

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

URČENÍ VZTAHU SPIROERGOMETRICKÉHO VYŠETŘENÍ PŘI JÍZDĚ  
NA RYCHLOSTNÍ KANOI A NA KLIKOVÉM ERGOMETRU

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

PhDr. Milan Bílý, Ph.D.

Vypracoval:

Petr Mára

Praha 2017

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

.....

Petr Mára, Praha 2017

Děkuji panu PhDr. Milanovi Bílému, Ph.D. za odborné vedení a spolupráci při tvorbě bakalářské práce a za cenné rady a připomínky. Další poděkování patří Mgr. Lence Kovářové Ph.D., bez které by se neobešla realizace výzkumné části této práce. A v neposlední řadě děkuji také probandům, kteří nám věnovali čas a při testech vynaložili maximální úsilí.

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

Jméno a příjmení	Adresa	Číslo OP	Datum výpůjčky

# Abstrakt

**Název:** Určení vztahu spiroergometrického vyšetření při jízdě na rychlostní kanoi a na klikovém ergometru.

**Cíle práce:** Cílem práce bylo zjistit vztah mezi vybranými funkčními ukazateli aerobní zátěžové diagnostiky při pádlování na kanoi na klidné vodě a při klikové ergometrii horních končetin u rychlostních kanoistů.

**Metody:** Pro získání dat byl využit standardizovaný stupňovaný zátěžový test ergometrie horních končetin na klikovém ergometru a spiroergometrické vyšetření podle stejného zátěžového protokolu při pádlování na kanoi. Při testování byl v obou případech použit sporttester Polar RS800 a zařízení Cortex Metamax 3B. Ke zjištění vztahů výsledných hodnot vybraných funkčních ukazatelů byla použita korelační analýza. Míra závislosti byla určena podle Pearsonova korelačního koeficientu.

**Výsledky:** Celkový průměrný rozdíl mezi hodnotami naměřenými při jízdě na kanoi a při klikové ergometrii je 2,13%. Korelační analýza prokázala silnou závislost u čtyř ze sedmi vybraných funkčních ukazatelů: tepového kyslíku ( $r = 0,87$ ), maximální spotřeby kyslíku ( $r = 0,97$ ), dechového objemu ( $r = 0,78$ ) a plicní ventilace ( $r = 0,79$ ). U dechové frekvence ( $r = -0,02$ ), krevního laktátu ( $r = -0,08$ ) a srdeční frekvence ( $r = -0,28$ ) nebyl statisticky významný vztah prokázán.

**Klíčová slova:** Kliková ergometrie, terénní test, spiroergometrie, rychlostní kanoistika, zátěžová diagnostika.

# Abstract

**Title:** Determining the relationship of spiroergometric examination of sprint canoe competitors while paddling and at the arm crank ergometer.

**Objectives:** The aim of this thesis was to investigate the relationship between functional indicators of aerobic exercise diagnostics on sprint canoe and at the arm crank ergometer.

**Methods:** To obtain the data, we used a standardized stress test for arm crank ergometer. To measure flatwater canoeists while paddling, the spiroergometric examination with the same stress protocol was used. The devices used during both experiments were sporttester Polar RS 800 and Cortex Metamax 3B device. To detect the functional relationships of measured values the correlation analysis was used. The degree of dependence was determined by Pearson correlation coefficient.

**Results:** Total average difference between the values measured at arm crank ergometer and while paddling at sprint canoe was 2,13%. Correlation analysis showed a strong dependence in 4 of the 7 monitored functional pointers:  $VO_2$  ( $r = 0,873$ ),  $VO_{2max}$  ( $r = 0,972$ ), tidal volume ( $r = 0,775$ ) and pulmonary ventilation ( $r = 0,786$ ). As for the three remaining indicators; respiratory rate ( $r = -0,023$ ), lactic acid ( $r = -0,08$ ) and heart rate ( $r = -0,275$ ) there was no statistically significant difference.

**Key words:** Crank ergometry, spiroergometry, paddling on canoe, canoe sprint, load diagnosis.

<b>1 Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2 Teoretická východiska.....</b>	<b>10</b>
2. 1 Rychlostní kanoistika .....	10
2. 2 Charakteristika výkonu v rychlostní kanoistice .....	12
2. 3 Struktura sportovního výkonu .....	14
2. 3. 1 Somatické faktory .....	14
2. 3. 2 Kondiční faktory .....	16
2. 3. 3 Technické faktory.....	17
2. 3. 4 Faktory taktiky .....	18
2. 3. 5 Psychické faktory .....	18
2. 4 Zátěžová diagnostika.....	19
2. 4. 1 Maximální zátěžové testy.....	19
2. 4. 2 Aerobní zátěžová diagnostika – test $VO_{2max}$ .....	19
2. 4. 3 Terénní zátěžová diagnostika .....	20
2. 4. 4 Laboratorní zátěžová diagnostika.....	20
2. 4. 5 Ergometrie horních končetin .....	20
2. 5 Vybrané funkční ukazatele.....	22
2. 5. 1. Dýchací systém .....	22
2. 5. 2 Srdečně-cévní systém.....	24
2. 5. Rešerše literatury.....	25
<b>3 Cíl práce a hypotézy.....</b>	<b>27</b>
3. 1 Cíl práce .....	27
3. 2 Hypotézy .....	27
<b>4 Metodika práce.....</b>	<b>28</b>
4. 1 Popis výzkumného souboru .....	28
4. 2 Organizace výzkumu.....	28
4. 3 Metody využité při testování.....	29

