodníky typ ektomorfního mezomorfa, který je dále charakteristický větším rozpětím paží v poměru ke své výšce. Soubor 10 elitních českých kajakářů dosáhl v roce 2009 průměrné výšky  $178,7 \text{ cm} \pm 4,5 \text{ cm}$  a váhy  $72,7 \pm 3,5 \text{ kg}$ , procento podkožního tuku činilo  $6,26 \pm 0,73 \%$  (Buchtel, 2010). Tyto hodnoty jsou podobné těm, které publikoval Bláha a Pulec (1979): průměrná výška 177 cm při váze 75 kg a 8 procentech podkožního tuku. Výzkumný soubor vrcholových českých kajakářů testovaný v rámci bakalářské práce (Busta, 2013) dosahoval průměrné výšky  $180,09 \pm 4,04 \text{ cm}$  a váhy  $73,3 \pm 5,24 \text{ kg}$ .

## **2.2 Fyziologická charakteristika výkonu ve vodním slalomu**

Sportovní výkon ve vodním slalomu je ovlivněn mnoha vnitřními i vnějšími faktory. Pravděpodobně nejvýznamnějším vnitřním faktorem je aktuální funkční připravenost závodníka. Z fyziologického pohledu se jedná o aktivitu, ve které závodníci musí vynikat silou, rychlostí i vytrvalostí. Elitní závodníky lze charakterizovat vysokým rozvojem kardiorepiračního systému, vysokou schopností přenosu a využití kyslíku i tvorbou zdrojů energie prostřednictvím anaerobního metabolismu. Výkon ve vodním slalomu je podmíněn optimálním sladěním pohybové struktury s funkcemi organismu adaptovaného na vysokou zátěž a vysokými nároky na psychiku závodníka (Bílý, 2002).

Všechny pohyby, nutné k zvládnutí průjezdu slalomové trati vytváří značně složitý nervosvalový komplex. Pohybové úkoly sportovci řeší pomocí řady dynamických stereotypů. Motoricky se na nich podílí především svalstvo trupu a paží. Pasivnější úlohu mají dolní končetiny, které sportovce především fixují v lodi a pomáhají při jejím řízení a náklonech (Bílý, 2012).

Ve vodním slalomu jsou svaly horní poloviny těla, především svaly horních končetin, užívány dynamicky během cyklických a acyklických střídavých pohybů. Dolní končetiny udržují rovnováhu lodě (Bílý, 2002). Svaly horní poloviny těla, speciálně svaly paží a hrudníku, mají větší počet bílých (akčních) vláken, která jsou citlivá na anaerobní trénink. Jízda ve vodním slalomu je spíše anaerobní disciplínou (Endicott, 1980). Tento fakt prokázal ve svém výzkumu i Heller a kol. (1995), když sledoval fyziologickou náročnost vodního slalomu na skupině čtyř československých reprezentantek, po kterém stanovil energetické krytí výkonu následovně: 52% anaerobně, 48% aerobně. Zvýšené nároky na anaerobní krytí jsou dány především zkrácením tratí, dokonalejší technickou připraveností závodníků a taktéž zlepšením jejich nespecifických i specifických pohybových schopností.

Vytrvalostní schopnosti vodního slalomáře je nutné chápat jednak jako celkovou kardiorespirační zdatnost, jednak jako schopnost práce organismu v laktátové zóně po co nejdelší dobu submaximální intenzitou. Pro vlastní výkon je nejdůležitější krátkodobá a rychlostní vytrvalost. Střednědobá a dlouhodobá vytrvalost je důležitá pro trénink, zejména pro specifický trénink techniky (Bílý, 2012). Úroveň vytrvalostních schopností určuje především řada fyziologických funkcí. Jejich trénink je proto nutné opřít o poznatky fyziologie, která podrobně prozkoumala činnost různých systémů těla a také jejich adaptační mechanismy. O úrovni vytrvalostních schopností rozhoduje především výkonnost dýchacího a srdečně – cévního systému při přijímání a transportu kyslíku a energetických zdrojů do činných svalů. Dále metabolismus – látková výměna a uvolňování energie ve svalu, vytváření optimálních zásob energie a jejich mobilizace a využívání za přístupu kyslíku i při jeho nedostatku, enzymatický systém svalů. Řídící roli sehrává nervový systém, jedná se především o optimální koordinaci zúčastněných agonistů a antagonistů i dokonalou relaxaci antagonistů (Dovalil, 2012).

Vytrvalostní schopnosti mohou přispívat k úspěchu v závodě pouze omezeně. 50 – 60% tréninku je zaměřeno na technickou přípravu (Bauer a kol., 1988). Racionální a vysoce účelná technika vytváří podmínky pro nejlepší projev tělesných schopností a připravenosti sportovce (Dovalil, 2012). Při její nedostatečné úrovni je i při vysokých funkčních možnostech nemožné dosahovat vrcholných výsledků (Bílý, 2002).

Melin a Ecleche (1982) zaznamenali při slalomové jízdě srdeční frekvenci 171 – 182 tepů za minutu. V laboratorních podmínkách při práci na bicyklovém ergometru našli přímou závislost mezi spotřebou kyslíku ( $VO_2$ ) a srdeční frekvencí na různých úrovních zatížení.

Tuto závislost  $VO_2/SF$  použili pro stanovení energetického výdeje při slalomové jízdě a zjistili, že odpovídá asi 90%  $VO_2max$  závodníků. Gonzáles d'Suso a kol. (1999) ve své práci uvádějí, že maximální hodnota SF při závodě je velmi blízká maximálním hodnotám zjištěným při laboratorním či terénním testování. Obvykle závodníci dosahují asi 98% své SFmax. To potom, dle nalezené přímé závislosti mezi SF a  $VO_2$ , ukazuje na ještě vyšší úroveň spotřeby kyslíku než 90%  $VO_2max$ . Bílý (2012) dospěl k podobným závěrům při zátěžovém vyšetření 4 reprezentantů na Mezinárodním akademickém mistrovství ČSFR v Praze Troji v roce 1992. Srdeční frekvence dosahovala v průměru 94% maxima, pozátěžové koncentrace laktátu se pohybovaly mezi 10 – 16  $mmol.l^{-1}$ . K velmi podobným závěrům dospěl i Heller a kol. (1995) při sledování fyziologické náročnosti vodního slalomu na skupině čtyř československých reprezentantek. V průběhu závodu odpovídala SF 95% maxima a koncentrace LA dosahovala 11,0  $mmol.l^{-1}$ .

Carre a kol. (1994) našli u skupiny vysoce trénovaných slalomářů (15 mužů s průměrnou tělesnou hmotností 66,7 kg a 3 ženy s průměrnou hmotností 54,5 kg) pomocí metody zpětné interpolace velmi dobrou korelaci mezi laboratorními a terénními hodnotami  $VO_2max$ . Provedli vícestupňový laboratorní zátěžový test s dvouminutovými stupni a 30W přírůstkou zatížení do vyčerpání. Test trval 8 až 10 minut, maximální spotřeba kyslíku byla 3,78 ( $\pm 0,71$ )  $l.min^{-1}$ , srdeční frekvence dosáhla 185,3 ( $\pm 10,2$ )  $min^{-1}$  a koncentrace laktátu v krvi 12,2 ( $\pm 3,0$ )  $mmol.l^{-1}$ . V terénním testu na hladké vodě absolvovali kajakáři čtyřikrát bez přestávek trať vyznačenou bójemi. V každé jízdě zvyšovali svou rychlost tak, aby dosáhli svého maxima v poslední jízdě. Doba trvání testu byla 7,5 až 9 minut, maximální spotřeba kyslíku 3,87 ( $\pm 0,73$ )  $l.min^{-1}$ , srdeční frekvence 187,6 ( $\pm 10,6$ )  $min^{-1}$  a koncentrace laktátu v krvi dosáhla hodnot 11,2 ( $\pm 2,3$ )  $mmol.l^{-1}$ . Tyto výsledky ukazují, že energetický výdej při pádlování ve vodním slalomu může být reprodukován i v laboratorních podmínkách při klikové ergometrii horních končetin a maximální spotřeby kyslíku lze dosáhnout při progresivní práci v člunkovém testu na hladké vodě (Bílý, 2012).

Energetický výdej při závodní jízdě ve vodním slalomu odpovídá asi 1500 – 1900% náležitého bazálního metabolismu. Energetická náročnost závisí na délce trati a její obtížnosti, na proudění vody a na klimatických a povětrnostních podmínkách (Heller, 1993).

Dle Bunce (1984) jsou průměrné maximální hodnoty fyziologických parametrů vodních slalomářů při testu do „vita maxima“ následující:

| Fyziologický parametr |                            |                       | Výsledná hodnota |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|------------------|
| VO <sub>2</sub> max.  | Maximální spotřeba kyslíku | $ml.min^{-1}.kg^{-1}$ | 58 – 60          |
| V <sub>E</sub> max.   | Maximální plicní ventilace | $l.min^{-1}$          | 142 – 145        |
| O <sub>2</sub> tep    | Tepový kyslík              | $ml$                  | 20 – 24          |

Tabulka č. 1: Fyziologické parametry vodních slalomářů dle Bunce (1984).

Jansa a kol. (2007) prokázali u vodních slalomářů průměrnou maximální spotřebu kyslíku (VO<sub>2</sub> max.)  $56,1 ml.min^{-1}.kg^{-1}$ , což je poměrně podobný výsledek jako u Bunce (1984). Ve studii provedené Hellerem a Vodičkou (2004) dosáhli elitní vodní slalomáři při klikové ergometrii průměrné hodnoty VO<sub>2</sub> max. pouze  $47,1 (\pm 3,4) ml.kg^{-1}$ . To je výrazně méně, než jsme v roce 2013 naměřili u výzkumného souboru elitních kajakářů my.

Při stupňovaném zátěžovém testu na klikovém ergometru a při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem dosáhli elitní čeští kajakáři výsledků uvedených v tabulce č. 2 (Busta, 2013).

| Průměrné naměřené výsledky naměřené při klikové ergometrii a při pádlování v bazénu s protiproudem |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
| Základní údaje   | Věk (r)                                     | 23,10 ( $\pm 1,99$ )                       |   |  |
|  | Výška (cm)                                  | 180,09 ( $\pm 4,04$ )                      |   |  |
|  | Váha (kg)                                   | 73,3 ( $\pm 5,24$ )                        |   |  |
| Spirometrie  | FVC (l)                                     | 4,72 ( $\pm 0,39$ )                        |   |  |
|  |   | Kliková ergometrie – průměrné hodnoty (SD) | Pádlování v bazénu s protiproudem – průměrné hodnoty (SD) | Rozdíl v příslušných jednotkách a v procentech (%) |
| Maximální stupňovaný zátěžový test   | VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )      | 4,86 ( $\pm 0,41$ )                        | 2,80 ( $\pm 0,48$ )                                       | 2,06 (42,38 %)                                     |
|  | VO <sub>2</sub> /kg (ml.kg <sup>-1</sup> )  | 66,29 ( $\pm 3,16$ )                       | 38,49 ( $\pm 7,92$ )                                      | 27,8 (41,93 %)                                     |
|  | V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )     | 142,14 ( $\pm 13,50$ )                     | 103,03 ( $\pm 10,14$ )                                    | 39,11 (27,51 %)                                    |
|  | DF (min <sup>-1</sup> )                     | 65,38 ( $\pm 4,27$ )                       | 36,63 ( $\pm 6,56$ )                                      | 28,75 (43,97 %)                                    |
|  | SF (min <sup>-1</sup> )                     | 183,0 ( $\pm 6,02$ )                       | 181,88 ( $\pm 4,99$ )                                     | 1,12 (0,61 %)                                      |
|  | O <sub>2</sub> tep (ml)                     | 26,55 ( $\pm 2,13$ )                       | 15,36 ( $\pm 2,54$ )                                      | 11,19 (42,14 %)                                    |
|  | O <sub>2</sub> /tep/kg (ml)                 | 0,36 ( $\pm 0,02$ )                        | 0,21 ( $\pm 0,04$ )                                       | 0,15 (41,66 %)                                     |
|  | R   | 1,12 ( $\pm 0,02$ )                        | 1,08 ( $\pm 0,04$ )                                       | 0,04 (3,57 %)                                      |
|  | Práh VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> ) | 3,13 ( $\pm 0,40$ )                        | 1,88 ( $\pm 0,40$ )                                       | 1,25 (39,93 %)                                     |
|  | Práh SF (min <sup>-1</sup> )                | 161 ( $\pm 5,38$ )                         | 161 ( $\pm 5,35$ )  | 0 (0 %)  |
|  | SF aer (min <sup>-1</sup> )                 | 137 ( $\pm 4,57$ )                         | 136 ( $\pm 4,55$ )  | 1 (0,72 %)   |
|  | SF anaer (min <sup>-1</sup> )               | 170 ( $\pm 5,70$ )                         | 170 ( $\pm 5,67$ )  | 0 (0 %)  |
| LA (mmol/l <sup>-1</sup> )   | 11,34 ( $\pm 1,57$ )                        | 7,09 ( $\pm 0,78$ )                        | 4,25 (37,47 %)  |  |

*Tabulka č. 2: Výsledky dosažené při klikové ergometrii horních končetin a při pádlování v bazénu s protiproudem.*

Ze závěrů výzkumných prací zmíněných autorů lze vyvodit následující: Srdeční frekvence dosahuje hodnot 90 - 98%, což dle prokázané lineární závislosti mezi srdeční frekvencí a spotřebou kyslíku (Melin a Ecleche, 1982), odpovídá spotřebě kyslíku minimálně na úrovni 90% maximální spotřeby kyslíku ( $VO_2\text{max.}$ ). Dále lze vyvodit, že pozátěžové koncentrace laktátu po maximálním výkonu přesahují zpravidla hranici  $10\text{ mmol.l}^{-1}$ , ale výrazněji nepřesahují hranici  $16\text{ mmol.l}^{-1}$ . Naměřené průměrné hodnoty  $VO_2\text{ max.}$  v rámci jednotlivých studií při standardizovaných testech se poměrně liší, pohybují se v rozmezí od  $47,1 (\pm 3,4)$  až  $66,29 (\pm 3,16)\text{ ml.kg}^{-1}$ . Tyto rozdíly lze pravděpodobně vysvětlit výkonnostní rozdílností výzkumných souborů i odlišností laboratorního diagnostického vybavení a zvolené pohybové struktury.

### **2.3 Aerobní zátěžová diagnostika ve vodním slalomu**

Jak je patrné z předchozí podkapitoly, mnozí autoři poukazují na význam vytrvalostních schopností ve vodním slalomu. Ovlivnění vytrvalostních schopností nepatří k obtížným tréninkovým úkolům. Adaptabilita systémů, které tyto schopnosti podmiňují, je větší než u ostatních kondičních schopností. Důležité je ovšem cílené zatížení (Dovalil, 2012). Zajímají-li nás vytrvalostní schopnosti závodníka, měli by nás stejně tak zajímat i diagnostické metody, jakožto nástroje kontroly trénovanosti, odhalující jejich úroveň a fyziologickou podstatu. V řízení tréninku jde totiž především o zkoumání vztahu zatížení a adaptačních změn. V oblasti vrcholové sportovní přípravy je aktuálním požadavkem individualizace tréninku. Uplatňování principu individualizace tréninku ovšem vyžaduje dostatek objektivních, spolehlivých a validních informací zpětnovazebné povahy o stavu trénovanosti (Dovalil, 2012). Tyto informace lze získat při laboratorní diagnostice a při diagnostice terénní. Možnosti terénní diagnostiky jsou sice snadněji dostupné, ale chceme – li získat určité detailnější a validní informace o stavu organismu, je třeba přistoupit k diagnostice laboratorní. To nám slouží nejen k lepšímu poznání sportovce, ale především k racionálnějšímu řízení tréninkového procesu a zvýšení jeho efektivity. Diagnostika nám umožňuje kvantitativní popis stavu trénovanosti sportovce. Numerické, tabelární a grafické vyjádření výsledků dostatečně naplňuje potřeby exaktního vyhodnocení (Heller a Vodička, 2011).

### 2.3.1 Metody zátěžové diagnostiky obecně

Maximální stupňovaný zátěžový test (aerobní zátěžová diagnostika) trvá zpravidla v rozmezí 4 až 7 minut. Je prováděn do „vita maxima“ – tedy do selhání. Je ukazatelem především aerobní vytrvalosti, ovšem vzhledem k maximálnímu zatížení, díky kterému se do energetického krytí zapojují ve vysoké míře i anaerobní mechanismy, se dá říci, že test vypovídá mnohé i o úrovni vytrvalosti anaerobní (Heller a Vodička, 2011). Pokud bychom chtěli diagnostikovat pouze anaerobní vytrvalost, test by probíhal po dobu 30 sekund v maximální možné intenzitě od první sekundy a při konstantním zatížení (odporu, rychlosti pásu apod.). Jednalo by se potom o tzv. Wingate test (Heller a Vodička, 2011).

Až doposud byly k diagnostice kardiopulmonální zdatnosti ve vodním slalomu využívány standardizované laboratorní metody s využitím různých ergometrů. Zpravidla to byl běhací koberec, bicyklový ergometr nebo klikový ergometr pro horní končetiny. Nejčastější metodou mezi kajakáři je běhací pás nebo bicyklový ergometr, na kterém jsou testováni v rámci lékařských prohlídek. Bicyklový ergometr se netěší příliš velké oblibě, neboť vyžaduje určitou svalovou adaptaci dolních končetin na specifický pohyb šlapání (Heller a Vodička, 2011), kterou někteří vodní slalomáři postrádají.