4. 3. 1 Vážení.....	29
4. 3. 2 Terénní testování .....	29
4. 3. 3 Laboratorní testování.....	33
4. 4 Sběr dat.....	35
4. 5 Analýza dat.....	35
4. 5. 1 Aritmetický průměr a směrodatná odchylka .....	35
4. 5. 2 Korelace .....	35
4. 5. 3 Pearsonův korelační koeficient .....	35
<b>5 Výsledky.....</b>	<b>36</b>
5. 1 Výsledky terénního zátěžového testu .....	36
5. 2 Výsledky laboratorního zátěžového testu .....	37
5. 3 Porovnání výsledků zátěžových testů .....	38
5. 4 Korelační analýza výsledků zátěžových testů .....	39
5. 6 Výsledky a hypotézy .....	40
<b>6 Diskuse.....</b>	<b>42</b>
6. 1 Porovnání výsledků zátěžových testů .....	42
6. 2 Porovnání práce se současným stavem bádání.....	43
6. 3 Vymezení významu práce a její omezení.....	45
<b>7 Závěr.....</b>	<b>46</b>
<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>47</b>
<b>Přílohy.....</b>	<b>50</b>
Příloha č.1 Vyjádření etické komise .....	50
Příloha č.2 Informovaný souhlas.....	51



# 1 Úvod

Rychlostní kanoistika je silově-vytrvalostní cyklický sport kladoucí velké nároky hlavně na kondiční, technické a psychické faktory.

Hlavní část výkonu v pádlování tvoří horní polovina těla. Proto se pro zjišťování funkčních parametrů u kanoistů často využívá kliková ergometrie horních končetin. Cílem této práce bylo zrealizovat terénní zátěžový test při jízdě na kanoi a následně totožný laboratorní test do „vita maxima“ na klikovém ergometru. Na základě získaných hodnot vybraných funkčních ukazatelů potom pomocí korelační analýzy zjistit vztah mezi těmito dvěma testy. Domníváme se, že by výsledky výzkumu mohly napomoci trenérům i závodníkům v rozvoji vytrvalostních schopností.

## 2 Teoretická východiska

### 2. 1 Rychlostní kanoistika

V rychlostní kanoistice je závodníkovým hlavním úkolem zdolání předem určené vzdálenosti v co nejkratším čase. Při závodění na olympijských tratích jsou závodníci na startu seřazeni do devíti vyběžkových drah a zadržováni startovacím zařízením v podobě „startovních kapes“, ve kterých mají umístěnou špičku lodi. Tyto bloky po povelch „ready“ a následném „set“ sjedou pod vodu. Tím je zahájen závod.

Rychlostní kanoistika patří spolu s vodním slalomem ke kanoistickým odvětvím, zařazeným do programu letních olympijských her. Snažení většiny vrcholových závodníků se tedy směřuje k účasti na OH, ty se konají každý čtvrtý rok a závodí se zde na sprinterských tratích (200, 500 a 1000m). Dalšími vrcholnými sprinterskými mezinárodními soutěžemi jsou mistrovství světa, pořádané každý rok s výjimkou roku OH a mistrovství Evropy, pořádané každý rok. Juniorské mistrovství Evropy se koná každý rok, mistrovství světa je pro juniory organizováno každý lichý rok. Maratónské soutěže se konají každý rok. Pro seniory i juniory jsou v maratónu organizována mistrovství světa i Evropy a to pro obě kategorie současně. Mezi nejúspěšnější národy patří tradičně Maďarsko, Německo a Rusko. Nejvýznamnější sportovci tohoto odvětví jsou například Němka Birgit Fischerová, Rumun Ivan Patzaichin, ale i náš Martin Doktor (Radoň 2010).

Jako ukázkový sport byla rychlostní kanoistika na olympijských hrách představena již roku 1924 v Paříži. Jako plnohodnotný sport byla však zařazena až o 12 let později na hrách v Berlíně, kde tehdy Českoslovenští závodníci získali dvě zlaté a jednu stříbrnou medaili. První olympijskou medaili pro Československo v rychlostní kanoistice získali deblkanoisté Václav Mottl a Zdeněk Škrdlant na trati 10 000m, na jejich úspěch další den navázala deblkanoe v obsazení Vladimíra Syrovátky s Františkem Brzákem a to vítězstvím na kilometrové trati. Na této trati se prosadil i singlkanoista (C1) Bohuslav Karlík, který zde dosáhl na druhý nejčestnější kov (Český svaz kanoistů 2013).

Pravidla a s nimi i vybavení a technika pádlování se od těchto dob znatelně posunuly. Největším skokem se zdála být změna předepsané minimální šířky lodí v roce 2001. Tato změna umožnila závodníkům startovat na užších lodích než doposud a to sebou samozřejmě neslo i velký zásah do techniky pádlování jak na kánoi, tak i na kajaku. Předpisy o konstrukčních vlastnostech lodí zůstaly nezměněny až do roku 2015, kdy se mezinárodní kanoistická federace ICF rozhodla změnit předpis o minimální hmotnosti singlkanoe z dosavadních 16 kilogramů na 14kg. V dnešní době jsou tedy federací ICF technické parametry pro lodě využívané při oficiálních závodech rychlostní kanoistiky stanoveny mezinárodní kanoistickou federací ICF (2015) následovně:

Lodě	K1	K2	K4	C1	C2	C4
Maximální délka	520	650	1100	520	650	900
Minimální hmotnost	12	18	30	14	20	30

*Tabulka č. 1 Technické parametry lodí*

Bezprostředně po odjetí závodu dochází k namátkové kontrole hmotnosti lodí. Pokud by byla hmotnost lodí nižší než minimální předepsaná hmotnost, byl by sportovec, který na ní závod odjel, diskvalifikován za nedodržení pravidel. Tyto kontroly probíhají na všech závodech včetně maratonu, kde však mohou mít závodníci lodě lehčí než na krátkých tratích. A sice o čtyři kilogramy.

Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že se kánoe (C) od kajaku (K) velice liší. A to nejen v parametrech uvedených v tabulce ale například také ve tvaru a provedení lodě. Kajak je o něco nižší než kánoe. Dále je zakrytý palubou, ve které se zhruba uprostřed trupu nachází otvor tak velký, aby se do něj vešel sedící závodník, a na zádi je instalováno kormidlo ovládané lanky vedoucími ke kajakářovým nohám, kde jsou napojena na řídicí mechanismus ovládaný právě kajakářovými chodidly. Oproti tomu kánoe je z větší části otevřená (palubou jsou zakryty pouze před a zad lodí tak, aby z celkové délky 520cm bylo minimálně 280cm nezakrytých), jelikož v ní závodník klečí na jedné noze a druhou má pokrčmo přednoženou. Kánoe také postrádá kormidlo. Je řízena tzv. řídicími záběry. Protože se na kánoi pádluje pádlem, které má list pouze na jednom konci žerdi, a na druhém konci má hlavičku, rychlostní kanoista je nucen pádlovat stále na stejné straně lodí. Proto je pro udržení přímého směru

jízdy stěžejním řídicím záběrem takzvaný záběr vpřed s rychlostním ulomením. Kanoista při něm přetáčí v konci záběru záběrovou plochu listu od lodi a současně tlačí hlavici pádla dopředu a dolů. Příčná osa listu je kolmá k hladině, žerď pádla směřuje šikmo vzad, ale záběrová plocha listu směřuje od lodě (Bílý, Kračmar, Novotný, 2001).

Všichni námi testovaní kanoisté se specializují na disciplínu C1 1000m. Závodí tedy na singlkanoi o délce 520cm a hmotnosti 14kg na trati dlouhé jeden kilometr. Čas potřebný ke zdolání této tratě se pohybuje kolem 4 minut.

## **2. 2 Charakteristika výkonu v rychlostní kanoistice**

Rychlostní kanoistika je sportem, pro který je typickým charakterem pohybu, pohyb s převahou dynamické práce trupu a horních končetin (Novotný, 1986). Podle Bílého (2004) je v kanoistice mnoho faktorů, které ovlivňují závodníkův soutěžní výkon. Jako faktory stěžejně ovlivňující sportovní výkon uvádí faktory: psychické, somatické, technické a kondiční. Tyto faktory podle něj nemusí odpovídat skutečným kvalitám závodníka.

Podle Bernacikové, Kapounové a Novotného je výkon v rychlostní kanoistice ovlivněn faktory:

- Psychickými (motivace, vůle, soustředěnost)
- Technickými (technika pádlování)
- Somatickými (delší paže, hypertrofie svalů horních končetin, somatotyp: převaha mezomorfní složky)
- Kondičními (explozivní síla, vytrvalost, koordinace, flexibilita ramenního kloubu)
- Taktickými (rychlý start, zvolené tempo, jízda na vlně)
- Ostatními (kvalita lodě a pádla, klimatické podmínky, proudění vody)

Rychlostní kanoistika patří mezi silově vytrvalostní sporty. Setkáme se v ní se závodním zatížením od 34 sekund (K1 200m) až do několika hodin (maraton). Pro náš výzkum byli záměrně vybráni kanoisté specializující se na kilometrovou závodní trať (C1 1000m). Doba zdolání závodní tratě trvá v této disciplíně kolem 4 minut, a proto se na krytí energetických nároků musejí podílet tyto tři systémy:

Anaerobní alaktátový systém krytí energie.

Který tělo využívá k pokrytí maximálně intenzivní krátkodobé aktivity trvající pět až patnáct sekund. Jako zdroj energie jsou při něm využity makroergní fosfáty (ATP a CP). Rychlost uvolňování ATP činí  $4,0-4,5 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$ . Zpětné doplnění zásob makroergních fosfátů po jejich úplném vyčerpání nastává po 2 - 3 minutách (v závislosti na trénovanosti) (Bartůňková 2010).