Ve srovnání s maximálním zatížením na bicyklovém ergometru dosahují netrénovaní muži a ženy při práci horních končetin nižší procento svého maximálního ergometrického výkonu na bicyklovém ergometru (cca 40 – 50%), ale maximální či vrcholové hodnoty spotřeby kyslíku odpovídají 60 – 70% hodnot dosažených na bicyklovém ergometru. Tato diskrepance je způsobena nižší mechanickou účinností pro práci horních končetin ve srovnání s prací dolních končetin (cca 16% vs. 20 – 22%). U sportovců specificky trénovaných pro práci horních končetin, ale díky adaptacím periferního typu dosahuje úroveň vrcholové či maximální spotřeby kyslíku při práci horních končetin okolo 90%  $VO_{2max}$  stanovené v maximálním testu práce dolních končetin. Také jejich maximální ergometrický výkon je v porovnání s netrénovanými osobami téměř dvojnásobný (Heller, Vodička, 2011). Kozelský (2002) ve svém výzkumu prokázal značnou podobnost výsledků z klikového ergometru a běhacího koberce u kajakářů, což potvrzuje možnost vysoké trénovatelnosti horní části těla, jehož intenzivní práce může mít u specificky trénovaných jedinců stejnou fyziologickou odezvu jako běh. Při klikové ergometrii se jedná o pohybovou činnost, která je velice podobná pádlování ve všech svých aspektech.



### 2.3.2 Kliková ergometrie horních končetin

Některé z pracovních a sportovních aktivit se týkají převážně svalové práce horních končetin a trupu. Proto byly vytvořeny a do praxe zavedeny různé typy zátěžových testů zaměřených na práci horních končetin. Ergometry pro práci horních končetin musí umožňovat individuální úpravu pro vyšetřovanou osobu různých tělesných dimenzí (zejména tělesné výšky a délky horních končetin). Jedná se například o umožnění vhodného sedu a opory nohou vyšetřované osoby, střed otáčení ergometru by měl výškově odpovídat úrovni ramenního kloubu a délka klik ergometru by měla umožňovat na jedné straně plnou či téměř plnou extenzi horní končetiny ve vzdálené poloze a přiměřenou flexi horní končetiny v blízké poloze kliky ergometru. Kromě možnosti úpravy klik by mělo jejich uspořádání umožňovat jak testy střídané (asynchronní), tak i soupažné (synchronní) práce. Při asynchronní práci jsou kliky ergometru uspořádány tak, že navzájem svírají úhel  $180^0$ , což se v ergometrii horních končetin využívá ve sportovní praxi nejčastěji. Asynchronní způsob práce se využívá zejména k zátěžovému testování kajakářů a kanoistů, sportovních lezců, gymnastů apod. Doba trvání a intenzita rozcvičovacích zatížení musí být volena individuálně tak, aby vedla k vhodnému a dostatečnému zapracování, ale nikoli k únavě. Počátek maximálního stupňovaného zatížení bývá zpravidla nižší a přírůstky zatížení v jednotlivých stupních kolísají mezi 10 až 30 W. Hlavním cílem ergometrie horních končetin je objektivizace organismu na dané zatížení, zejména stanovení submaximálních a maximálních hodnot kardiorespiračních ukazatelů i maximálního ergometrického výkonu. Pro stanovení spolehlivých a validních maximálních hodnot kardiorespiračních ukazatelů i vrcholového ergometrického výkonu je třeba zvážit individuální charakteristiky vyšetřované osoby a zvolit vhodný zátěžový protokol. Testy kratší než 4 minuty zpravidla neumožňují dosáhnout skutečné individuální maximální hodnoty kardiorespiračních ukazatelů a zkreslují i kinetiku respiračních funkcí, která představuje východisko pro stanovení úrovně ventilačního anaerobního prahu. Naopak déletrvající testy, například delší než 8 nebo 10 minut bývají vyšetřovanou osobou ukončeny spíše pro neschopnost tolerovat narůstající lokální únavu a nikoli díky dosažení maxima kardiorespiračních funkcí (Heller, Vodička, 2011).

Specificky trénovaní jedinci pro asynchronní práci horních končetin (např. kajakáři) dosahují v testu práce horních končetin téměř dvojnásobný maximální ergometrický výkon než netréované osoby a také jejich hodnoty  $VO_2\max$ , maximální plicní ventilace a tepového kyslíku jsou podstatně vyšší než u netréovaných mužů a žen. Tyto výsledky svědčí o vysoké trénovatelnosti předpokladů pro práci horních končetin (Heller, Vodička, 2011).

### 2.3.3 Diagnostika při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem

V roce 2013 jsme v rámci bakalářské práce uskutečnili stupňovaný zátěžový test do „vita maxima“ v bazénu s protiproudem s výzkumným souborem 8 elitních českých kajakářů (Busta, 2013). Realizace takového způsobu testování byla dlouhodobou a poměrně dosti náročnou záležitostí. Byli jsme nuceni překonat celou řadu problémů, jejichž charakteristika a způsob řešení je uveden v tabulce č. 3.

| Problémy a jejich řešení stupňovaného zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem |   |
|--|---|
| Charakteristika problému   | Způsob řešení   |
| Nízká rychlost protiproudu.  | Nutnost použití velké brzdné plochy. Využití plastového kajaku dosahujícího nižší rychlosti.  |
| Nehomogenost protiproudu. Vlny, možnost ulevit si prostřednictvím „surfingu“ ve vlně.              | Nutnost stanovit úroveň, na které se musel kajakář prostřednictvím pádlování neustále držet.  |
| Rozměrové parametry bazénu. Do bazénu se uspokojivě nevešel slalomový kajak.                       | Nutnost použití plastové, kratší lodě s horšími jízdními vlastnostmi.   |
| Stříkající voda a vlhkost. Nebezpečí pro analyzující výpočetní techniku.                           | Nutnost prodloužit kabely a analyzující techniku uložit do vedlejší místnosti s nižší vlhkostí a mimo dosah stříkající vody.                                    |
| Přípevnění zařízení analyzujícího dýchací činnost k hlavě, resp. ústům závodníka.                  | Použití slalomové helmy, na kterou je přípevněna hadice od níž vede náustek.  |
| Bezpečné vedení hadic a kabelů od závodníka k analyzujícímu zařízení.                              | Použití optimálně vysokého a dlouhého ramene, které slouží pro uchycení techniky a správné vedení kabelů s informacemi směrem k analyzující výpočetní technice. |

*Tabulka č. 3: Přehled problémů a jejich řešení při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem.*



*Fotografie č. 1: Kajakář v průběhu testování.*

Elitní kajakáři v testování dosáhli výsledků, které jsou uvedeny v tabulce č. 4.

| Výsledky zátěžového testu – jízda na kajaku v bazénu s protiproudem |  |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| Osoba   |  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | Průměr (SD)        |
| Základní údaje  | Věk (r)                                    | 20,7  | 26,4  | 22,8  | 20    | 24,1  | 22,6  | 25,1  | 23,1  | 23,1<br>(±1,99)    |
|   | Váha (kg)                                  | 67,7  | 67,3  | 83,6  | 70,6  | 75,5  | 69,8  | 74,0  | 77,9  | 73,3<br>(±5,24)    |
|   | Výška (cm)                                 | 177,9 | 179,7 | 186,2 | 172,2 | 181,5 | 177,3 | 182,9 | 183,0 | 180,09<br>(±4,04)  |
| Maximální zátěžový test – jízda na kajaku v bazénu s protiproudem   | VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )     | 2,93  | 3,41  | 2,28  | 2,29  | 2,41  | 3,13  | 2,38  | 3,52  | 2,80<br>(±0,48)    |
|   | VO <sub>2</sub> /kg (ml.kg <sup>-1</sup> ) | 43,35 | 50,61 | 27,29 | 32,47 | 31,96 | 44,89 | 32,13 | 45,24 | 38,49<br>(±7,92)   |
|   | V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )    | 88,8  | 104,7 | 88,7  | 97,3  | 105,2 | 112,8 | 119,0 | 107,8 | 103,03<br>(±10,14) |
|   | DF(min <sup>-1</sup> )                     | 42    | 42    | 27    | 32    | 31    | 44    | 31    | 44    | 36,63<br>(±6,56)   |
|   | SF(min <sup>-1</sup> )                     | 180   | 182   | 185   | 172   | 177   | 186   | 188   | 185   | 181,88<br>(±4,99)  |
|   | O <sub>2</sub> tep                         | 16,30 | 18,72 | 12,33 | 13,33 | 13,63 | 16,85 | 12,65 | 19,05 | 15,36              |

|   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |              |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Maximální zátěžový test – jízda na kajaku v bazénu s protiproudem | (ml)  |      |      |      |      |      |      |      |      | (±2,54)      |
|   | O <sub>2</sub> /tep/kg (ml)                 | 0,24 | 0,28 | 0,15 | 0,19 | 0,18 | 0,24 | 0,17 | 0,24 | 0,21 (±0,04) |
|   | R   | 1,07 | 1,09 | 1,03 | 1,03 | 1,11 | 1,05 | 1,14 | 1,08 | 1,08 (±0,04) |
|   | Práh VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> ) | 1,95 | 2,20 | 1,46 | 1,76 | 1,41 | 2,15 | 1,52 | 2,62 | 1,88 (±0,40) |
|   | Práh SF (min <sup>-1</sup> )                | 156  | 167  | 164  | 157  | 158  | 170  | 158  | 154  | 161 (±5,35)  |
|   | SF aer (min <sup>-1</sup> )                 | 133  | 142  | 140  | 134  | 134  | 145  | 134  | 131  | 136 (±4,55)  |
|   | SF anaer (min <sup>-1</sup> )               | 165  | 177  | 174  | 167  | 167  | 180  | 167  | 163  | 170 (±5,67)  |
|   | LA (mmol/l)                                 | 7,40 | 8,50 | 6,50 | 6,20 | 6,50 | 6,60 | 8,30 | 8,10 | 7,09 (±0,78) |

Tabulka č. 4: Výsledky stupňovaného zátěžového testu do vyčerpání při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem.

Cílem naší práce přitom bylo porovnat výsledky získané při jízdě na kajaku s výsledky získanými při klikové ergometrii. Porovnání těchto výsledků je uvedeno v tabulce č. 5.

| Průměrné naměřené výsledky naměřené při klikové ergometrii a při pádlování v bazénu s protiproudem |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
| Základní údaje   | Věk (r)                                    | 23,10 (±1,99)                              |   |  |
|  | Výška (cm)                                 | 180,09 (±4,04)                             |   |  |
|  | Váha (kg)                                  | 73,3 (±5,24)                               |   |  |
| Typ zátěžového testu   |  | Kliková ergometrie – průměrné hodnoty (SD) | Pádlování v bazénu s protiproudem – průměrné hodnoty (SD) | Rozdíl v příslušných jednotkách a v procentech (%) |
| Maximální stupňovaný zátěžový test   | VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )     | 4,86 (±0,41)                               | 2,80 (±0,48)  | 2,06 (42,38 %)                                     |
|  | VO <sub>2</sub> /kg (ml.kg <sup>-1</sup> ) | 66,29 (±3,16)                              | 38,49 (±7,92)   | 27,8 (41,93 %)                                     |
|  | V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )    | 142,14 (±13,50)                            | 103,03 (±10,14)   | 39,11 (27,51 %)                                    |
|  | DF (min <sup>-1</sup> )                    | 65,38 (±4,27)                              | 36,63 (±6,56)   | 28,75 (43,97 %)                                    |
|  | SF (min <sup>-1</sup> )                    | 183,0 (±6,02)                              | 181,88 (±4,99)  | 1,12 (0,61 %)                                      |

|  |   |               |               |                 |
|--|---|---------------|---------------|-----------------|
|  | O <sub>2</sub> tep (ml)                     | 26,55 (±2,13) | 15,36 (±2,54) | 11,19 (42,14 %) |
|  | O <sub>2</sub> /tep/kg (ml)                 | 0,36 (±0,02)  | 0,21 (±0,04)  | 0,15 (41,66 %)  |
|  | R   | 1,12 (±0,02)  | 1,08 (±0,04)  | 0,04 (3,57 %)   |
|  | Práh VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> ) | 3,13 (±0,40)  | 1,88 (±0,40)  | 1,25 (39,93 %)  |
|  | Práh SF (min <sup>-1</sup> )                | 161 (±5,38)   | 161 (±5,35)   | 0 (0 %)         |
|  | SF aer (min <sup>-1</sup> )                 | 137 (±4,57)   | 136 (±4,55)   | 1 (0,72 %)      |
|  | SF anaer (min <sup>-1</sup> )               | 170 (±5,70)   | 170 (±5,67)   | 0 (0 %)         |
|  | LA (mmol/l <sup>-1</sup> )                  | 11,34 (±1,57) | 7,09 (±0,78)  | 4,25 (37,47 %)  |

*Tabulka č. 5: Srovnání průměrných výsledných dosažených hodnot ukazatelů kardiorepirační zdatnosti obou zátěžových diagnostik.*

Z porovnání výsledků obou měření je patrné, že naměřené hodnoty jsou značně odlišné. Domníváme se, že je tomu tak především kvůli změně charakteru pádlování v důsledku nutnosti použití relativně velké brzděné plochy. Pádlování je silově výrazně náročnější a většina testovaných kajakářů uvedla, že u nich došlo dříve k vyčerpání silovému než oběhovému nebo respiračnímu. Záběr měl příliš velký odpor a loď takřka minimální skluz, což může právě za onu předčasnou silovou vyčerpanost a lokální únavu za současného nevyužití maximálního kardiorepiračního potenciálu. Svou roli na relativně značně nižších naměřených hodnotách ale může hrát také zvyklost a vysoká adaptivnost závodníků na specifickou zátěž pádlování. Závěrem naší práce z roku 2013 bylo, že další měření se musí uskutečnit buď v reálných podmínkách prostřednictvím přenosného diagnostického zařízení, nebo s vyžitím většího a výrazně výkonnějšího bazénu (Busta, 2013).

### **2.3.4 Diagnostika při jízdě na kajaku na klidné vodě**

Maximální spotřeba kyslíku je obvykle určena v laboratoři při testu na běžecím pásu nebo při šlapání na cyklo – ergometru. Nicméně sportovci, kteří jsou dominantně zaměřeni na práci horní části těla, nemusí být na takovou formu cvičení zvyklí. V důsledku toho je takové cvičení potenciálně nevhodným nástrojem testování (Michael et al., 2008). Stromme a kol. (1977) stanovili VO<sub>2</sub>peak u běžců na lyžích, veslařů a cyklistů při zátěžovém testu na běžecím pásu a při maximálním výkonu v jejich specifické sportovní činnosti a zjistili, že všichni sportovci dosáhli vyšší úrovně VO<sub>2</sub>peak během specifické sportovní aktivity.

Spiroergometrické funkční zátěžové testování při pádlování se objevuje v rychlostní kanoistice. Testováním přímo při specifické činnosti pádlování maximální intenzitou se

zabývala řada autorů (Tesch, 1983; Hahn et al., 1988, Fry and Morton, 1991), kteří dospěli k závěru, že hodnoty  $VO_2\text{peak}$  se pohybují okolo  $58 \text{ ml.kg.s}^{-1}$ . Tesch et al. (1976) porovnali výsledky 6 elitních švédských rychlostních kajakářů získaných při zátěžovém testu na cyklo – ergometru a při maximálním výkonu na 500 m a 1000 m. Zjistili, že spotřeba kyslíku při pádlování na 500 m odpovídala 77%  $VO_2 \text{ peak}$  dosaženého při práci dolních končetin. U vzdálenosti na 1000 m se jednalo již o 87%.

Carre a kol. (1994) našli u skupiny vysoce trénovaných slalomářů (15 mužů s průměrnou tělesnou hmotností 66,7 kg a 3 ženy s průměrnou hmotností 54,5 kg) pomocí metody zpětné interpolace velmi dobrou korelaci mezi laboratorními a terénními hodnotami  $VO_2\text{max}$ . Provedli vícestupňový laboratorní zátěžový test s dvouminutovými stupni a 30W přírůstkou zatížení do vyčerpání. Test trval 8 až 10 minut, maximální spotřeba kyslíku byla  $3,78 (\pm 0,71) \text{ l.min}^{-1}$ , srdeční frekvence dosáhla  $185,3 (\pm 10,2) \text{ min}^{-1}$  a koncentrace laktátu v krvi  $12,2 (\pm 3,0) \text{ mmol.l}^{-1}$ . V terénním testu na hladké vodě absolvovali kajakáři čtyřikrát bez přestávek trať vyznačenou bójemi. V každé jízdě zvyšovali svou rychlost tak, aby dosáhli svého maximum v poslední jízdě. Doba trvání testu byla 7,5 až 9 minut, maximální spotřeba kyslíku  $3,87 (0,73)$ , srdeční frekvence  $187,6 (\pm 10,6)$  a koncentrace laktátu v krvi dosáhla hodnot  $11,2 (\pm 2,3) \text{ mmol.l}^{-1}$ .