Anaerobní laktátový systém.

Využívaný submaximální intenzity cvičení trvajícího 45-90s. Zdrojem energie je pro tento systém svalový glykogen. Rychlost uvolňování ATP činí  $2,0-2,5 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$ . Produkce laktátu převažuje jeho utilizaci. Hladina LA v krvi se při pasivním odpočinku normalizuje za 60-120 minut. Při aktivním odpočinku pak za 30-80 minut (Bartůňková 2010).

Aerobní systém.

Zajišťující mírné a střední intenzity zatížení.

Energetické zdroje jsou: a) glykogen 44% a triacylglyceroly 32% (ze svalů)

b) glukóza 13% a mastné kyseliny 11% (z krve)

Rychlost uvolňování ATP činí  $1,0-1,5 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Po úplném vyčerpání nastává v pomalých oxidativních vláknech náhrada glykogenu až po 46ti hodinách (Bartůňková 2010).

## **2. 3 Struktura sportovního výkonu**

Podle Dovalila (2012) sportovní výkon můžeme interpretovat jako vymezený systém prvků, který má určitou strukturu, tj. zákonité uspořádání a propojení sítí vzájemných vztahů. Jednotlivé prvky mohou být rázu somatického, fyziologického, motorického, psychologického apod. Mohou být jednodušší a dobře identifikovatelné (např. somatické znaky), ale i složitější (např. koordinační schopnosti). Sportovní výkon je ovlivňován mnoha různými faktory, vlivy a okolnostmi. Vzhledem k tomu, že rychlostní kanoistika je sport provozovaný na otevřených vodních plochách, řadíme mezi tyto vlivy například teplotu vody a vzduchu. V neposlední řadě mezi tyto vlivy také musíme zařadit rychlost a směr větru, který může jak pozitivně tak negativně ovlivnit sportovní výkon. I když se zdá, že mají podmínky všichni stejné, není tomu tak. U kanoisty například značně ovlivňuje jízdu směr větru. Při bočním větru z pravé strany bude zvýhodněn kanoista pádlující na pravé straně lodi a na opak.

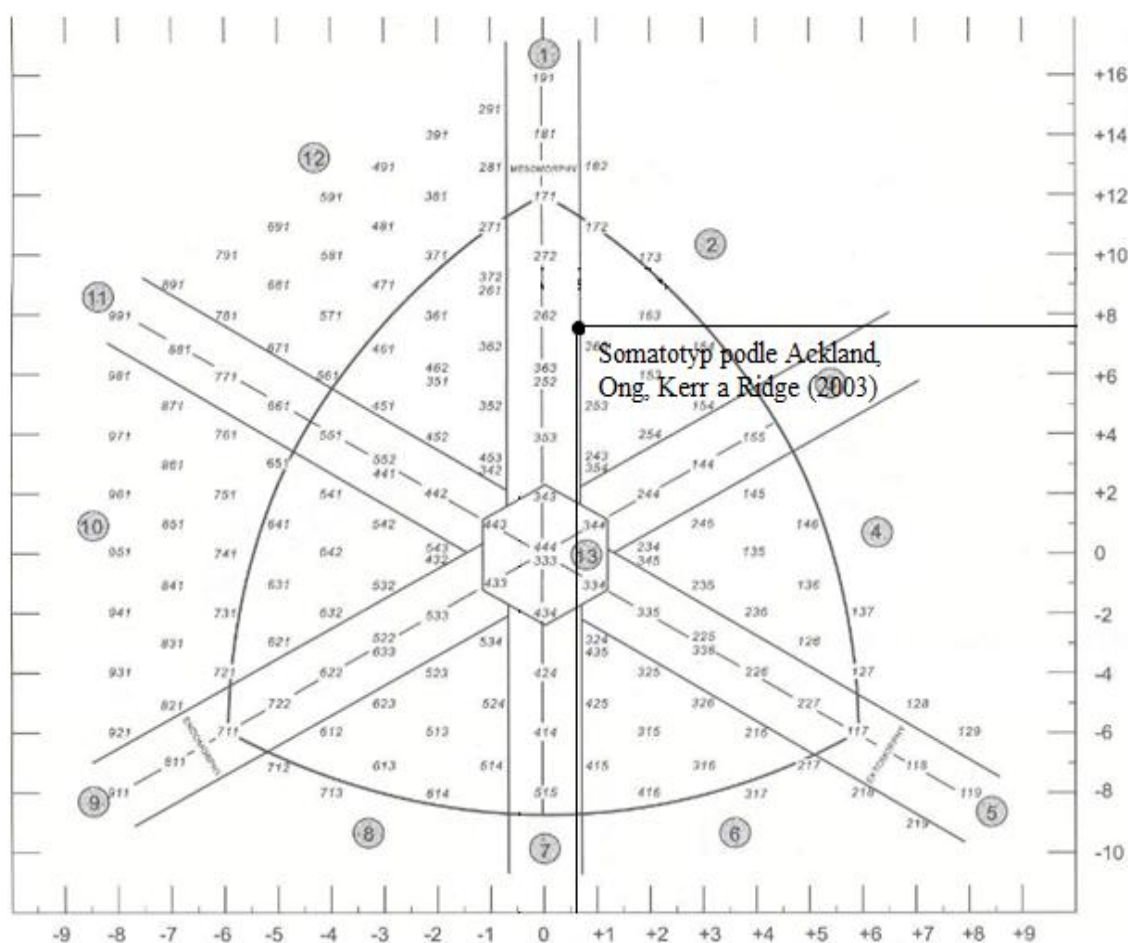
### **2. 3. 1 Somatické faktory**

Podle Dovalila (2012), jsou somatické faktory relativně stálé a ve značné míře geneticky podmíněné. Konkrétně se jedná o kostru, svalstvo, vazy a šlachy.

Tyto segmenty mohou dohromady vytvářet předpoklady pro různá sportovní odvětví. Díky tomu, že jsou tyto faktory vrozené, můžeme je využít například k výběru talentů. Tyto předpoklady nám však nemohou zajistit úspěch. Zdá se však, že bez těchto předpokladů se závodník nemůže řadit k výkonnostní špičce v dané sportovní specializaci. K hlavním somatickým faktorům patří: výška a hmotnost těla, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesný typ (Dovalil a kol. 2012).

Tělesný typ nejlépe vyjadřuje somatotyp sportovce, kdy somatotyp je souhrn tvarových znaků jedince, který můžeme vyjádřit třemi číslicemi o sedmi bodové stupnici (Štěpnička, 1974). Ackland, Ong, Kerr a Ridge (2003), kteří provedli měření u padesáti rychlostních kanoistů účastnících se letních olympijských her v roce 2000 v Sydney, uvádějí následující průměrné výsledné hodnoty: Ektomorfní komponenta: 1,6; Mezomorfní komponenta: 5,7; Endomorfní komponenta: 2,2.

Somatotyp kanoistů podle Ackland, Ong, Kerr a Ridge (2003) znázorněný v somatografu:



Obrázek č. 1 Somatotyp rychlostních kanoistů

Dále je také velmi důležité zastoupení svalových vláken. Typ a podíl vláken je určen geneticky. Vlákna máme dvojího typu, vlákna bílá – rychlá, která jsou vrozená a nelze je získat tréninkem a vlákna červená – pomalá, která se dají tréninkem rozvíjet (Dovalil a kol., 2012). Podle Hamara (2005) je u rychlostních kanoistů podíl rychlých a pomalých svalových vláken přibližně 35% rychlých a 65% pomalých. Rychlá svalová vlákna jsou při disciplíně C1 1000m využívána převážně k rychlému rozjezdu během startu a ke zrychlení v závěru tratě. Pomalá svalová vlákna jsou využívána v hlavní části tratě, kdy se závodník snaží volit co nejekonomičtější tempo a maximálně tak využít svých aerobních schopností.

### 2. 3. 2 Kondiční faktory

Podle Dovalila (2012) se za kondiční faktory sportovního výkonu považují pohybové schopnosti (silové, rychlostní, vytrvalostní a koordinační). V každé pohybové činnosti, která tvoří obsah sportovních výkonů, lze identifikovat projev „síly“, „vytrvalosti“, „rychlosti“ aj, jejich poměr se podle pohybových úkolů liší. Předpokládá se, že jde o projevy pohybových schopností člověka, o nich vypovídají určité charakteristiky pohybů (např. jejich trvání, rychlost, předpokládaný odpor, složitost pohybu, přesnost provedení apod.). Kondiční pohybové schopnosti jsou výrazně podmiňovány metabolickými procesy, souvisejí hlavně se získáváním a využíváním energie pro vykonávání pohybu.

Předpokládá se, že pro výkon v rychlostní kanoistice jsou nejdůležitějšími kondičními faktory silově vytrvalostní schopnosti. Síla je potřebná k pohonu lodě vpřed (pohyb je cyklický) a zároveň k překonání vnějšího odporu (větru, vlnám). Jelikož je většina úseků delších než 2 minuty, je zapotřebí dostatek vytrvalostních schopností (Mareš, 2003). U dvěstěmetrové trati, která trvá kolem 40 sekund je velmi důležitá síla rychlá a výbušná. Tuto sílu využívají kanoisté ale i při ostatních tratích. Vždy je to na startu a dále také při bojích o lepší pozici ve skupině nebo takzvaných „trhákách“ u dlouhých tratí nebo maratonů. Také koordinační schopnosti jsou velmi důležité. Kanoisté sice vykonávají „jen“ cyklický pohyb, ale zkoordinovat pohyby celého těla na vratké kanoi, tak aby se styl jízdy závodníka podobal správné závodní technice, není vůbec lehký úkol.



### 2. 3. 3 Technické faktory

V každém sportovním výkonu sportovec řeší konkrétní pohybový úkol. Může to být úkol jednoduchý, jehož řešení je standardní (stejně), nebo úkol složitější, který je řešen variabilním způsobem. Technikou rozumíme účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s možností jednice (Dovalil a kol. 2012).

Jak jsme už výše zmínili, jízda na rychlostní kanoi je velice technicky náročná činnost. Už jen zvládnutí udržení se v lodi je opravdu nelehký úkol. Proto je výhodou, když se této dovednosti učí sportovci od dětství. V dětství totiž můžeme využít lepší docility a tím urychlit a zkvalitnit zvládnutí dané dovednosti.