## **2.4 Charakteristika vybraných pojmů fyziologie zátěže**

V této podkapitole jsou především charakterizovány nejdůležitější vybrané pojmy fyziologie tělesné zátěže, které jsou hlavními ukazateli kardiorespirační zdatnosti a tím i úrovně vytrvalostních schopností.

### **2.4.1 Spiroergometrie**

Spiroergometrie je metoda stanovení aerobní kardiorespirační zdatnosti analýzou vdechovaného vzduchu při maximálním fyzickém zatížení organismu. Provádí se zpravidla v laboratoři, nejčastěji na bicyklovém ergometru, méně často na běhacím koberci. Ze všech zátěžových testů je spiroergometrie nejkompexnější a nejlépe propracovanou formou vyšetření transportního systému pro kyslík. Základní indikací spiroergometrie u zdravých sportovců je zjišťování vlivu tréninku na fyzickou zdatnost. Změna tréninku, prostředí, stravy, zranění, nemoc, psychická zátěž, užívání léků, změna biorytmu či další faktory mohou pozitivně či negativně ovlivnit zdatnost sportovce (Vilikus, 2012).

## **2.4.2 Srdečně – cévní systém**

Srdečně – cévní systém je úzce funkčně propojen s dýchacím systémem. Tento komplex se terminologicky označuje jako systém kardiorespirační. Má řadu důležitých funkcí, podílí se na zajištění přísunu živin do činných svalů, následně odvádí zplodiny látkové přeměny, tj. katabolity (např. laktát, amoniak), podílí se na termoregulaci, zajišťuje stálost vnitřního prostředí, imunitu a další děje. Jednotlivé parametry kardiorespiračního systému podléhají vlivem pohybového zatížení v průběhu cíleného tréninku řadě změn, a to jak reaktivních (přímá odpověď na zatížení), tak adaptačních (v souvislosti s tréninkem dlouhodobého charakteru). Při pohybové činnosti dochází ke značným změnám ukazatelů krevního oběhu (mnohé z nich jsou důležitým diagnostickým činitelem při kontrole tréninkového efektu a intenzity zatížení). Takovým hlavním a nejčastějším ukazatelem je tepová frekvence (Vránová, Dovalil, Bunc in Dovalil a kol., 2012).

### **2.4.2.1 Srdeční frekvence (SF)**

Srdeční frekvence vyjadřuje počet srdečních stahů za minutu. Často užívaný výraz tepová frekvence (TF) odpovídá měření periferní odpovědi – nejčastěji na vřetenní tepně na zápěstí a na tepně spánkové. Srdeční (tepová) frekvence je velmi ovlivnitelný ukazatel. Její zvýšení charakterizuje intenzitu zatížení, k výchozím hodnotám se vrací až v době uklidnění. Klidové hodnoty se pohybují kolem 70 tepů za minutu. Vlivem tréninku, zejména vytrvalostního, se klidové hodnoty snižují (Havlíčková a kol., 2003).

Ve sportovním tréninku nacházejí při měření SF stále širší uplatnění různé typy sporttesterů. Závodníci, kteří se sporttesterem pracují, znají hodnoty své maximální i pracovní SF. To jim umožňuje zkvalitnění tréninku – díky znalosti své SF odvozují intenzitu zatížení, délku odpočinku, může být signálem k ukončení tréninku, signálem přetížení nebo dokonce přetrénování (Vránová, Dovalil, Bunc in Dovalil a kol., 2012).

### **2.4.2.2 Tepový kyslík ( $O_2$ tep)**

Tepový kyslík vyjadřuje hodnotu vypočítanou ze spotřeby kyslíku a srdeční frekvence ( $VO_2 / SF$ ). Tato hodnota udává množství kyslíku přenášené jedním tepem do tkání. Většinou se z výchozích hodnot kolem 5 ml  $O_2$  zvyšuje při submaximálním zatížení na 15 i více ml  $O_2$ . Maximální hodnot tepového kyslíku stoupá s věkem do 25 let, potom opět klesá. U žen je nižší než u mužů. Hodnoty tepového kyslíku se často také rovnou převádí na kilogram tělesné váhy –  $O_2$ tep/kg (Havlíčková a kol., 2003).

### **2.4.3 Dýchací systém**

Dýchací systém se funkčním propojením se srdečně – cévním systémem účinně podílí na dýchacích (okysličovacích) procesech tkání, odvádí metabolity ( $\text{CO}_2$ ). Řízení obou systémů je ekonomicky sladěné, spolupodílí se na něm prodloužená mícha a centrální nervový systém. Pro trénované jedince je typická vysoká ekonomizace funkcí dýchacího systému (Vránová, Dovalil, Bunc in Dovalil a kol., 2012).

Zvýšená intenzita metabolismu vyžaduje zvýšenou výměnu plynů. To představuje jak dostatečnou dodávku kyslíku tkáním, tak i dostatečně rychlé odstranění oxidu uhličitého z organismu. Pro zabezpečení adekvátního transportu je nezbytná úzká spolupráce dýchacího a oběhového systému (Havlíčková a kol., 2003).

#### **2.4.3.1 Dechový objem (VT)**

Stoupá se vzrůstající intenzitou zatížení, do značné míry je ovšem závislý na dechové frekvenci. Při vysoké DF se zvětšuje jen málo, jak je tomu např. u dětí. Dechový objem činí v klidu 0,5 – 0,6 l, při středním výkonu 1,0 – 2,0 l a při těžké práci 2,0 – 3,0 l. Často však bývá vyjadřován svým podílem na vitální kapacitě (% VC). Dechový objem při středně intenzivním výkonu představuje 30% VC, při namáhavém výkonu 50% VC, u trénovaných až 70% VC (Havlíčková, 2003).

Dechový objem je možné spočítat tak, že minutovou plicní ventilaci dělíme dechovou frekvencí. Při nižších intenzitách zatížení se zvyšuje zejména díky inspiračnímu rezervnímu objemu, při vyšších intenzitách díky expiračnímu rezervnímu objemu. Dechový objem při maximální zátěži ( $\text{VT}_{\text{MAX}}$ ) činí asi 50 – 60% vitální kapacity plic (v klidu pouze asi 15%). Nevyužívá se tedy zdaleka celá VC. Je to dáno tím, že změny polohy bránice blížící se úplnému nádechu resp. úplnému výdechu již jsou málo efektivní. Dýchací svaly jsou v krajních polohách velmi namáhány, neboť musí překonávat velkou změnu nitrohruďního tlaku a přitom změna objemu plic je již malá (Vilikus, 2012).

#### **2.4.3.2 Dechová frekvence (DF)**

Dechová frekvence vyjadřuje počet dechů za minutu. Ve srovnání s SF jsou v DF při zátěži pozorovány výraznější změny. Je to způsobeno tím, že DF je vůči snadněji ovlivnitelná. DF se při stupňovaném zatížení postupně zvyšuje, ovšem toto zvyšování je individuální a závisí na způsobu (ekonomice) dýchání. Při lehké práci se DF pohybuje od 20 do 30 dechů za



minutu, u těžké práce mezi 30 a 40 dechy, u velmi těžké práce činí 40 – 60 dechů za minutu (Havlíčková, 2003). Klidové hodnoty DF jsou asi 10 až 16 dechů za minutu (Bartuňková, 2010). Je třeba si uvědomit, že zvyšování dechové frekvence může vést ke snížení dechového objemu a tím i minutové ventilace (Havlíčková, 2003). S výkonností se DF mění. U trénovaných jedinců dochází k poklesu klidových hodnot dechové frekvence a naopak ke zvyšování hodnot dechového objemu (Vránová, Dovalil, Bunc in Dovalil a kol., 2012).

#### **2.4.3.3 Vitální kapacita plic (VC)**

Vitální kapacita je ukazatelem statickým, jednorázovým, měřeným v klidových podmínkách (Havlíčková, 2003). Vitální kapacita je v podstatě tvořena součtem dechového objemu, inspiračního (nádechového) a expiračního (výdechového) rezervního objemu plicního. Její hodnoty mohou dosahovat až 7 litrů, záleží na sportovní disciplíně a stupni trénovanosti (Vránová, Dovalil, Bunc in Dovalil a kol., 2012).

#### **2.4.3.4 Minutová ventilace plicní ( $VE_{MAX}$ )**

Minutová ventilace plicní závisí na velikosti dechového objemu a dechové frekvenci, jichž je součinem. Je závislá na intenzitě konané práce. Přizpůsobuje se nejen potřebám zvýšeného přísunu kyslíku, ale především zvýšené koncentraci oxidu uhličitého a jeho potřebě vyloučení z organismu. Klidové hodnoty se pohybují kolem 8l za minutu. V souvislosti se vzrůstajícími požadavky na spotřebu kyslíku během zatížení se hodnoty zvyšují až na 150l. Závisí na typu, intenzitě a délce zatížení (Havlíčková a kol., 2003).

#### **2.4.3.5 Maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2MAX}$ )**

Udává nejvyšší možnou individuální hodnotu spotřeby kyslíku. Je dosažitelný při práci velkých svalových skupin, naměřené hodnoty se vyjadřují absolutně v litrech nebo relativně v mililitrech na kg tělesné hmotnosti za minutu. Někdy se také setkáme s termínem maximální aerobní výkon nebo prostě jen aerobní výkon. Při jistém zjednodušení slouží aerobní výkon v praxi jako měřitelné i dostupné kritérium aerobních procesů. Sumárně odráží dýchání, činnost srdce a oběhu i látkovou výměnu ve svalové buňce. Maximální spotřeba kyslíku je velmi cenným ukazatelem, zejména pro vytrvalostní disciplíny. Pro trénink vytrvalosti má vysoký informační význam proto, že k němu lze vztáhnout průběžnou hodnotu spotřeby kyslíku při konkrétním cvičení a podle toho získat představu o nárocích příslušného zatížení na  $O_2$  systém. Populační hodnoty se pohybují u žen kolem 35ml/kg/min, u mužů jsou hodnoty 45ml/kg/min. U trénovaných osob s převažujícím aerobním zaměřením tréninku mohou

hodnoty maximální spotřeby kyslíku dosahovat výše až 80ml/kg/min i více (Vránová, Dovalil, Bunc in Dovalil a kol., 2012).

Maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2MAX}$ ), maximální aerobní kapacita, je nejcennějším ukazatelem při posuzování aerobní kardiorepirační zdatnosti. Vyjadřuje schopnost organismu transportovat co největší množství kyslíku pracujícím svalům při maximálním zatížení. Je tedy měřítkem maximálních aerobních schopností organismu (Vilikus, 2012).

#### **2.4.3.6 Respirační kvocient (R), metabolické vytížení**

Respirační kvocient (R resp. RER) je poměr vyloučeného  $CO_2$  ke spotřebovanému  $O_2$ . Za klidových podmínek závisí R na složení stravy, především na trojpoměru živin. K výpočtu R se používá poměru objemu plynů (nebo poměru procentuální změny koncentrace plynů oproti atmosféře). Čím více se zvyšuje intenzita zátěže, tím méně hodnota R závisí na složení přijatých živin a tím více se R mění v závislosti na rostoucí koncentraci kyseliny mléčné v krvi. Kyselina mléčná je pufována hlavním extracelulárním nárazníkovým systémem – bikarbonátovým – za vzniku nestálé kyseliny uhličitě, která se rozkládá na vodu a oxid uhličitý. Oxid uhličitý pak člověk vydechuje ve vyšší koncentraci a stoupá tak R (RER). Abychom mohli považovat naměřené výsledky spiroergometrie za validní, měl by R dosáhnout hodnot 1,10 – 1,20 nezávisle na věku, pohlaví či trénovanosti. Hodnota R 1,00 odpovídá zhruba anaerobnímu prahu. Poměr dýchacích plynů RER (Respiratory Exchange Ratio) je velmi spolehlivým ukazatelem metabolického vytížení testované osoby při spiroergometrii (Vilikus, 2012).

#### **2.4.3.7 Anaerobní práh (ANP) a aerobní práh (AP)**

Anaerobní práh je nejvyšší intenzita konstantního zatížení, při níž k úhradě energetického požadavku nestačí pouze aerobní procesy, výrazněji se uplatňují už také procesy anaerobní, avšak celý systém látkové výměny zůstává ještě v dynamické rovnováze tvorby a utilizace laktátu. Zvyšujeme – li intenzitu zatížení, zvyšuje se průběžná spotřeba kyslíku až do maximální úrovně. Současně při tom v určitém momentu dochází k postupné aktivaci anaerobních procesů. „Start“ anaerobních procesů začíná při intenzitě aerobního prahu, výraznější vzestup hladiny laktátu byl opakovaně pozorován po dosažení hodnoty 4 – 5 mmol/l (hodnoty se poněkud liší podle stupně trénovanosti). Každé další zvýšení již vede ke značnému vzestupu acidózy vnitřního prostředí. Tato hranice vyjadřovaná příslušnou intenzitou byla definována jako anaerobní práh. Anaerobní práh má zásadní význam pro

stimulaci vytrvalostních schopností. Je to intenzita, která klade vysoké nároky (nikoliv maximální) na spotřebu kyslíku, acidóza přitom zůstává v mezích přijatelné tolerance, cvičení tak lze provádět déle. Stanovení ANP umožňuje laboratorní funkční vyšetření se stupňovaným zatížením. U netréovaných jedinců se ANP pohybuje mezi 50 – 70%  $VO_2max$ , u trénovaných potom mezi 80 – 90% i více. K hrubému odhadu se uvažuje o pásmu 85 – 90% maximální tepové frekvence. Přesnějším metabolickým ukazatelem je krevní laktát. Intenzita pohybové činnosti na úrovni aerobního prahu se pohybuje na srdeční frekvenci od 120 do 140  $tepů.min^{-1}$ . U trénovaných jedinců to může být dokonce až 160  $tepů.min^{-1}$ . Koncentrace laktátu v krvi nepřesahuje hranici 2  $mmol.l^{-1}$  a spotřeba kyslíku se na této úrovni pohybuje mezi 50 – 60%  $VO_2max$ . V tréninkové praxi se této intenzity zatížení využívá k regeneračním tréninkům (Vránová, Dovalil, Bunc in Dovalil a kol., 2012).

#### **2.4.4 Adaptační změny srdečně – cévního a dýchacího systému**

Tyto změny vznikají jako důsledek dlouhodobého zatěžování, tréninku. Nejvýraznější změny přináší trénink vytrvalostního charakteru. Při srovnání ventilačně – respiračních parametrů trénovaného a netréovaného člověka stojí u sportovců v popředí lepší dechová ekonomika, větší funkční kapacita a vyšší stropové hodnoty sledovaných parametrů (Havlíčková a kol., 2003).

Havlíčková a kol. (2003) dále popisují trénovaného jedince, který má:

1. Lepší mechaniku dýchání (vyšší pohyblivost bránice).
2. Lepší plicní difuzi (při větším počtu aktivních alveolů a při nižším fyziologickém mrtvém prostoru).
3. Nižší dechovou frekvenci při standardním i maximálním zatížení.
4. Vyšší maximální dechový objem 3 – 5 l, (60 – 80% VC), netréovaný 2 – 3 l, (50% VC).
5. Vyšší vitální kapacitu (u mužů 5 – 8 l, u žen 3,5 – 4,5 l), což odpovídá 120 – 140% nál. VC, netréovaný muž má přibližně 4,5 l, žena 2,5 – 3,5 l (tj. 100% nál. VC).
6. Nižší minutovou ventilaci při standardním zatížení a vyšší maximální hodnotu (muž 150 – 200 l, žena 100 – 130 l), což představuje zhruba 120 – 160 % nál. V max., netréovaný muž 100 – 150 l, žena 70 – 100 l.
7. Vyšší a – v diferenci pro kyslík při maximálním zatížení (70 – 80% utilizace), netréovaný (50%).
8. Minimální až nulové projevy nulového bodu.

9. Rychlejší nástup setrvalého stavu při vyšší intenzitě zatížení (150 – 200W), netrénovaný (100W).
10. Vyšší maximální aerobní výkon ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) u mužů 60 – 80  $\text{ml.kg}^{-1}$ , u žen 40 – 50  $\text{ml.kg}^{-1}$ , netrénovaný 25 letý muž 43  $\text{ml.kg}^{-1}$  a žena 35  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ .
11. Anaerobní práh při vyšší intenzitě zatížení a vyšší spotřebě kyslíku.
12. Vyšší kyslíkový dluh (větší anaerobní kapacita) 15 – 18 l, netrénovaný pouze 5 – 7 l.

### 3. Cíle práce, výzkumné otázky a hypotézy

#### Cíle práce:

- A) Zjistit vztah mezi výsledky aerobní zátěžové diagnostiky 6 elitních kajakářů při pádlování na klidné vodě a při klikové ergometrii horních končetin.
- B) Porovnat výsledky aerobní zátěžové diagnostiky 6 elitních kajakářů při pádlování na klidné vodě s výsledky získanými při pádlování v bazénu s protiproudem v rámci bakalářské práce (Busta, 2013).
- C) Zjistit možnosti využití specifické zátěžové diagnostiky v běžné praxi dlouhodobého tréninkového procesu.

#### Výzkumné otázky:

- A) Jaký je vztah mezi vybranými funkčními ukazateli naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin?
- B) Je specifická zátěžová diagnostika využitelná v tréninkové praxi pro kontrolu trénovanosti a řízení tréninkového procesu?