Podle Bartona (2002) mají na techniku pádlování výrazný vliv kanoistovi individuální vlastnosti - osobnost, somatotyp, charakter a další. Tyto vlastnosti vytváří individuální styl pádlování.

Ze stejných důvodů si také sportovci upravují pozici klečení v kanoi, délku pádla a velikost listu. Technika a styl jízdy se mění i se změnou disciplíny. U krátkých tratí se například zvyšuje frekvence pádlování a zkvalitňuje síla záběru. U dlouhých tratí a maratonů je důležité například dobré zvládnutí jízdy na vlně. Také u posádkových disciplín se technika mění. Na deblkanoi například řídí směr převážně zadák a háček mu s tím jen pomáhá. Styl jízdy obou členů posádky se musí co nejvíce shodovat. To znamená, že se oba musejí maximálně přizpůsobit.

Techniku pádlování na kanoi tvoří koordinovaná série pohybů s pádlem, následkem těchto pohybů se loď pohybuje vpřed největší možnou rychlostí. Základním požadavkem v technice pádlování je plynulý dopředný pohyb kanoe. A klíčovými faktory techniky jízdy na kanoi jsou: přímý záběr vpřed, koordinace pohybu, přenos síly, rytmus a účinnost záběru (Szanto, 1993).

### **2. 3. 4 Faktory taktiky**

Taktikou se chápe způsob řešení širších a dílčích úkolů, realizovaných v souladu s pravidly daného sportu. Spočívá ve výběru optimálního řešení strategických a taktických úkolů. Ten však bezprostředně souvisí s technickými aspekty, takže realizace taktických záměrů je možná jedině prostřednictvím techniky (Dovalil a kol. 2012).

Taktika z pohledu krátkých tratí v rychlostní kanoistice hraje svou roli především v rozložení sil. Nejčastější variantou projetí závodní tratě je taková, při které závodník stupňuje tempo přesně podle toho, jak to nacvičil v tréninku. Znamená to, že se musí oprostit od ostatních závodníků a neohlížet se na to jak rychle jedou. Na startu se závodník snaží vyjet co nejrychleji, potom přejde do tempa které je pro něj na dané trati relativně ekonomické, zároveň si ale nesmí nechat čelo závodu moc ujet. A v optimální vzdálenosti před cílem začne finišovat a snaží se pokud možno co nejvíce vyčerpat příslušné energetické zdroje. Tuto taktiku ve své práci potvrzuje Doktor (2001), který uvádí, že po mohutném startovním rozjezdu musí závodník hlavní část tratě projet ekonomicky s maximálním využitím aerobních možností a to mu umožní, aby v závěru tratě maximálně zmobilizoval anaerobní zdroje.

### **2. 3. 5 Psychické faktory**

Podle Dovalila (2012) v nejširším smyslu výkon závisí na centrálních (mentálních) schopnostech, lokálních schopnostech (smyslových orgánů a motoriky), instrumentálních strukturách (získaných dovednostech) a neintelektuálních faktorech (emoce, motivace, únava).

Podle Bílého (2016) je psychika jedním z klíčových faktorů vedoucích k úspěchu v rychlostní kanoistice. Struktura závodníkovi osobnosti je složena ze schopností, temperamentu, emocí, motivace a lidské povahy a je ovlivněna duševním stavem v tréninku. Chování vychází ze sportovcových zkušeností a odráží se v jeho náladě. Bílý (2016) Ve své práci zkoumal temperament u 35 rychlostních kanoistů. Sedmnáct z nich zařadil mezi sangviniky, šest mezi flegmatiky, šest mezi choleriky a tři mezi melancholiky. Dva kanoisté byli na rozmezí sangvinika a cholerika a jeden byl na rozmezí mezi melancholikiem a cholerikem.

## 2. 4 Zátěžová diagnostika

Heller (1996) dělí funkční zátěžové testy na specifické a nespecifické. Za nejspecifičtější testování, považuje oproti laboratorním testům, měření přímo v terénu a to pokud možno v závodních podmínkách.

Pokud se zaměřujeme na měření a hodnocení výkonnosti u cyklických pohybů, nejčastěji rozdělujeme tyto testy podle jejich intenzity. Na submaximální zátěžové testy a maximální zátěžové testy (Bunc, 1990).

### 2. 4. 1 Maximální zátěžové testy

Maximální zátěžové testy mají za úkol stanovení maximální výkonnosti organismu. O stanovení maximálních hodnot se ale můžeme pokusit pouze u zdravých jedinců. Ohrozili bychom totiž jejich zdravotní stav. Zátěžový test se skládá ze dvou částí. V první části testu dochází k zahřátí organismu, druhá část obsahuje samotné zátěžové vyšetření. Při maximálním zátěžovém testu je organismus zatěžován pomocí zatížení konstantní intenzity. Ta musí být vysoká tak, aby vedla k rychlé únavě. Nebo je organismus zatěžován stupňovaně (Bunc, 1990).