#### Hypotézy:

- H1 Předpokládáme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami srdeční frekvence (SF) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.
- H2 Předpokládáme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2MAX.}$ ) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.
- H3 Předpokládáme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami maximální plicní ventilace ( $VE_{MAX.}$ ) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.
- H4 Předpokládáme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami tepové kyslíku ( $O_{2tep}$ ) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

H5 Předpokládáme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami dechového objemu (VT) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

H6 Předpokládáme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami dechové frekvence (DF) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

H7 Předpokládáme, že hodnoty funkčních ukazatelů naměřené při jízdě na kajaku na klidné vodě budou vyšší než hodnoty námi naměřené při pádlování na kajaku v bazénu s protiproudem minimálně o 10%, a to vzhledem k omezujícím faktorům při pádlování v bazénu (Busta, 2013).

## 4. Metodika práce

V rámci této práce uplatňujeme kvantitativní výzkum, což je metoda standardizovaného vědeckého výzkumu, která popisuje jevy pomocí proměnných (znaků), které jsou sestrojeny tak, aby měřily určité vlastnosti. Výsledky takových měření jsou zpracovány a interpretovány s využitím statistiky (Jeřábek, 1992). Práce je korelačně – prediktivní studií, která studuje vztah mezi určitými proměnnými fenomény.

### 4.1 Popis výzkumného souboru

Výzkumným souborem bylo 6 elitních kajakářů ve vodním slalomu. Všichni z nich jsou členy reprezentačních družstev. Jedná se o homogenní a úzký soubor kajakářů vrcholové výkonnosti. Účast v reprezentačním družstvu v roce 2014 nebo 2015 přitom byla jediným kritériem účasti v našem výzkumu.

| Proband | Ročník narození, věk | Národnost | Nejlepší výsledky dosažené v letech 2012 – 2015  |
|---------|----------------------|-----------|--|
| 1       | 1997, 18             | CZE       | Juniorský reprezentant 2014. 35. místo na Mistrovství Evropy (ME) juniorů 2014 Skopje (MAC).   |
| 2       | 1998, 17             | CZE       | Juniorský reprezentant 2014. 15. místo na Mistrovství světa (MS) juniorů 2014 Pentrieth (AUS).   |
| 3       | 1985, 30             | HUN       | 28. místo na ME 2013 Krakow (POL), 12. místo na Světovém poháru (SP) v Praze (CZE) 2014  |
| 4       | 1990, 24             | CZE       | Čtvrté místo na MS U23, Wausau (USA) 2012, 8. místo na SP Tacen (SLO) 2014, 29. místo na SP Praha (CZE) 2014   |
| 5       | 1992, 22             | CZE       | 15. místo na ME U23 2014 Skopje (MAC), 5. místo na MS U23 2014 Penrith (AUS)   |
| 6       | 1993, 22             | CZE       | Mistr světa U23 2015 Foz d'Iguacu (BRA), Mistr Evropy 2014 (Videň) a 2013 (Krakow), 2. místo na MS 2013 Praha, 2. místo na MS U23 Sydney 2014, 3. místo na ME U23 Skopje |

Tabulka č. 6: Charakteristika výzkumného souboru.

## **4.2 Organizace výzkumu**

Šetření byla provedena v dopoledních hodinách prvního a čtvrtého dne v březnu roku 2015. Nejprve probandi absolvovali vstupní vyšetření a zátěžový test na klikovém ergometru. O dva dny později absolvovali všichni probandi zátěžový test při pádlování na klidné vodě v pražské Troji. Tento termín jsme zvolili záměrně. Jednalo se o konec přípravného období (listopad – březen), po němž již brzy následovalo období soutěžní.

## **4.3 Použité výzkumné metody**

### **4.3.1 Vstupní vyšetření: měření, vážení a spirometrie**

U všech probandů byla nejprve zjištěna výška, váha a spirometrické hodnoty kalibrovanými přístroji v biomedicínské laboratoři FTVS UK profesionálními zaměstnanci této laboratoře. Spirometrické hodnoty byly získány prostřednictvím spirometru. Spirometr je přístroj, který měří usilovnou vitální kapacitu plic (FVC), jednosekundový usilovný výdech ( $FEV_1$ ) a vrcholový výdechový průtok (PEF). Spirometr elektronicky snímá rychlost a objem proudícího vzduchu, který přichází z náustkové trubice, která je z hygienických důvodů vyměnitelná. Informace z přístroje jsou ihned zpracovány a vytisknuty.

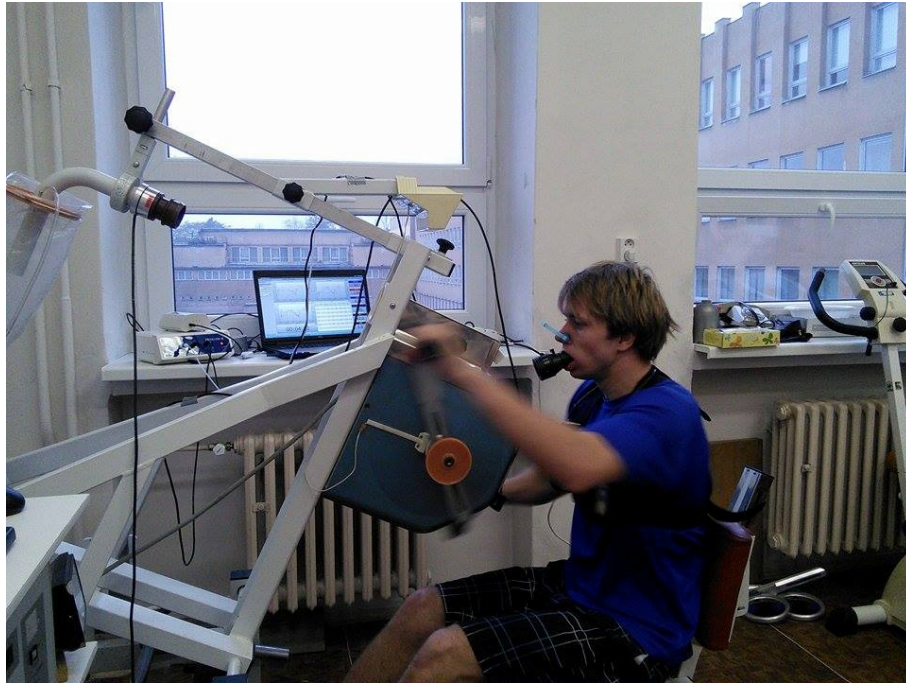
### **4.3.2 Kliková ergometrie horních končetin**

O klikové ergometrii poměrně detailně teoreticky pojednáváme v kapitole 2.3.2. Jedná se o standardizovaný stupňovaný zátěžový test do „vita maxima“. Zátěžové testy byly provedeny na klikovém ergometru (KEF – 12 II, firma Medicor), který je kalibrován jedenkrát ročně pomocí speciálního cejchovacího zařízení. Jeho přesnost nastavení výkonu je cca. 3% tolerance. Pro snímání a analýzu dat kardiopulsačních funkcí jsme využili mobilního zařízení Cortex Metamax 3B (Cortex, 2015), který je majetkem Laboratoře sportovní motoriky FTVS UK.

Test každého účastníka probíhal následovně:

- Individuální důkladné rozvičení probanda.
- Nastavení zařízení (úprava délky klik, nastavení jejich výšky a polohy sedačky).
- Rozježdění na klikovém ergometru. Asi 3 minuty na zapracování.
- Měřená minuta klidu.
- Dvě minuty na rozjetí. Kajakář absolvoval dvě minuty na rozjetí v mírném až středním tempu. Zátěž činila 120 – 140 W.





*Obrázek č. 2: Proband při klikové ergometrii horních končetin.*

- Měřená minuta klidu (rychlost návratu ke klidovým hodnotám).
- Stupňované zatížení do maxima. Kajakáři začínali na odporu 160 W a měli za úkol udržet se v daném rozmezí otáček, které bylo zelenou barvou vymezeno na otáčkoměru přímo před ním. Zátěž se zvyšovala každou minutu o 20 W, přičemž závodník měl za úkol udržovat tempo v neměnném rozmezí otáček.
- Po ukončení měření si kajakář sundal masku a měl několik minut na „vyjetí“ pro rychlejší odbourání laktátu.

### **4.3.3 Jízda na kajaku na klidné vodě**

Měření při jízdě na kajaku se uskutečnilo na klidné vodě v pražské Troji. Veškerá měření na vodě byla provedena ve spolupráci s Laboratoří sportovní motoriky FTVS UK. Postup stupňovaného zátěžového testu byl stejný jako u klikové ergometrie. Ovšem zatímco u klikového ergometru byla intenzita zatížení daná watt (W), na vodě byla intenzita zatížení určována pomocí rychlosti (rychlostních stupňů). Po důkladném rozcvičení a rozježdění na vodě absolvoval každý kajakář 20 metrový úsek maximální rychlostí s GPS systémem SpeedCoach GPS 2 americké společnosti Nielsen – Kellerman (Nielsen – Kellerman, 2015) ukazujícím aktuální rychlost. Přístroj byl na lodi upevněn tak, aby na něj kajakář bez problému viděl. Díky velkému a přehlednému displeji mohl kajakář svou rychlost kontrolovat velmi rychle.



*Obrázek č. 3: SpeedCoach GPS2 umožňující sledování okamžité rychlosti.*

Z maximální kajakářem dosažené rychlosti byly procentuálně vypočteny rychlostní zóny pro stupňované zatížení. Po změření maximální rychlosti a vypočtení rychlostních stupňů byl kajakář připojen na spiroergometrický přístroj pro analýzu kardiorepiračních funkcí Metamax 3B německé firmy Cortex, který umožňuje venkovní použití (Cortex, 2015).



*Obrázek č. 4: Mobilní spiroergometr Metamax 3B společnosti Cortex.*

Cortex Metamax 3B je využitelný v zátěžové diagnostice celé řady sportů včetně vodního slalomu, a to díky jeho nízké váze a malé velikosti. Spiroergometr se pomocí speciálních popruhů umístí na hrudník a záda, kde téměř vůbec nelimituje pohybový rozsah kajakáře. Součástí přístroje je systém Bluetooth, který umožňuje bezdrátový přenos dat až na vzdálenost 1000 metrů a který by měl být odolný i proti elektromagnetickým polím v hustě osídlených oblastech (Cortex, 2015).

K zaznamenání a analýze tepové frekvence (TF) jsme využili sporttesteru firmy Polar typu RS800, který využívá digitálního přenosu a zpracování signálů a který umožňuje vyhodnocení křivky TF v příslušném počítačovém programu Polar SW Protrainer 5 (Polar, 2015).



*Obrázek č. 5: Sporttester Polar RS800.*

Celé testování probíhalo následovně:

- Důkladné individuální rozcvičení a rozježdění kajakáře.
- Změření individuální maximální rychlosti kajakáře pomocí SpeedCoach GPS2 systému. Přístroj ukazuje okamžitou aktuálně dosaženou rychlost lokomoce. Maximální rychlost zjistil kajakář při sprintu na vzdálenost 20 metrů s letným startem, s displejem přístroje GPS umístěným před sebou na palubě lodi tak, aby byl schopen bez problému spatřit údaje při dosažení maximální rychlosti.



*Obrázek č. 6: Kajakář napojený na přístroj Cortex Metamax 3B, Garmin GPS2 a Polar RS800.*

- K jednotlivým stupňům zatížením byly z individuální maximální rychlosti každého kajakáře vypočítány příslušné rychlosti:

| Zátěžový stupeň | Minuta zatížení v průběhu testování | Procento maximální rychlosti (%) |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. stupeň       | 0. – 1.                             | 50%                              |
| 2. stupeň       | 1. – 2.                             | 60%                              |
| 3. stupeň       | 2. – 3.                             | 70%                              |
| 4. stupeň       | 3. – 4.                             | 80%                              |
| 5. stupeň       | 4. – 5.                             | 90%                              |
| 6. stupeň       | 5. – 6.                             | Maximální volní úsilí.           |

Jelikož během testování dosáhli všichni kajakáři velmi podobné maximální rychlosti velmi těsně se blížící  $12 \text{ km.h}^{-1}$ , vypočítali jsme jednotlivé rychlostní stupně z této rychlosti.

|           |         |                          |
|-----------|---------|--------------------------|
| 1. stupeň | 0. – 1. | $6 \text{ km.h}^{-1}$    |
| 2. stupeň | 1. – 2. | $7,2 \text{ km.h}^{-1}$  |
| 3. stupeň | 2. – 3. | $8,4 \text{ km.h}^{-1}$  |
| 4. stupeň | 3. – 4. | $9,6 \text{ km.h}^{-1}$  |
| 5. stupeň | 4. – 5. | $10,8 \text{ km.h}^{-1}$ |
| 6. stupeň | 5. – 6. | Maximální volní úsilí.   |

*Tabulka č. 7: Stupně stanovující intenzitu zatížení pro zátěžový test na vodě.*

- Napojení kajakáře na spiroergometrický přístroj Cortex Metamax 3B a měřič TF Polar RS800 (obrázek č. 6).
- Měřená minuta klidu (obrázek č. 7).



*Obrázek č. 7: Měřená minuta klidu.*

- 2 minuty zatížení v intenzitě prvního zátěžového stupně, tedy 50% maximální rychlosti. Displej systému GPS byl upevněn na dobře viditelném místě přímo před kajakářem. Kajakář, pro kterého byly údaje bez problému čitelné, se snažil pohybovat co nejtěsněji kolem příslušné rychlosti. Závodník jezdil po bójemi vytyčené dráze ve tvaru trojúhelníku. Snažil se přitom bóje objíždět obloukem a nikoliv se kolem nich ostře otáčet. V předběžných měřeních totiž během točení docházelo u kajakářů ke krátkému zdržování dechu, které by mohlo potenciálně výsledky měření zkreslovat.
- Měřená minuta klidu, kontrola správné funkce všech funkcí přístrojů (obrázek č. 8), kajakář se připravoval ke startu testování.



*Obrázek č. 8: Examinátorka laboratoře sportovní motoriky kontroluje bezchybný průběh testování.*

- Stupňované zatížení do „vita maxima“: minuta na 60%, minuta na 70%, minuta na 80%, minuta na 90% a minuta maximálním volným úsilím. Kajakář měl za úkol jet v poslední minutě testu v nejvyšší možné intenzitě bez ohledu na dosahovanou rychlost lokomoce. Ke zvýšení rychlosti byl jezdcí dáván signál pomocí hvizdu na silnou píšťalku, příslušné rychlosti si kajakář pamatoval.



*Obrázek č. 9: Kajakář připravený ke startu testování.*



*Obrázek č. 10: Kajakář při pádlování v průběhu zátěžového testu.*

- Zklidnění po dokončení testu, měřená minuta klidu.
- Odstrojení od přístrojů a jejich následné hygienická úprava.
- Vyjetí kajakáře v délce 8 – 15 minut pro odplavení metabolických zplodin zatížení.

Měření při jízdě na kajaku není celoročně uplatnitelné v praxi. Mají – li být výsledky co možná nejméně zkreslené, je nutné měření provádět za vhodných povětrnostních podmínek (teplota, vlhkost, rychlost proudění vody), což ovšem nemusí být možné ve chvíli, kdy chceme měření provádět.

#### 4.3.4 Anketa probandům

Po dokončení obou testování a vyhodnocení výsledků byl probandům předložena anketa, která se týkala nejen právě proběhlého testování, ale i dlouhodobé uplatnitelnosti výsledků měření v každodenní praxi tréninkového procesu. Anketa obsahovala 7 uzavřených otázek.

| Anketa probandům (proband č. 1 - 6)   |   |
|---|---|
| Otázka:   | Odpověď:  |
| 1. Které spiroergometrické vyšetření bylo diagnosticky prokazatelnější – jízda na kajaku nebo kliková ergometrie horních končetin?  | a) Jízda na kajaku.<br>b) Kliková ergometrie.<br>c) Stejně.   |
| 2. Pokud si se zúčastnil zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem, považuješ za prokazatelnější než jízdu na kajaku na klidné vodě?   | a) Ano.<br>b) Ne.   |
| 3. Jaký typ spiroergometrického vyšetření nejčastěji podstupuješ?   | a) Běhací pás.<br>b) Cykloergometr.<br>c) Klikovou ergometrii.  |
| 4. Jak často podstupuješ zátěžové spiroergometrické vyšetření?  | a) Jedenkrát ročně v rámci lékařské prohlídky.<br>b) Dvakrát ročně.<br>c) Pravidelně a minimálně třikrát ročně.       |
| 5. Používáš v rámci speciálního tréninku měřiče TF (sporttestery)?  | a) Ano – pravidelně.<br>b) Ano – nepravidelně.<br>c) Ne.  |
| 6. Je spiroergometrické vyšetření při pádlování na klidné vodě využitelné v praxi? Zařadil bys ho v rámci své přípravy pravidelně pro kontrolu své vlastní trénovanosti či pro zjištění optimálních zón zatížení? | a) Ano je a zařadil bych ho.<br>b) Ano je, ale nezařadil bych ho.<br>c) Ne, není.                                     |
| 7. Na základě čeho řídíš intenzitu zatížení (nasazení, úsilí) při speciálních aerobních i anaerobních trénincích vytrvalosti?   | a) Na základě TF měřené sporttesterem.<br>b) Na základě vlastního pocitu.<br>c) Na základě odebrání krevního laktátu. |

## 4.4 Sběr dat

Ke sběru dat bylo využito kalibrovaných přístrojů, o kterých detailně pojednáváme v rámci kapitoly 4.3. Všechna data byla následně zpracována do přehledných protokolů, na jejichž základě jsme mohli přistoupit k jejich analýze.

## 4.5 Analýza dat

V rámci této práce uplatňujeme tzv. kvantitativní výzkum. K analýze dat jsme proto využívali níže zmíněných statistických metod. Kromě popisných statistických metod jsme zkoumali vztah mezi jednotlivými měřeními pomocí korelační analýzy.

### 4.5.1 Test linearity (normality) dat

Před prováděním statistických výpočtů musíme především nejprve ověřit, jestli má náš soubor normální rozdělení či nikoliv. Pokud totiž normální rozdělení nemá, je nutné testovat hypotézy tzv. neparametrickými testy (Kasal a Hladíková, 1995). Ty byly statistiky vyvinuty pro případy, kdy je podmínka normálního rozdělení proměnné v populaci značně omezující. Neparametrické testy lze používat za obecnějších podmínek, s méně přísnými předpoklady, a proto jsou populární (Hendl, 2012). V případě nenormálního rozdělení může být ze statistického hlediska například značně zkreslující i použití průměru a je vhodné jej nahradit, nebo alespoň doplnit, mediánem. Pro normální rozdělení svědčí zhruba distribuce četnosti, jež vytváří přibližný tvar Gaussovy křivky. Normalitu naměřených dat je zapotřebí ověřit výpočtem (Kasal, 1995). Pro toto ověření jsme zvolili Kolmogorovův – Smirnovův test, který je zcela obecný pro jakýkoliv typ rozdělení dat (Hendl, 2012).

### 4.5.2 Korelační analýza

Slovo „korelace“ označuje míru stupně asociace dvou proměnných. Tyto proměnné jsou korelované (resp. asociované), jestliže určité hodnoty jedné proměnné mají tendenci se vyskytovat společně s určitými hodnotami druhé proměnné. Míra této tendence může sahát od neexistence korelace (všechny hodnoty proměnné Y se vyskytují stejně pravděpodobně s každou hodnotou proměnné X) až po absolutní korelaci (s danou hodnotou proměnné X se vyskytuje právě jedna hodnota proměnné Y). Obecně pak platí, je-li hodnota koeficientu menší než  $|0,3|$ , je závislost proměnných malá. Je-li hodnota vyšší než  $|0,7|$ , závislost proměnných je velká. Pokud se hodnota koeficientu nalézá v rozmezí hodnot od 0,3 do 0,7 nebo od  $-0,3$  do  $-0,7$ , jedná se o středně silnou závislost proměnných (Hendl, 2012).



#### 4.5.2.1 Pearsonův korelační koeficient

Pearsonův korelační koeficient  $r$  zůstává nejdůležitější mírou síly vztahu dvou náhodných spojitých proměnných  $X$  a  $Y$ . Počítáme jej z  $n$  párových hodnot změřených na  $n$  jednotkách. Důležité vlastnosti Pearsonova korelačního koeficientu a podmínky jeho použití lze shrnout pomocí několika tvrzení (Hendl, 2012):

- Platí  $-1 \leq r \leq 1$ .
- Jestliže  $r = 1$ , leží všechny body na nějaké přímce.
- Jestliže  $r = 0$ , nazýváme  $X$  a  $Y$  nekorelované proměnné. Dvě náhodné proměnné jsou tím více korelovány, čím blíže je hodnota  $r$  k číslům 1 nebo  $-1$ . V tom případě lze vztah obou proměnných dobře vyjádřit přímkou.
- Jestliže  $r < 0$ , resp.  $r > 0$ , tak se  $Y$  v průměru zmenšuje, resp. zvětšuje při zvětšování proměnné  $X$ . Říkáme, že asociace je záporná, resp. kladná.
- Pearsonův korelační koeficient vyjadřuje pouze sílu lineárního vztahu. Špatně měří jiné vztahy, ať jsou jakkoli silné.
- Korelační koeficient se nezmění, když změním jednotky měření proměnných  $X$  a  $Y$ .
- Podobně jako průměr nebo směrodatná odchylka je korelační koeficient  $r$  velmi ovlivněn odlehlými hodnotami.
- Korelační koeficient  $r$  nerozlišuje mezi závisle a nezávisle proměnnou.
- Korelační koeficient  $r$  není úplným popisem dat i při velmi silném lineárním vztahu. Pro úplnější popis potřebujeme znát rovnici přímky, která vyjadřuje tvar vztahu.
- Pokud jedna z proměnných nemá náhodný charakter (její hodnoty jsou pevně určeny), není vhodné korelační koeficient použít.
- Korelace, ať je jakkoli silná, neznamená sama o sobě průkaz příčinného vztahu, tedy toho, že změny proměnné  $X$  skutečně působí změny proměnné  $Y$ .

#### 4.5.2.2 Spearmanův korelační koeficient

Tento koeficient korelace byl navržen tak, že bylo podle postupu Pearsona korelováno pořadí jednotlivých měření obou proměnných. Význam tohoto koeficientu spočívá v tom, že dokáže zachytit monotónní vztahy (ne pouze lineární, ale obecně rostoucí nebo klesající) a je rezistentní vůči odlehlým hodnotám (Hendl, 2012).

Spearmanovým korelačním koeficientem měříme sílu vztahu  $X$  a  $Y$ , když nemůžeme předpokládat linearitu očekávaného vztahu nebo normální rozdělení proměnných  $X$  a  $Y$ .

Závislost proměnných může mít obecně vzestupný nebo sestupný charakter. Jestliže  $r_s = 1$ , resp.  $r_s = -1$ , párové hodnoty  $(x_i, y_i)$  leží na nějaké vzestupné, resp. klesající funkci (Hendl, 2012).

### **4.5.3 Popisná statistika**

Statistické zpracování dat pomocí grafů a tabulek usnadňuje jejich vizuální analýzu a celkové posouzení datové konfigurace. Pro další zpracování však potřebujeme data vhodně kondenzovat. Proto se počítají různé číselné charakteristiky – popisné statistiky, které zachycují různé aspekty dat. Jedná se především charakteristiky centrální tendence a míry rozptýlenosti. Míry centrální tendence se snaží charakterizovat typickou hodnotu dat. Náhodně proměnlivé údaje nestačí charakterizovat jenom střední hodnotou. Omezenost středních hodnot spočívá v tom, že udávají pouze to, kolem jaké hodnoty se data „centrují“, resp. které hodnoty jsou nejčastější. Data se stejnou střední hodnotou mohou mít ovšem různou rozptýlenost. Velikost proměnlivosti dat zachycujeme vhodně vybranou mírou rozptýlenosti dat (Hendl, 2012). Pro tuto studii jsme zvolili dvě míry centrální tendence – aritmetický průměr a medián. Na základě výsledku testu linearit dat jsme zvolili vhodnější číselnou charakteristiku. Jako ukazatel míry rozptýlenosti jsme na základě výsledku testu linearit dat volili mezi směrodatnou odchylkou a mediánovou absolutní odchylkou.

#### **4.5.3.1 Aritmetický průměr**

Aritmetický průměr je statistická veličina, která v jistém smyslu vyjadřuje typickou hodnotu popisující soubor mnoha hodnot. Je definován jako součet všech naměřených údajů vydělený jejich počtem. Aritmetický průměr je zřejmě nejčastěji používaný statistický pojem, a může být často chybně využit nebo poskytovat iluzorní údaje o skutečnosti. Výsledná hodnota průměru totiž může být velmi silně ovlivněna odlehlými hodnotami. Právě proto bývá nejčastěji s průměrem zobrazována i směrodatná odchylka, která blíže vypovídá o charakteru výzkumného souboru (Hendl, 2012).

#### **4.5.3.2 Medián**

Medián znamená hodnotu, jež dělí řadu podle velikosti seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny. Na rozdíl od aritmetického průměru je málo citlivý k odlehlým hodnotám. Medián má optimální vlastnost v tom smyslu, že minimalizuje součet absolutních odchylek měření od zvoleného čísla (Hendl, 2012).

#### **4.5.3.3 Směrodatná odchylka**

Pro výpočet směrodatné odchylky se využívá všech údajů. Měří rozptýlenost dat kolem aritmetického průměru dat. Má se používat jenom tehdy, když průměr je vhodný jako míra střední hodnoty. Stejně jako průměr je silně ovlivněna extrémními hodnotami. Jestliže je rozdělení dat silně zešikmené, směrodatná odchylka neposkytuje dobrou informaci o rozptýlenosti dat – v takovém případě používáme kvantilové míry (Hendl, 2012).

#### **4.5.3.4 Mediánová absolutní odchylka**

Pro výpočet směrodatné odchylky se využívá všech údajů. Měří rozptýlenost dat kolem aritmetického průměru dat. Má se používat jenom tehdy, když průměr je vhodný jako míra střední hodnoty. Stejně jako průměr je silně ovlivněna extrémními hodnotami. Jestliže je rozdělení dat silně zešikmené, směrodatná odchylka neposkytuje dobrou informaci o rozptýlenosti dat – v takovém případě používáme kvantilové míry (Hendl, 2012).

## 5. Výsledky

Na základě výsledků testu linearity dat prostřednictvím Kolmogorova – Smirnova testu, který je zcela obecný pro jakýkoliv typ rozdělení dat (Hendl, 2012), jsme zjistili, že naměřená data jsou normálního, tedy lineárního rozdělení. K testování našich hypotéz jsme tedy mohli zvolit parametrické testy. Zvolili jsme tedy aritmetický průměr, směrodatnou odchylku, Pearsonův korelační koeficient.

### 5.1 Výsledky měření, vážení a spirometrie

| Proband          | 1     | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | Průměr<br>(Směrodatná odchylka - SD) |
|------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|
| Věk<br>(roky)    | 17    | 18   | 30    | 25    | 23    | 22    | 22,5 (±4,34)                         |
| Výška<br>(cm)    | 186,0 | 179  | 184   | 177,2 | 177,7 | 172,6 | 179,41 (±4,45)                       |
| Váha<br>(kg)     | 76,0  | 71,0 | 77,5  | 72,4  | 70,8  | 73,2  | 73,48 (±2,48)                        |
| FVC              | 5,66  | 4,92 | 5,49  | 5,58  | 4,36  | 4,31  | 5,05 (±0,56)                         |
| FEV <sub>1</sub> | 4,69  | 4,92 | 5,44  | 4,76  | 4,36  | 5,65  | 4,97 (±0,44)                         |
| PEF              | 5,12  | 8,98 | 10,96 | 9,13  | 8,63  | 7,61  | 8,40 (±1,77)                         |

*Tabulka č. 8: Porovnání výsledků vstupního vyšetření.*

Komentář: Výzkumný soubor je z antropometrického hlediska homogenní.

## 5.2 Výsledky stupňovaného zátěžového testu – kliková ergometrie

| Osoba   |   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | Průměr (SD)    |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| Základní<br>Údaje   | Věk (r)                                       | 17    | 18    | 30    | 25    | 23    | 22    | 22,5 (±4,34)   |
|   | Váha (kg)                                     | 186,0 | 179   | 184   | 177,2 | 177,7 | 172,6 | 179,41 (±4,45) |
|   | Výška (cm)                                    | 76,0  | 71,0  | 77,5  | 72,4  | 70,8  | 73,2  | 73,48 (±2,48)  |
| Výsledné<br>hodnoty<br>funkčních<br>ukazatelů<br>při klikové<br>ergometrii. | VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )        | 3,76  | 4,26  | 4,97  | 3,75  | 3,98  | 4,19  | 4,15 (±0,41)   |
|   | VO <sub>2</sub> /kg<br>(ml.kg <sup>-1</sup> ) | 49    | 60    | 64    | 52    | 56    | 57    | 56 (±4,88)     |
|   | V <sub>MAX</sub><br>(l.min <sup>-1</sup> )    | 141,8 | 156,4 | 155,1 | 159,2 | 152,2 | 147,9 | 152,12 (±5,79) |
|   | DF<br>(min <sup>-1</sup> )                    | 62    | 72    | 62    | 55    | 59    | 66    | 62,7 (±5,14)   |
|   | SF<br>(min <sup>-1</sup> )                    | 197   | 201   | 187   | 190   | 191   | 173   | 190 (±8,96)    |
|   | R <sub>MAX</sub>                              | 1,19  | 1,19  | 1,15  | 1,14  | 1,17  | 1,14  | 1,16 (±0,02)   |
|   | VT (l)  | 2,27  | 2,19  | 2,49  | 2,87  | 2,60  | 2,25  | 2,44 (±0,24)   |
|   | O <sub>2</sub> tep (ml)                       | 19    | 21    | 26    | 20    | 21    | 24    | 22 (±2,50)     |

Tabulka č. 9: Výsledky klikové ergometrie horních končetin.

Komentář: Testovaní kajakáři dosahovali při průměrné SF 190 (±8,96) tepů za minutu vrcholné spotřeby kyslíku (VO<sub>2MAX</sub>) 56 ml.kg.min<sup>-1</sup> (±4,88). Nejvyšší spotřeby kyslíku dosáhl proband číslo 3 s hodnotou 64 ml.kg.min<sup>-1</sup>, nejnižší proband číslo 1 s hodnotou 49 ml.kg.min<sup>-1</sup>. V závodech jednoznačně nejúspěšnější kajakář, proband číslo 6, dosáhl výsledku 57 ml.kg.min<sup>-1</sup>.

### 5.3 Výsledky stupňovaného zátěžového testu – jízda na kajaku

| Osoba  |   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | Průměr (SD)     |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| Základní<br>Údaje  | Věk (r)                                       | 17    | 18    | 30    | 25    | 23    | 22    | 22,5 (±4,34)    |
|  | Váha (kg)                                     | 186,0 | 179   | 184   | 177,2 | 177,7 | 172,6 | 179,41 (±4,45)  |
|  | Výška (cm)                                    | 76,0  | 71,0  | 77,5  | 72,4  | 70,8  | 73,2  | 73,48 (±2,48)   |
| Výsledné<br>hodnoty<br>funkčních<br>ukazatelů<br>při jízdě na<br>kajaku. | VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )        | 3,50  | 4,41  | 5,10  | 4,05  | 3,85  | 3,82  | 4,13 (±0,51)    |
|  | VO <sub>2</sub> /kg<br>(ml.kg <sup>-1</sup> ) | 46    | 62    | 66    | 56    | 54    | 54    | 56 (±6,31)      |
|  | V <sub>MAX</sub><br>(l.min <sup>-1</sup> )    | 115,1 | 133,3 | 131,4 | 148,9 | 133,9 | 101,3 | 127,31 (±15,19) |
|  | DF<br>(min <sup>-1</sup> )                    | 58    | 59    | 48    | 53    | 49    | 47    | 52,38 (±4,93)   |
|  | SF<br>(min <sup>-1</sup> )                    | 194   | 199   | 188   | 192   | 187   | 171   | 188,5 (±8,77)   |
|  | RER   | 1,12  | 1,12  | 1,12  | 1,28  | 1,11  | 1,05  | 1,13 (±0,06)    |
|  | VT (l)  | 1,97  | 2,25  | 2,76  | 2,80  | 2,71  | 2,15  | 2,44 (±0,32)    |
|  | O <sub>2</sub> tep (ml)                       | 18    | 22    | 27    | 21    | 21    | 22    | 21,83 (±2,67)   |

Tabulka č. 10: Výsledky testu při jízdě na kajaku.

Komentář: Testovaní kajakáři dosahovali při průměrné SF 188,5 (±8,77) tepů za minutu maximální spotřeby kyslíku (VO<sub>2</sub>max.) 56 ml.kg.min<sup>-1</sup> (±6,31). Nejvyšší spotřeby kyslíku dosáhl proband číslo 3 s hodnotou 66 ml.kg.min<sup>-1</sup>, nejnižší proband číslo 1 s hodnotou 46 ml.kg.min<sup>-1</sup>. V závodech jednoznačně nejúspěšnější kajakář, proband číslo 6, dosáhl výsledku 54 ml.kg.min<sup>-1</sup>.

## 5.4 Porovnání výsledků zátěžových testů

V rámci práce porovnáváme výsledky získané při klikové ergometrii s výsledky získanými při pádlování na kajaku na klidné vodě a s výsledky naměřenými v rámci bakalářské práce při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem (Busta, 2013).