### 2. 4. 2 Aerobní zátěžová diagnostika – test $VO_{2max}$

Maximální aerobní kapacita je celkové množství mobilizované energie, kterou je možné získat aerobní resyntézou ATP. Toto množství ale nelze přímo stanovit. Proto se v praxi používá několik nepřímých ukazatelů, které mají těsný vztah k tzv. aerobní zdatnosti. Zpravidla bývají uváděny čtyři základní ukazatele aerobní zdatnosti, a to maximální aerobní výkon, resp. maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2max}$ ), pracovní účinnost, časová konstanta kinetiky  $VO_2$  a anaerobní práh (Heller, Vodička, 2011).

Nejčastěji se aerobní kapacita určuje nepřímo jako maximální spotřeba kyslíku. Ta odpovídá maximálnímu množství kyslíku, které je organismus schopen při práci extrahovat z ventilovaného vzduchu a následně ho transportovat a využít ve tkáních. Spotřebu kyslíku tedy lze vyjádřit jako rozdíl mezi součinem inspirační ventilace a inspirační frakce kyslíku a součinem expirační ventilace a expirační frakce kyslíku (Heller, Vodička, 2011).

Stupňované zátěžové testy do „vita maxima“ (do vyčerpání) trvají zpravidla v časovém rozmezí 5-6 minut. Tyto testy jsou ukazateli aerobní vytrvalosti. Díky maximální intenzitě zatížení se na energetickém krytí podílejí i anaerobní mechanismy. Heller a Vodička (2011) tedy uvádí, že mohou mít vypovídající hodnotu také pro anaerobní vytrvalost.

### **2. 4. 3 Terénní zátěžová diagnostika**

Při provádění terénních zátěžových testů bývá oproti laboratorním podmínkám obtížnější standardizovat podmínky měření a zajistit tak plnou reprodukovatelnost testu (schopnost test spolehlivě zopakovat), případně i měřitelnost všech podstatných funkčních parametrů a charakteristik zatížení. Předností terénních testů je však lepší specifická pro vyšetřované sportovce. Proto se ve sportovní praxi zpravidla využívá kombinování terénního a laboratorního testování. Obvykle se v laboratoři při práci na vhodném ergometru stanovují zpravidla změny kardiopulsačních parametrů v průběhu zatížení, maximální funkční parametry, změny v zotavení a úroveň anaerobního prahu. K výsledkům laboratorního testování se potom vztahují výsledky terénního testování. Většina terénních testů obvykle využívá jednoduchých parametrů, jako jsou zejména změny srdeční frekvence a změny koncentrace laktátu v krvi. Ty potom srovnává s hodnotami přesně stanovenými při laboratorním vyšetření. Terénní zátěžová diagnostika se zaměřuje nejen na dosažený výkon (rychlostní, silový či vytrvalostní), ale zejména na vztah mezi pohybovým výkonem a jeho biologickou odezvou (Heller, Vodička, 2011).

### **2. 4. 4 Laboratorní zátěžová diagnostika**

Laboratorní zátěžové testování se využívá k poměrně přesné diagnostice tělesné zdatnosti jedince. Podle použitých přístrojů, počtu měřených fyziologických parametrů a náročnosti testu, dělíme laboratorní zátěžovou diagnostiku na speciální laboratorní diagnostiku a jednoduché funkční zkoušky. Funkční zkoušky využívají k zatěžování přesuny vlastní hmotnosti nebo změny polohy těla. Zatímco speciální laboratorní diagnostika vyžaduje zkušený obsluhující personál a finančně náročné přístrojové vybavení (Heller, Vodička, 2011).

### **2. 4. 5 Ergometrie horních končetin**

Některé pracovní a sportovní aktivity se týkají převážně svalové práce trupu a horních končetin. Pro tyto aktivity byly vytvořeny a do praxe zavedeny různé typy zátěžových testů, které jsou zaměřeny právě na práci horní části těla. Tyto testy našly uplatnění nejen v oblasti sportovní a pracovní fyziologie, ale také pro zátěžové vyšetřování jedinců upoutaných na vozík, jako jsou např. kvadruplegici a paraplegici, osoby s amputacemi dolních končetin nebo jedinci postižení mozkovou obrnou apod. (Heller, Vodička, 2011).

Ergometrie horních končetin využívá v zásadě obdobných zátěžových protokolů, jako využívají zátěžové testy dolních končetin. Vzhledem k menšímu množství zapojeného svalstva, jeho nižší pracovní účinnosti a rychlejšímu nástupu únavy bývají zátěžové protokoly pro testování horních končetin, resp. jejich jednotlivé stupně kratší, než je tomu u protokolů pro práci dolních končetin (Heller, Vodička, 2011).