### 5.4.1 Porovnání výsledků klikové ergometrie s jízdou na klidné vodě

| Průměrné výsledky naměřené při klikové ergometrii a při pádlování na kajaku |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| Základní údaje  | Věk (r)                                    | 22,5 (±4,34)                                     |  |  |
|   | Výška (cm)                                 | 179,41 (±4,45)                                   |  |  |
|   | Váha (kg)                                  | 73,48 (±2,48)                                    |  |  |
| Spirometrie   | FVC  | 5,05 (±0,56)                                     |  |  |
|   | FEV <sub>1</sub>                           | 4,97 (±0,44)                                     |  |  |
|   | PEF  | 8,40 (±1,77)                                     |  |  |
| Typ zátěžového testu  |  | Kliková ergometrie –<br>průměrné hodnoty<br>(SD) | Pádlování na klidné<br>vodě – průměrné<br>hodnoty (SD) | Rozdíl v příslušných<br>jednotkách a<br>v procentech (%) |
| Výsledné hodnoty<br>funkčních ukazatelů                                     | VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )     | 4,15 (±0,41)                                     | 4,13 (±0,51)   | 0,72%  |
|   | VO <sub>2</sub> /kg (ml.kg <sup>-1</sup> ) | 56 (±4,88)                                       | 56 (±6,31)   | 0%   |
|   | V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )    | 152,12 (±5,79)                                   | 127,31 (±15,19)  | 16,32%   |
|   | DF (min <sup>-1</sup> )                    | 62,7 (±5,14)                                     | 52,38 (±4,93)  | 16,45%   |
|   | SF (min <sup>-1</sup> )                    | 190 (±8,96)                                      | 188,5 (±8,77)  | 0,79%  |
|   | O <sub>2</sub> tep                         | 22 (±2,50)                                       | 21,83 (±2,67)  | 0,77%  |
|   | RER  | 1,16 (±0,02)                                     | 1,13 (±0,06)   | 2,41%  |
|   | VT (l)                                     | 2,44 (±0,24)                                     | 2,44 (±0,32)   | 0%   |

*Tabulka č. 11: Porovnání průměrných výsledků stupňovaných zátěžových testů s uvedením rozdílnosti v příslušných jednotkách a procentech.*

Komentář: Vizuálním porovnáním výsledků klikové ergometrie a pádlování na kajaku si všímáme podobnosti výsledných hodnot VO<sub>2</sub>max. a SF. Při testu pádlování na klidné vodě bylo dosaženo zcela totožných průměrných hodnot VO<sub>2</sub>max. 56 ml.kg.min<sup>-1</sup>. Probandi číslo 2 a 3 dosáhli při pádlování na klidné vodě dokonce vyšších hodnot VO<sub>2</sub>peak než při klikové ergometrii. Dosažená průměrná SF byla prakticky totožná. Při testování na kajaku bylo ovšem dosaženo nižší průměrné hodnoty maximální plicní ventilace (VE<sub>MAX</sub>) a dechové frekvence (DF).

| <b>Celkový rozdíl mezi průměrnými hodnotami funkčních ukazatelů dvou stupňovaných zátěžových testů</b> |                                  |                               |            |                             |
|--|----------------------------------|-------------------------------|------------|-----------------------------|
|  | Kliková ergometrie – průměr (SD) | Jízda na kajaku – průměr (SD) | Rozdíl (%) | Celkový průměrný rozdíl (%) |
| VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )   | 4,15 (±0,41)                     | 4,13 (±0,51)                  | 0,72%      | 4,43%                       |
| VO <sub>2</sub> /kg (ml.kg <sup>-1</sup> )   | 56 (±4,88)                       | 56 (±6,31)                    | 0%         |                             |
| V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )  | 152,12 (±5,79)                   | 127,31 (±15,19)               | 16,32%     |                             |
| DF (min <sup>-1</sup> )  | 62,7 (±5,14)                     | 52,38 (±4,93)                 | 16,45%     |                             |
| SF (min <sup>-1</sup> )  | 190 (±8,96)                      | 188,5 (±8,77)                 | 0,79%      |                             |
| O <sub>2</sub> tep   | 22 (±2,50)                       | 21,83 (±2,67)                 | 0,77%      |                             |
| RER  | 1,16 (±0,02)                     | 1,13 (±0,06)                  | 2,41%      |                             |
| VT (l)   | 2,44 (±0,24)                     | 2,44 (±0,32)                  | 0%         |                             |
| V'CO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )   | 4,82 (±0,47)                     | 4,70 (±0,65)                  | 2,49%      |                             |

*Tabulka č. 12: Celkový rozdíl naměřených hodnot v procentech (%).*

Komentář: Celkový průměrný rozdíl mezi výslednými hodnotami naměřenými při klikové ergometrii a při jízdě na kajaku na klidné vodě činí 4,43%. To je velmi malý rozdíl v porovnání s výsledky bakalářské práce, kdy rozdíl mezi výsledky klikové ergometrie a jízdy na kajaku v bazénu s protiproudem činil 31,13%.



## 5.4.2 Porovnání měření při pádlování na klidné vodě a v bazénu

V tabulce číslo 13 je uvedeno porovnání výsledků stupňovaného zátěžového testu při jízdě na kajaku na klidné vodě a při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem (Busta, 2013).

| Průměrné výsledky naměřené při jízdě na kajaku na klidné vodě a v bazénu s protiproudem |  |  |   |  |        |
|---|--|--|---|--|--------|
| Základní údaje  | Věk (r)                                    | 22,5 (±4,34)   | 23,1 (±1,99)  | Rozdíl v příslušných jednotkách a v procentech (%) |        |
|   | Výška (cm)                                 | 179,41 (±4,45)   | 180,09 (±5,24)  |  |        |
|   | Váha (kg)                                  | 73,48 (±2,48)  | 73,3 (±5,24)  |  |        |
| Typ zátěžového testu  |  | Stupňovaný test na klidné vodě - průměrné hodnoty (SD) | Stupňovaný test v bazénu s protiproudem (Busta, 2013) - průměrné hodnoty (SD) |  |        |
| Výsledné hodnoty funkčních ukazatelů  | VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )     | 4,13 (±0,51)   | 2,80 (±0,48)  |  | 32,20% |
|   | VO <sub>2</sub> /kg (ml.kg <sup>-1</sup> ) | 56 (±6,31)   | 38,49 (±7,82)   |  | 31,26% |
|   | V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )    | 127,31 (±15,19)  | 103,03 (±10,14)   |  | 19,07% |
|   | DF (min <sup>-1</sup> )                    | 52,38 (±4,93)  | 36,63 (±6,56)   | 30,06%   |        |
|   | SF (min <sup>-1</sup> )                    | 188,5 (±8,77)  | 181,88 (±4,99)  | 3,51%  |        |
|   | O <sub>2</sub> tep                         | 21,83 (±2,67)  | 21 (±0,04)  | 3,80%  |        |
|   | RER  | 1,13 (±0,06)   | 1,08 (±0,04)  | 4,42%  |        |

Tabulka č. 13: Porovnání výsledných hodnot naměřených při jízdě na kajaku na klidné vodě a při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem.

Komentář: Značné rozdíly v naměřených hodnotách při pádlování na klidné vodě a v bazénu s protiproudem jsou ihned patrné. Největší rozdíl můžeme sledovat u VO<sub>2</sub>max., V<sub>MAX</sub> a DF. Naopak u SF byl nalezen pouze malý rozdíl.

| Rozdíl vybraných naměřených hodnot zátěžového testu při jízdě na kajaku na klidné vodě a při jízdě v bazénu s protiproudem (Busta, 2013) |   |  |            |                    |
|--|---|--|------------|--------------------|
|  | Jízda na kajaku (klidná voda) – průměr (SD) | Jízda na kajaku (bazén s protiproudem) – průměr (SD) | Rozdíl (%) | Celkový rozdíl v % |
| VO <sub>2</sub> max (ml.kg <sup>-1</sup> )   | 56 (6,31)                                   | 38,49 (7,82)   | 31,26%     | 17,54%             |
| SF (min <sup>-1</sup> )  | 188,5 (8,77)                                | 181,88 (4,99)  | 3,51%      |                    |
| DF (min <sup>-1</sup> )  | 52,38 (4,93)                                | 36,63 (6,56)   | 30,06%     |                    |
| O <sub>2</sub> tep   | 21,83 (2,67)                                | 0,21 (0,04)  | 3,80%      |                    |
| V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )  | 127,31 (15,19)                              | 103,03 (10,14)                                       | 19,07%     |                    |

Tabulka č. 14: Uvedení rozdílu mezi výslednými hodnotami zátěžových testů.

Komentář: Výsledné hodnoty získané při pádlování na klidné vodě jsou v porovnání s pádlováním v bazénu s protiproudem vyšší o 17,54%. To považujeme za zásadní rozdíl a

shledáváme, že zátěžový test v bazénu s protiproudem se z fyziologického hlediska od reálné jízdy na kajaku značně liší.

### 5.4.3 Korelační analýza stupňovaných zátěžových testů

Na základě výsledku testu linearit dat, jsme ke korelační analýze zvolili Pearsonova koeficientu.

| Proband                        | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | Personův korelační koeficient |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|
| VO <sub>2</sub> max.<br>Klika  | 49    | 60    | 64    | 52    | 56    | 57    | 0,887                         |
| VO <sub>2</sub> max.<br>Kajak  | 46    | 62    | 66    | 56    | 54    | 54    |                               |
| SF<br>Klika                    | 197   | 201   | 187   | 190   | 191   | 173   | 0,973                         |
| SF<br>Kajak                    | 194   | 199   | 188   | 192   | 187   | 171   |                               |
| DF<br>Klika                    | 62    | 72    | 62    | 55    | 59    | 66    | 0,341                         |
| DF<br>Kajak                    | 58    | 59    | 48    | 53    | 49    | 47    |                               |
| Vmax.<br>Klika                 | 141,8 | 156,4 | 155,1 | 159,2 | 152,2 | 147,9 | 0,807                         |
| Vmax.<br>Kajak                 | 115,1 | 133,3 | 131,4 | 148,9 | 133,9 | 101,3 |                               |
| O <sub>2</sub> tep/kg<br>Klika | 19    | 21    | 26    | 20    | 21    | 24    | 0,880                         |
| O <sub>2</sub> tep/kg<br>Kajak | 18    | 22    | 27    | 21    | 21    | 22    |                               |
| VT (l)<br>Klika                | 2,27  | 2,19  | 2,49  | 2,87  | 2,60  | 2,25  | 0,880                         |
| VT (l)<br>Kajak                | 1,97  | 2,25  | 2,76  | 2,80  | 2,71  | 2,15  |                               |

Tabulka č. 15: Výsledky korelační analýzy zátěžových testů.

Komentář: U všech sledovaných výsledných hodnot byla nalezena vysoká míra závislosti  $r > 0,8$  s výjimkou DF, kde nebyla prokázána žádná míra závislosti.

## 5.5 Vyhodnocení zpětné vazby probandů

Ze zpětné vazby probandů vyplynulo, že klikovou ergometrii a jízdu na kajaku na klidné vodě považuje polovina probandů (3 z 6) za stejně prokazatelnou. Tři probandi považují testování přímo při pádlování za prokazatelnější než testování při klikové ergometrii. Všichni probandi, kteří se zúčastnili zátěžového testu pádlování v bazénu s protiproudem (Busta, 2013), považují tento test za nejméně prokazatelný. Většina probandů po testování na vodě uvedla následující negativa: nutnost opakovat měření kvůli výpadkům signálu a náchylnosti přístroje na vlhkost a chlad, venkovní prostředí s proměnlivými povětrnostními podmínkami (teplota, vítr apod.). Stejně jako my si všimli faktu, že výsledkově lepší závodník nedosáhl nejlepších výsledných hodnot funkčních ukazatelů a tedy, že vysoká výkonnost v závodech nemusí přímo korelovat s dosaženými výsledky v našem měření. Znalost výsledných hodnot funkčních ukazatelů přímo při pádlování ovšem považují za přínosný a domnívají se, že podobná měření by byla v praxi uplatnitelná pro sledování adaptačních efektů přípravného období a nespecifického i specifického vytrvalostního tréninků.

Čtyři z šesti probandů podstupují funkční zátěžové vyšetření pouze jednou ročně v rámci lékařské prohlídky a v tréninku speciální vytrvalosti se neřídí na základě žádných objektivních ukazatelů, ale pouze na základě vlastního pocitu subjektivně vnímaného úsilí a rychlosti. Jeden proband uvedl, že zátěžové vyšetření podstupuje dvakrát ročně, nicméně v rámci svého tréninku se řídí také pouze vlastním pocitem. Pouze jeden proband podstupuje zátěžové vyšetření dvakrát ročně a v tréninku speciální vytrvalosti se kromě vlastního pocitu snaží řídit i tepovou frekvencí a zónami vymezenými aerobním a anaerobním prahem.

## 5.6 Výsledky a hypotézy

Výsledky potvrdily 6 ze stanovených 7 hypotéz.

H1 Předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami srdeční frekvence (SF) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

Hypotéza H1 byla potvrzena, neboť byl prokázán statisticky významný vztah ( $r = 0,973$ ) mezi výslednými hodnotami SF.

H2 Předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2MAX.}$ ) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

Hypotéza H2 byla potvrzena, neboť byl prokázán statisticky významný vztah ( $r = 0,887$ ) mezi výslednými hodnotami  $VO_{2MAX.}$ .

H3 Předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami maximální plicní ventilace ( $VE_{MAX.}$ ) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

Hypotéza H3 byla potvrzena, neboť byl prokázán statisticky významný vztah ( $r = 0,807$ ) mezi výslednými hodnotami  $VE_{MAX.}$ .

H4 Předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami tepové kyslíku ( $O_{2tep}$ ) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

Hypotéza H4 byla potvrzena, neboť byl prokázán statisticky významný vztah ( $r = 0,880$ ) mezi výslednými hodnotami  $O_{2tep}$ .

H5 Předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami dechového objemu (VT) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

Hypotéza H5 byla potvrzena, neboť byl prokázán statisticky významný vztah ( $r = 0,880$ ) mezi výslednými hodnotami VT.

H6 Předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r = 0,8 - 1$ ) mezi výslednými hodnotami dechové frekvence (DF) naměřenými při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin.

Hypotéza H6 nebyla potvrzena, neboť nebyl prokázán statisticky významný vztah ( $r = 0,341$ ) mezi výslednými hodnotami DF.

H7 Předpokládali jsme, že hodnoty funkčních ukazatelů naměřené při jízdě na kajaku na klidné vodě budou vyšší než hodnoty námi naměřené při pádlování na kajaku v bazénu s protiproudem minimálně o 10%, a to vzhledem k omezujícím faktorům při pádlování v bazénu (Busta, 2013).

Hypotéza H7 byla potvrzena, neboť hodnoty funkčních ukazatelů naměřené při jízdě na kajaku na klidné vodě byly o 17,54% vyšší než hodnoty naměřené při pádlování v bazénu s protiproudem.

## 6. Diskuse

### 6.1 Porovnání stupňovaných zátěžových testů

Testovaní kajakáři dosáhli při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii velmi podobných hodnot s výjimkou dechové frekvence (DF) a maximální plicní ventilace ( $VE_{MAX}$ ). Domníváme se, že by tomu mohlo být kvůli nutnosti větší fixace trupu pomocí vyšší izometrické kontrakce břišních svalů, která je nutná k udržení správné pozice trupu při pádlování a k přenosu zátěžových sil do pohybu lodi. Tato kontrakce pravděpodobně neumožňuje ventilaci v takové míře jako kliková ergometrie. Dechová frekvence je navíc úzce vázána na pádlování jedince, kdy při přenosové fázi záběru dochází k nádechu a při maximální intenzitě pádlování teprve v závěru fáze tažné k výdechu. Dýchání každého kajakáře je tak jedinečně vázáno na individuální pojetí techniky (styl), které lze charakterizovat například délkou a frekvencí pádlování. Toto zjištění nám pomohlo objasnit i výsledky bakalářské práce.

V rámci bakalářské práce (Busta, 2013) byla zjištěna značná odlišnost mezi výsledky získanými při klikové ergometrii horních končetin a při jízdě na kajaku v bazénu s proudem. Kajakáři dosahovali při pádlování v průměru o 31,13% nižších výsledných hodnot než při klikové ergometrii horních končetin. S ohledem na zpětnou vazbu probandů si tento rozdíl vysvětlujeme především kvůli nutnosti použití plastového těžkého kajaku s přídatným brzdícím zařízením v důsledku nedostatečných rychlostních a rozměrových parametrů bazénu. Závěrem práce bylo, že opatření pravděpodobně změnilo silové nároky jízdy natolik, že docházelo dříve k lokálnímu vyčerpání horních končetin, zatímco kardiorepirační potenciál závodníka nedosáhl svých limitů. Fakt o předčasném vyčerpání svalstva horních končetin potvrzuje také Tunková (2015). V důsledku vysokého odporu při pádlování ovšem kromě brzkého nástupu lokální únavy docházelo také k nutnosti velmi výrazné statické práce břišního svalstva, které muselo při pádlování stabilizovat trup. Tím si vysvětlujeme, že při dosažení stejné SF jako u klikové ergometrie, jsme naměřili neporovnatelně nižší hodnoty  $VO_{2MAX}$ ,  $VE_{MAX}$  a DF. Naproti tomu naměřené hodnoty při pádlování na klidné vodě se od klikové ergometrie lišili pouze o 4,43%. To může naznačovat, že závěr naší předchozí práce byl správný a specifickou zátěžovou diagnostiku při pádlování v bazénu s protiproudem lze využít pouze za předpokladů nezměněných podmínek pádlování z hlediska odporu lodi. K tomu by ovšem bylo zapotřebí výkonného bazénu dostatečných rozměrových parametrů.

S podobnými výsledky porovnal klikovou ergometrii a jízdu na kajaku také Carré a kol. (1994). U skupiny vysoce trénovaných slalomářů (15 mužů s průměrnou tělesnou hmotností 66,7 kg a 3 ženy s průměrnou hmotností 54,5 kg) pomocí metody zpětné interpolace našli velmi dobrou korelaci mezi laboratorními a terénními hodnotami  $VO_2\text{max}$ . Provedli vícestupňový laboratorní zátěžový test s dvouminutovými stupni a 30W přírůsteky zatížení do vyčerpání. Test trval 8 až 10 minut, maximální spotřeba kyslíku byla  $3,78 (\pm 0,71) \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , srdeční frekvence dosáhla  $185,3 (\pm 10,2) \text{ min}^{-1}$  a koncentrace laktátu v krvi  $12,2 (\pm 3,0) \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . V terénním testu na hladké vodě absolvovali kajakáři čtyřikrát bez přestávek trať vyznačenou bójemi. V každé jízdě zvyšovali svou rychlost tak, aby dosáhli své maximum v poslední jízdě. Doba trvání testu byla 7,5 až 9 minut, maximální spotřeba kyslíku  $3,87 (\pm 0,73)$ , srdeční frekvence  $187,6 (\pm 10,6)$  a koncentrace laktátu v krvi dosáhla hodnot  $11,2 (\pm 2,3) \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ .

## 6.2 Uplatnitelnost specifické zátěžové diagnostiky v praxi

Specifická zátěžová diagnostika při jízdě na kajaku je díky současným mobilním přístrojům a moderním technologiím využitelná v běžné praxi tréninkového procesu. Zde by taková diagnostika poskytovala relevantní informace zpětnovazebního charakteru v rámci odborného sledování adaptačních efektů tréninkového procesu. Poskytovala by nepochybně cenné údaje pro odborné řízení tohoto procesu, zvláště potom při kontrole trénovanosti. Tato diagnostika ovšem není využitelná po celý rok a její uplatnitelnost v praxi negativně ovlivňuje proměnlivost povětrnostních podmínek – především vlhkost a chlad, ale i vítr, v jehož důsledku přístroj může přicházet do nežádoucího kontaktu s vodou. Negativní vliv na měření má bohužel také městská zástavba, která může poměrně často rušit telemetrické signály spiroergometru. S tím se lze vypořádat pouze vypnutím rušivých zařízení v okolí a zvolením „odstíněné“ lokality. Z výsledků práce ovšem vyplývá, že jízda na kajaku je velmi podobná a dobře diagnosticky nahraditelná klikovou ergometrií horních končetin.

Kliková ergometrie je naproti tomu velmi snadno uplatnitelná v praxi tréninkového procesu vrcholových sportovců celoročně. Laboratorní podmínky tohoto testování nemohou negativně zkreslit výsledky. Měření při jízdě na kajaku naopak klimatických podmínkách celoročně uplatnitelné v praxi není. Mají – li být výsledky co možná nejméně zkreslené, je nutné měření provádět za podobných povětrnostních podmínek (teplota, vlhkost, rychlost proudění vody), což ovšem nemusí být možné ve chvíli, kdy chceme měření provádět.

Z výsledků práce vyplývá, že jízda na kajaku je velmi podobná a dobře diagnosticky nahraditelná klikovou ergometrií horních končetin. Vysoká korelace byla prokázána u 5 z 6 významných fyziologických ukazatelů.

Na základě našich zjištění se domníváme, že by sportovci mohli pravidelně testovat svou kardiorepirační zdatnost v rámci celého ročního tréninkového cyklu (RTC) jak prostřednictvím klikové ergometrie, tak i prostřednictvím pádlování na klidné vodě. A to především v závislosti na období ročního tréninkového cyklu a aktuálních cílech. Za diagnosticky nejprokazatelnější považujeme kombinaci klikové ergometrie nebo jízdy na kajaku s maximálním stupňovaným zátěžovým testem zaměřeným na práci dolních končetin (běhací pás) pro zjištění skutečného  $VO_2max$ .

Za nejpřínosnější ovšem považujeme možnost odborně stanovit zatížení při tréninku speciálních vytrvalostních schopností. Znalost funkčních fyziologických ukazatelů jako je SF,  $VO_2max$ , aerobní či anaerobní práh může nepochybně přispět ke stanovení správné intenzity tréninku odpovídajícího metabolického krytí. Pět z šesti probandů se ve svém tréninku řídí pouze na základě vlastního pocitu subjektivně vnímaného úsilí a rychlosti jízdy. Jelikož někteří z těchto probandů dosáhli světových úspěchů, nemůžeme říci, že je takové pojetí tréninku chybné. Domníváme se ale, že objektivní znalost zón zatížení a metabolického krytí by mohla v některých případech trénink zefektivnit.

Zátěžová diagnostika je pro sportovce skutečně přínosná pouze za předpokladu, že prováděna pravidelně a opakovaně a dochází tak ke skutečnému sledování fyziologických změn organismu. Měla by tak být plánovanou součástí tréninkového procesu.

### **6.3 Úroveň $VO_2max$ pro vrcholový výkon ve vodním slalomu**

Z výsledků práce lze vyvozovat, že z hlediska vytrvalosti není pro podání vrcholových výkonů klíčové dosáhnout co možná nejvyšší úrovně maximálního aerobního výkonu, ale dosažení takové úrovně, která není pro podání vrcholového výkonu ve vodním slalomu limitující. Z naší práce vyplývá, že hodnota  $VO_2peak$  takové úrovně se pohybuje mezi 56 – 60  $ml.kg.min^{-1}$  dosažená při práci horních končetin, resp. při specifické činnosti pádlování. Toto zjištění je vzájemným souladem se zjištěním řady dalších autorů, především v oblasti rychlostní kanoistiky (Tesch et al., 1976; Tesch, 1983; Hahn et al., Stromme et al., 1977; Fry et al., 1991, Michael et al., 2008).



## 6.4 Vymezení významu práce a její omezení

Výzkumná měření byla provedena v dopoledních hodinách prvního a čtvrtého dne posledního březnového týdne roku 2015. Tento termín byl zvolen záměrně, protože se jedná o konec přípravného období (listopad – březen), zaměřeného na rozvoj specifické i nespecifické trénovanosti. Kajakáři by se v tuto dobu měli teoreticky nacházet na vrcholu, nebo téměř na vrcholu svých specifických i nespecifických kondičních schopností.

Výzkumným soubor bylo 6 elitních kajakářů, 5 českých a 1 maďarský reprezentant. Naším původním záměrem bylo otestovat rozsáhlejší výzkumný soubor, ale ukázalo se, že je v jakémkoliv termínu téměř nemožné shromáždit větší počet elitních kajakářů. Je to dáno rozdílností jejich přípravy, resp. tréninkového plánu. Mnozí z nich se touto dobou nacházejí na zahraničních soustředěních nebo se místo testování věnují raději tréninku. Vzhledem k časové i finanční náročnosti měření i nutného ohledu na povětrnostní podmínky nebylo měření možné vícekrát opakovat.

## 7. Závěr

Výsledky práce prokázaly vysokou podobnost jízdy na kajaku s klikovou ergometrií, která může pádlování diagnosticky vhodně nahradit nebo doplnit. Výsledné hodnoty naměřené v obou testech se od sebe v průměru lišili pouze o 4,43% a navíc byla nalezena vysoká míra korelace 5 z 6 vybraných funkčních fyziologických ukazatelů:  $VO_2\max.$  ( $r = 0,887$ ); SF (0,973);  $V_{MAX}$ . ( $r = 0,807$ );  $O_2\text{tep}$  ( $r = 0,880$ ); VT ( $r = 0,880$ ). Pouze u DF nebyla nalezena žádná míra korelace ( $r = 0,341$ ). Domníváme se, že by tomu tak mohlo být kvůli nutnosti větší fixace trupu pomocí vyšší izometrické kontrakce břišních svalů, která je nutná k udržení správné pozice trupu při pádlování a k přenosu záběrových sil do pohybu lodi. Tato kontrakce pravděpodobně neumožňuje ventilaci ani dechovou frekvenci v takové míře jako kliková ergometrie. Dechová frekvence je navíc úzce vázána na pádlování jedince, kdy při přenosové fázi záběru dochází k nádechu a v průběhu fáze tažné k výdechu. Dýchání každého kajakáře je tak jedinečně vázáno na individuální pojetí techniky (styl), které lze charakterizovat například délkou a frekvencí pádlování. Naše výsledky tak potvrdily práci Carrého a kol. (1994) o velmi dobré korelaci mezi klikovou ergometrií a jízdou na kajaku na klidné vodě.

Zátěžová diagnostika při jízdě na kajaku na klidné vodě není využitelná v průběhu celého ročního tréninkového cyklu, protože její využití je závislé na aktuálních povětrnostních podmínkách. Chlad, vlhkost, vítr mohou negativně ovlivnit měřicí funkce mobilních přístrojů i výkon sportovce. V návaznosti na nemožnost využitelnosti testu při pádlování celoročně, je vhodné se vrátit k myšlence testování v bazénu s protiproudem. Ovšem pouze za předpokladu dostatečných rychlostních a prostorových parametrů. Výsledky této práce totiž potvrdili naši domněnku, že použití brzdy při testování v bazénu s protiproudem negativně ovlivnilo techniku pádlování. Docházelo k dřívější lokální svalové únavě horních končetin za současného nedosažení maxima kardiorespiračního potenciálu. Kajakáři přitom při pádlování na klidné vodě dosahují rychlosti až  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Bílý, 2012), zatímco použitý bazén dokázal vyvinout protiproud pouze o rychlosti  $2,12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Balvín a Motl, 2010).

Výsledky naznačují, že z hlediska vytrvalosti není pro podání vrcholových výkonů klíčové dosáhnout co možná nejvyšší úrovně maximálního aerobního výkonu, ale dosažení takové úrovně, která není pro podání vrcholového výkonu ve vodním slalomu limitující. Ze sledování vyplývá, že hodnota  $VO_2\max.$  takové úrovně se pohybuje mezi  $56 - 60 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$  dosažená při práci horních končetin, resp. při specifické činnosti pádlování. Toto zjištění je ve

vzájemném souladu se zjištěním řady dalších autorů, především v oblasti rychlostní kanoistiky (Tesch et al., 1976; Tesch, 1983; Hahn et al., Stromme et al., 1977; Fry et al., 1991, Michael et al., 2008).

Znalost funkčních fyziologických ukazatelů jako je srdeční frekvence (SF), maximální spotřeba kyslíku ( $VO_2max$ ), aerobní či anaerobní práh zjištěných přímo při specifické činnosti pádlování může nepochybně přispět ke stanovení správné intenzity tréninku odpovídajícího metabolického krytí. Pět z šesti probandů se ve svém tréninku řídí pouze na základě vlastního pocitu subjektivně vnímaného úsilí a rychlosti jízdy. Jelikož někteří z těchto probandů dosáhli světových úspěchů, nemůžeme říci, že je takové pojetí tréninku chybné. Domníváme se ale, že objektivní znalost zón zatížení a metabolického krytí by mohla v některých případech trénink zefektivnit. Vytrvalostní schopnosti patří k relativně méně obtížným úkolům, důležité je ovšem cílené zatížení (Dovalil, 2012).

## Seznam literatury

1. BAKER, S. J. Post competition lactate levels in canoe slalomists. *Br. J. SportMed*, 1982, vol. 16, p. 112.
2. BALVÍN, MOTL. *Vyhodnocení rychlostí proudění v bazénu s protiproudem*. Výzkumný ústav vodohospodářský, 2010.
3. BARTUŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Praha: Karolinum, 2010.
4. BAUER, A. et al. Influences of the preconditions of performance on the power - demand during white water canoeing. *Int. J. Sports Med.*, 1988, vol. 9, Issue 5, p. 379.
5. BÍLÝ, M., KRAČMAR, B., NOVOTNÝ, P. *Kanoistika*. Praha: Grada, 2001.
6. BÍLÝ, M. *Systém sportovního tréninku ve vodním slalomu*. Praha, 2004. Kreditní práce na FTVS UK.
7. BÍLÝ, M. (2002). *Komplexní analýza techniky pádlování a jízdy na divoké vodě*. Rigorózní práce. Praha: UK FTVS, 77 s.
8. BÍLÝ, M. a kol. Evaluation of specific speed and endurance preconditions of white – water canoeists. *Internation Journal of Fitness*, 2008, Vol. 4, no.1, pp. 15 – 25. ISBN: 0973 – 2152.
9. BÍLÝ, M. *Výkonové aspekty ve vodním slalomu*. Praha, 2012. 144 s. Dizertační práce. Praha: FTVS UK.
10. BLÁHA P., PULEC, Z. *Spolupráce antropologa a trenéra vodního slalomu*. Lékař tělesné výchovy, 1979.
11. BUNC, V., HELLER, J., BOJANOVSKÝ, I., ŠPRYNAROVÁ, Š., NOVÁK, J. Determination of the anaerobic threshold in variol ergometric tests. In *Progress in Ergometry*, Lóllgen a kol. (eds.) Springer, Berlin-Heidelberg, s. 260-265, 1984.
12. CARRE, F., DASSONVILLE, J., BEILLOT, J., PRIGENT, J., ROCHCONGAR, P. (1994). Use of oxygen uptake recovery curve to predict peak oxygen uptake in upper body exercise. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 69, Issue 3, p. 258 – 261.

13. DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. 4. vyd. Praha: Olympia, 2012. ISBN 978-80-7376-326-8.
14. ENDICOTT, W. *To Win The World*. 1. vyd. Baltimore: Mariland, 1980.
15. FRY, RW., MORTON, AR. Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23, 1991.
16. GONZÁLES – DE – SUSO, JM., D'ANGELO, R. A PRONO, JM. *Physiology of slalom training*. In Internation coaching konference. Sydney, 1999.
17. HAHN, A.G., PANG, P.M., TUMILTY, D.M., TELFORD, R.D. General and specific aerobic power of elite marathon kayakers and canoeists. *Excel* (1988) 5, 14 – 19.
18. HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže – obecná část*. Praha: Karolinum, 1999.
19. HELLER, J., BÍLÝ, M., PULTERA J., SADILOVÁ, M. (1995). Functional and energy demands of elite female kayak slalom: a comparison of training and competition performances. *Acta Universitatis Carolinae*, Vol. 30, pp. 59 – 74.
20. HELLER, J., VODIČKA, P. Upper body aerobic and anaerobic capacity in elite white – water slalom paddlers. *Acta Universitatis Carolinae, Kinantropologica* 2004, Vol. 40, p. 000 – 000.
21. HELLER, J., VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-1976-7.
22. HELLER, J. Kanoistika. In *Fyziologie tělesné zátěže II. Speciální část – 1. Díl*. Praha: Karolinum, 1993. ISBN: 80-7066-816-6.
23. HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál, 2004.
24. HENDL, J. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2012. ISBN 978-80-262-0200-4.

25. HENDL, J., DOBRÝ, L. *Zdravotní benefity pohybových aktivit. Monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-2000-8.
26. JANSA, P., DOVALIL, J. a kol. *Sportovní příprava. Vybrané teoretické obory*. Příbram: Q-art, 2007.
27. KASAL, P., HLADÍKOVÁ, M. Koutek pro statistiky amatéry In *Pelikán 3/95*, Akademický bulletin 2. LF UK. Praha, 1995
28. KÖSSL, J. a kol. *90 let kanoistiky v českých zemích*. Praha: Olympia, 2003.
29. KOZEL, T. *Porovnání srdeční frekvence, hladiny laktátu a rychlosti plavání v proudnicovém kanále a plaveckém bazénu*. Praha, 2012. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce Josef Horčic.
30. KOZELSKÝ, D. *Srovnání vyšetření z běhacího koberce a klikového ergometru a porovnání výsledků jednotlivých sportovců v prvním a druhém měření*. Praha, 2002. 68 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce: Milan Bílý.
31. KRATOCHVÍL J., BÍLÝ M. Analýza sportovního výkonu ve vodním slalomu a sjezdu na divoké vodě se zaměřením na fyziologické charakteristiky a s přihlédnutím k věkovým zvláštnostem sportovců. In *Nové tváře – nové pohledy. Sborník referátů z mezinárodní studentské vědecké konference Kinantropologie 96*. Praha: Karolinum, 1997.
32. KUTNOHORSKÁ, J. *Výzkum v ošetrovatelství*. Havlíčkův Brod: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2713-4.
33. MAGLISCHO, E. *Swimming fastest*. USA: Human Kinetics, 2003. 791s. ISBN 0-7360-3180-4.
34. MALÝ, O. *Zjišťování a hodnocení výkonnosti v kanoistice*. Praha: ČSTV, 1972.
35. MELIN, B. A ECLACHE, J.P. Etude de la contrainte énergétique du slalom en canoe – kayak. In. Bulletin E.I.S. *Les Journées Médico – Sportives à l'E.I.S. Fontainbleau*, 1983, pp. 34 – 44.

36. MICHAEL, JS., ROONEY, KB., SMITH, R. The metabolic demands of kayaking: A review. *Journal of Sport Science and Medicine* (2008) 07, 1 - 7. Dostupné online: <http://www.jssm.org/review.php?id=jssm-07-1.xml>.
37. STROMME, S.B., INGIER, F., MEEN, H.D. Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *Journal of applied physiology* (1997) 42, 833 – 837.
38. TESCH, P.A., PIEHL, K., WILSON, G., KARLSSON, J. Physiological investigations of Swedish elite canoe competitors. *Medicine and Science in Sport* (1976) 8, 214 – 218.
39. TESCH, P.A. Physiological characteristics of elite kayak paddlers. *Canadien Journal of Applied Sport Sciences* (1983) 8, 87 – 91.
40. TUNKOVÁ, K. *Komparativní analýza přímého záběru vpřed na kajaku*. Diplomová práce. FTVS UK, 2015. Vedoucí práce: Radka Bačáková.
41. VILIKUS, Z. *Funkční diagnostika*. Vysoká škola tělesné výchovy a sportu Palestra. Praha, 2012.

### **Internetové zdroje**

1. INTERNATIONAL CANOE FEDERATION (ICF). Canoe Slalom Rules 2015. Dostupné na: <http://www.canoeicf.com/icf/AboutICF/Rules-and-Statutes.html>.
2. POLAR. Měřič tepové frekvence RS 800 Standart. Dostupné na: <http://www.polar.cz/view.php?Page=Prehled&Zbozi=0&Menu=3117>.

## Příloha 1: Souhlas etické komise



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín  
tel.: 220 171 111  
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

### Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

**Název:** Porovnání výsledků aerobní zátěžové diagnostiky při klikové ergometrii horních končetin s jízdou na kajaku na klidné vodě.

**Forma projektu:** diplomová práce

**Autor:** Jan Busta

**Školitel:** PhDr. Milan Bílý Ph.D.

**Popis projektu:** Cílem projektu je porovnat výsledky aerobní zátěžové diagnostiky, kterých dosáhne skupina probandů (elitních českých kajakářů), která bude provedena při klikové ergometrii horních končetin a při jízdě na kajaku na klidné vodě. O účast ve výzkumu budou osloveni vrcholoví a výkonnostní závodníci ve vodním slalomu (v kategorii K1), kteří jsou starší 18 let a v celkovém žebříčku Českého poháru se umístili do 10. místa.  
**Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:** Veškerá zátěžová testování a laboratorní vyšetření budou provedena pověřenými a kvalifikovanými osobami biomedicínské laboratoře FTVS UK nebo osobami Laboratoře sportovní motoriky FTVS UK.  
**Etické aspekty výzkumu:** Výsledky šetření ani osobní data nebudou zneužity.  
**Informovaný souhlas:** (přiložen)

V Praze dne 11.11.2014

Podpis autora:

### Vyjádření etické komise UK FTVS

**Složení komise:** Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.  
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.  
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.  
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: ..... 190/2014 .....  
dne: ..... 13. 11. 2014 .....

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

**Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

UNIVERZITA KARLOVA v Praze  
razítko školy  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

*Barbora*  
podpis předsedy EK



## **Příloha 2: Informovaný souhlas**

### **Informovaný souhlas**

Vážený sportovče,

byl jsi osloven k účasti ve výzkumu, který provádím jako součást své diplomové práce v rámci studia na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze (dále jen FTVS UK).

Cílem práce je porovnat výsledky aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na kajaku na klidné vodě a klikové ergometrii horních končetin.

Vedoucím práce je PhDr. Milan Bílý PhD., vedoucí katedry sportů v přírodě FTVS UK. Na práci se podílí Biomedicinská laboratoř FTVS UK a Laboratoř sportovní motoriky FTVS UK a to sice zajištěním i realizací všech zátěžových testů a laboratorních vyšetření. Testování a vyšetření proběhne ve dvou dnech a to v dopoledních hodinách (v březnu) v Biomedicinské laboratoři a loděnici FTVS UK v Troji. Účastníci absolvují stupňovaný zátěžový test při klikové ergometrii horních končetin a při jízdě na kajaku.

Získané výsledky nebudou zneužity a osobní informace nebudou zveřejněny ani poskytnuty třetí osobě.

Byl jsem seznámen s cíli a metodami tohoto výzkumu a se svou účastí souhlasím.

V Praze dne ..... 2015

| Jméno a příjmení | Rodné číslo | Podpis |
|------------------|-------------|--------|
|                  |             |        |
|                  |             |        |
|                  |             |        |
|                  |             |        |
|                  |             |        |
|                  |             |        |

### Příloha 3: Ankety vyplněné probandy

| Anketa probandům (proband č. 1)   |  |
|---|--|
| Otázka:   | Odpověď:   |
| 1. Které spiroergometrické vyšetření bylo diagnosticky prokazatelnější – jízda na kajaku nebo kliková ergometrie horních končetin?  | <b>a) Jízda na kajaku.</b><br>b) Kliková ergometrie.<br>c) Stejně.   |
| 2. Pokud si se zúčastnil zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem, považuješ ho za prokazatelnější než jízdu na kajaku na klidné vodě?  | a) Ano.<br>b) Ne.  |
| 3. Jaký typ spiroergometrického vyšetření nejčastěji podstupuješ?   | <b>a) Běhací pás.</b><br>b) Cykloergometr.<br>c) Klikovou ergometrii.  |
| 4. Jak často podstupuješ zátěžové spiroergometrické vyšetření?  | <b>a) Jedenkrát ročně v rámci lékařské prohlídky.</b><br>b) Dvakrát ročně.<br>c) Pravidelně a minimálně třikrát ročně.       |
| 5. Používáš v rámci speciálního tréninku měřiče TF (sporttestery)?  | a) Ano – pravidelně.<br>b) Ano – nepravidelně.<br><b>c) Ne.</b>  |
| 6. Je spiroergometrické vyšetření při pádlování na klidné vodě využitelné v praxi? Zařadil bys ho v rámci své přípravy pravidelně pro kontrolu své vlastní trénovanosti či pro zjištění optimálních zón zatížení? | <b>a) Ano je a zařadil bych ho.</b><br>b) Ano je, ale nezařadil bych ho.<br>c) Ne, není.                                     |
| 7. Na základě čeho řídíš intenzitu zatížení (nasazení, úsilí) při speciálních aerobních i anaerobních trénincích vytrvalosti?   | a) Na základě TF měřené sporttesterem.<br><b>b) Na základě vlastního pocitu.</b><br>c) Na základě odebrání krevního laktátu. |

| <b>Anketa probandům (proband č. 2)</b>  |  |
|---|--|
| Otázka:   | Odpověď:   |
| 1. Které spiroergometrické vyšetření bylo diagnosticky prokazatelnější – jízda na kajaku nebo kliková ergometrie horních končetin?  | <b>a) Jízda na kajaku.</b><br>b) Kliková ergometrie.<br>c) Stejně.   |
| 2. Pokud si se zúčastnil zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem, považuješ ho za prokazatelnější než jízdu na kajaku na klidné vodě?  | a) Ano.<br>b) Ne.  |
| 3. Jaký typ spiroergometrického vyšetření nejčastěji podstupuješ?   | <b>a) Běhací pás.</b><br>b) Cykloergometr.<br>c) Klikovou ergometrii.  |
| 4. Jak často podstupuješ zátěžové spiroergometrické vyšetření?  | <b>a) Jedenkrát ročně v rámci lékařské prohlídky.</b><br>b) Dvakrát ročně.<br>c) Pravidelně a minimálně třikrát ročně.               |
| 5. Používáš v rámci speciálního tréninku měřiče TF (sporttestery)?  | <b>a) Ano – pravidelně.</b><br>b) Ano – nepravidelně.<br>c) Ne.  |
| 6. Je spiroergometrické vyšetření při pádlování na klidné vodě využitelné v praxi? Zařadil bys ho v rámci své přípravy pravidelně pro kontrolu své vlastní trénovanosti či pro zjištění optimálních zón zatížení? | <b>a) Ano je a zařadil bych ho.</b><br>b) Ano je, ale nezařadil bych ho.<br>c) Ne, není.   |
| 7. Na základě čeho řídíš intenzitu zatížení (nasazení, úsilí) při speciálních aerobních i anaerobních trénincích vytrvalosti?   | <b>a) Na základě TF měřené sporttesterem.</b><br><b>b) Na základě vlastního pocitu.</b><br>c) Na základě odebírání krevního laktátu. |

| <b>Anketa probandům (proband č. 3)</b>  |   |
|---|---|
| Otázka:   | Odpověď:  |
| 1. Které spiroergometrické vyšetření bylo diagnosticky prokazatelnější – jízda na kajaku nebo kliková ergometrie horních končetin?  | a) Jízda na kajaku.<br>b) Kliková ergometrie.<br><b>c) Stejně.</b>  |
| 2. Pokud si se zúčastnil zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem, považuješ ho za prokazatelnější než jízdu na kajaku na klidné vodě?  | a) Ano.<br>b) Ne.   |
| 3. Jaký typ spiroergometrického vyšetření nejčastěji podstupuješ?   | <b>a) Běhací pás.</b><br>b) Cykloergometr.<br>c) Klikovou ergometrii.   |
| 4. Jak často podstupuješ zátěžové spiroergometrické vyšetření?  | a) Jedenkrát ročně v rámci lékařské prohlídky.<br><b>b) Dvakrát ročně.</b><br>c) Pravidelně a minimálně třikrát ročně.        |
| 5. Používáš v rámci speciálního tréninku měřiče TF (sporttestery)?  | <b>a) Ano – pravidelně.</b><br>b) Ano – nepravidelně.<br>c) Ne.   |
| 6. Je spiroergometrické vyšetření při pádlování na klidné vodě využitelné v praxi? Zařadil bys ho v rámci své přípravy pravidelně pro kontrolu své vlastní trénovanosti či pro zjištění optimálních zón zatížení? | <b>a) Ano je a zařadil bych ho.</b><br>b) Ano je, ale nezařadil bych ho.<br>c) Ne, není.                                      |
| 7. Na základě čeho řídíš intenzitu zatížení (nasazení, úsilí) při speciálních aerobních i anaerobních trénincích vytrvalosti?   | <b>a) Na základě TF měřené sporttesterem.</b><br>b) Na základě vlastního pocitu.<br>c) Na základě odebírání krevního laktátu. |

| <b>Anketa probandům (proband č. 4)</b>  |   |
|---|---|
| Otázka:   | Odpověď:  |
| 1. Které spiroergometrické vyšetření bylo diagnosticky prokazatelnější – jízda na kajaku nebo kliková ergometrie horních končetin?  | a) Jízda na kajaku.<br>b) Kliková ergometrie.<br><b>c) Stejně.</b>  |
| 2. Pokud si se zúčastnil zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem, považuješ ho za prokazatelnější než jízdu na kajaku na klidné vodě?  | a) Ano.<br><b>b) Ne.</b>  |
| 3. Jaký typ spiroergometrického vyšetření nejčastěji podstupuješ?   | <b>a) Běhací pás.</b><br>b) Cykloergometr.<br>c) Klikovou ergometrii.   |
| 4. Jak často podstupuješ zátěžové spiroergometrické vyšetření?  | <b>a) Jedenkrát ročně v rámci lékařské prohlídky.</b><br>b) Dvakrát ročně.<br>c) Pravidelně a minimálně třikrát ročně.        |
| 5. Používáš v rámci speciálního tréninku měřiče TF (sporttestery)?  | a) Ano – pravidelně.<br>b) Ano – nepravidelně.<br><b>c) Ne.</b>   |
| 6. Je spiroergometrické vyšetření při pádlování na klidné vodě využitelné v praxi? Zařadil bys ho v rámci své přípravy pravidelně pro kontrolu své vlastní trénovanosti či pro zjištění optimálních zón zatížení? | a) Ano je a zařadil bych ho.<br><b>b) Ano je, ale nezařadil bych ho.</b><br>c) Ne, není.                                      |
| 7. Na základě čeho řídíš intenzitu zatížení (nasazení, úsilí) při speciálních aerobních i anaerobních trénincích vytrvalosti?   | a) Na základě TF měřené sporttesterem.<br><b>b) Na základě vlastního pocitu.</b><br>c) Na základě odebírání krevního laktátu. |

| <b>Anketa probandům (proband č. 5)</b>  |   |
|---|---|
| Otázka:   | Odpověď:  |
| 1. Které spiroergometrické vyšetření bylo diagnosticky prokazatelnější – jízda na kajaku nebo kliková ergometrie horních končetin?  | <b>a) Jízda na kajaku.</b><br>b) Kliková ergometrie.<br>c) Stejně.  |
| 2. Pokud si se zúčastnil zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem, považuješ ho za prokazatelnější než jízdu na kajaku na klidné vodě?  | a) Ano.<br><b>b) Ne.</b>  |
| 3. Jaký typ spiroergometrického vyšetření nejčastěji podstupuješ?   | a) Běhací pás.<br><b>b) Cykloergometr.</b><br>c) Klikovou ergometrii.   |
| 4. Jak často podstupuješ zátěžové spiroergometrické vyšetření?  | <b>a) Jedenkrát ročně v rámci lékařské prohlídky.</b><br>b) Dvakrát ročně.<br>c) Pravidelně a minimálně třikrát ročně.        |
| 5. Používáš v rámci speciálního tréninku měřiče TF (sporttestery)?  | a) Ano – pravidelně.<br>b) Ano – nepravidelně.<br><b>c) Ne.</b>   |
| 6. Je spiroergometrické vyšetření při pádlování na klidné vodě využitelné v praxi? Zařadil bys ho v rámci své přípravy pravidelně pro kontrolu své vlastní trénovanosti či pro zjištění optimálních zón zatížení? | <b>a) Ano je a zařadil bych ho.</b><br>b) Ano je, ale nezařadil bych ho.<br>c) Ne, není.                                      |
| 7. Na základě čeho řídíš intenzitu zatížení (nasazení, úsilí) při speciálních aerobních i anaerobních trénincích vytrvalosti?   | a) Na základě TF měřené sporttesterem.<br><b>b) Na základě vlastního pocitu.</b><br>c) Na základě odebírání krevního laktátu. |

| <b>Anketa probandům (proband č. 6)</b>  |   |
|---|---|
| Otázka:   | Odpověď:  |
| 1. Které spiroergometrické vyšetření bylo diagnosticky prokazatelnější – jízda na kajaku nebo kliková ergometrie horních končetin?  | <b>a) Jízda na kajaku.</b><br>b) Kliková ergometrie.<br>c) Stejně.  |
| 2. Pokud si se zúčastnil zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem, považuješ ho za prokazatelnější než jízdu na kajaku na klidné vodě?  | a) Ano.<br><b>b) Ne.</b>  |
| 3. Jaký typ spiroergometrického vyšetření nejčastěji podstupuješ?   | <b>a) Běhací pás.</b><br>b) Cykloergometr.<br>c) Klikovou ergometrii.   |
| 4. Jak často podstupuješ zátěžové spiroergometrické vyšetření?  | a) Jedenkrát ročně v rámci lékařské prohlídky.<br><b>b) Dvakrát ročně.</b><br>c) Pravidelně a minimálně třikrát ročně.        |
| 5. Používáš v rámci speciálního tréninku měřiče TF (sporttestery)?  | a) Ano – pravidelně.<br><b>b) Ano – nepravidelně.</b><br>c) Ne.   |
| 6. Je spiroergometrické vyšetření při pádlování na klidné vodě využitelné v praxi? Zařadil bys ho v rámci své přípravy pravidelně pro kontrolu své vlastní trénovanosti či pro zjištění optimálních zón zatížení? | a) Ano je a zařadil bych ho.<br><b>b) Ano je, ale nezařadil bych ho.</b><br>c) Ne, není.                                      |
| 7. Na základě čeho řídíš intenzitu zatížení (nasazení, úsilí) při speciálních aerobních i anaerobních trénincích vytrvalosti?   | a) Na základě TF měřené sporttesterem.<br><b>b) Na základě vlastního pocitu.</b><br>c) Na základě odebírání krevního laktátu. |

## Příloha 4: Výsledek testu normality dat

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

|                                  |                | VO2max K            | VO2max J            | SF K                | SF J              | DF K                | DF J                |
|----------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| N                                |                | 6                   | 6                   | 6                   | 6                 | 6                   | 6                   |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean           | 56,33               | 54,67               | 189,83              | 188,50            | 62,67               | 52,33               |
|                                  | Std. Deviation | 5,391               | 6,532               | 9,683               | 9,607             | 5,854               | 5,203               |
| Most Extreme Differences         | Absolute       | ,142                | ,252                | ,218                | ,271              | ,212                | ,239                |
|                                  | Positive       | ,123                | ,252                | ,126                | ,137              | ,212                | ,239                |
|                                  | Negative       | -,142               | -,175               | -,218               | -,271             | -,121               | -,195               |
| Test Statistic                   |                | ,142                | ,252                | ,218                | ,271              | ,212                | ,239                |
| Asymp. Sig. (2-tailed)           |                | ,200 <sup>c,d</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,190 <sup>c</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> |
|                                  |                | O2Tep K             | O2Tep J             | VT K                | VT J              | Vmax K              | Vmax J              |
| N                                |                | 6                   | 6                   | 6                   | 6                 | 6                   | 6                   |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean           | 21,83               | 21,83               | 2,4450              | 2,4400            | 152,100             | 127,317             |
|                                  | Std. Deviation | 2,639               | 2,927               | ,26090              | ,35944            | 6,3504              | 16,6599             |
| Most Extreme Differences         | Absolute       | ,291                | ,311                | ,249                | ,274              | ,182                | ,263                |
|                                  | Positive       | ,291                | ,311                | ,249                | ,201              | ,132                | ,180                |
|                                  | Negative       | -,142               | -,221               | -,164               | -,274             | -,182               | -,263               |
| Test Statistic                   |                | ,291                | ,311                | ,249                | ,274              | ,182                | ,263                |
| Asymp. Sig. (2-tailed)           |                | ,124 <sup>c</sup>   | ,072 <sup>c</sup>   | ,200 <sup>c,d</sup> | ,180 <sup>c</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> |

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

K - kliková ergometri

J - jízda na kajaku