Je důležité, aby ergometry určené pro práci horních končetin umožňovaly individuální úpravu pro vyšetřované osoby různých tělesných dimenzí. V praxi se jedná např. o umožnění vhodného sedu vyšetřované osoby a opory jejích nohou. Střed otáčení ergometru by se měl výškově nacházet v úrovni ramenního kloubu a délka klik by měla umožňovat ergometru na jedné straně plnou či téměř plnou extenzi horní končetiny ve vzdálené poloze a přiměřenou flexi horní končetiny v blízké poloze. Dále by mělo uspořádání klik umožňovat jak testy asynchronní (střídavé), tak i synchronní (soupažné) práce. Otáčivé rukojeti klik bývají většinou umístěny klasicky ve vodorovné poloze, je však výhodné, pokud je možné rukojeti upravit do vertikální či šikmé polohy. Intenzita a doba trvání rozcvičovacího zatížení musí být volena tak, aby vedla ke vhodnému a dostatečnému zapracování a rozcvičení, nikoli však k únavě. Počátek maximálního stupňovaného zatížení bývá zpravidla nižší a přírůstky zatížení v jednotlivých stupních kolísají mezi 10 až 30 W. Většina studií zaměřujících se na ergometrii horních končetin využívala konstantních rychlostí otáčení. Vyšší rychlosti otáčení totiž mohou negativně ovlivnit ventilační odezvu na zatížení. Řada studií však potvrdila, že pro osoby specificky trénované na práci horních končetin nejsou testy s konstantní rychlostí otáčení vhodné. U trénovaných lze zaznamenat nejvyšší výkon i kardiopulsační odezvu při testech se spontánně volenými otáčkami. Proto se pro ergometrii horních končetin doporučují frekvenčně nezávislé ergometry (Heller, Vodička, 2011).

## 2. 5 Vybrané funkční ukazatele

Níže jsou popsány funkční ukazatele, vybrané pro sledování v našem výzkumu a dále také ukazatele, které s výzkumem souvisí.

### 2. 5. 1. Dýchací systém

#### Vitální kapacita (VC)

Vitální kapacita plic je součtem inspiračního a expiračního rezervního dechového objemu. Zjednodušeně je to tedy množství vzduchu vydechnutého maximálním výdechem po předchozím maximálním nádechu (Bartůňková, 2010). Bartůňková (2010) dále uvádí, že se hodnoty VC u trénovaných sportovců pohybují mezi 6,0 – 8,0 l. U trénovaných žen je tato hodnota mezi 4,0 - 4,5 l.

#### Maximální ventilace ( $V_{MAX}$ )

Je to množství vzduchu, které plíce prodýchají během maximálního výkonu za jednu minutu. Hodnota maximální ventilace odpovídá součinu dechového objemu a dechové frekvence. Její výsledná hodnota je také ovlivněna stavbou těla (Formánek, 2003).

#### Dechová frekvence (DF)

Dechová frekvence je ukazatel vyjadřující počet nádechů a výdechů za jednu minutu. Hodnota dechové frekvence je spjata s hodnotou tepové frekvence. Dechovou frekvenci však na rozdíl od tepové můžeme snadno ovlivnit. U běžné populace se hodnoty dechové frekvence v klidu pohybují od 14ti do 16ti dechů za minutu. Při těžké práci se DF pohybuje mezi 40-60 dechy za minutu. Trénovaní jedinci mají tyto hodnoty o něco nižší (Bartůňková, 2010).

#### Dechový objem ( $V_T$ )

Závisí na intenzitě zatížení a DF, čím vyšší jsou tyto hodnoty, tím vyšší je hodnota dechového objemu. Při zvýšení dechové frekvence se zvyšuje jen nepatrně. Dechový objem bývá nejčastěji vyjadřován svým podílem na vitální kapacitě plic - %VC. Klidové hodnoty  $V_T$  se pohybují mezi 0,5 a 0,6 l (30%VC). Hodnoty při těžké práci jsou 2,0 - 3,0 l (70%VC) (Havlíčková a kol., 2006).

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

$VO_{2max}$  můžeme vyjádřit v absolutních hodnotách ( $l \cdot min^{-1}$ ) a v přepočtu na aktivní tělesnou hmotnost ( $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1} \cdot 1ATH$ ) nebo v přepočtu na celkovou tělesnou hmotnost ( $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ ), (Formánek, 2003). U průměrné populace se hodnoty  $VO_{2max}$  pohybují u žen okolo  $35 \text{ ml/kg/min}$  a u mužů okolo  $45 \text{ ml/kg/min}$ . U trénovaných jedinců s převažujícím aerobním zatížením tréninku mohou maximální hodnoty dosahovat až  $80 \text{ ml/kg/min}$  (Dovalil a kol., 2012). Podle Kovářové (2010) Je  $VO_{2max}$  dědičně ovlivněná a u trénovaných sportovců jen omezeně ovlivnitelná. Slouží tedy hlavně k identifikaci předpokladů.

### **Aerobní práh (AP)**

Aerobní práh (AP) je intenzita o něco nižší, než je úroveň prahu anaerobního. Jedná se tedy o nejvyšší intenzitu, pohybující se stále v aerobním pásmu (Formánek, 2003). Podle Dovalila a kol. (2012) se jedná o intenzitu, při které se na energetickém krytí začínají podílet anaerobní procesy. Intenzita na úrovni aerobního prahu se u běžné populace pohybuje v rozmezí srdeční frekvence  $120 - 140$  tepů za minutu. U trénovaných sportovců to může být až  $160$  tepů. Spotřeba kyslíku se při intenzitě odpovídající AP pohybuje v rozmezí  $50 - 60\%$   $VO_{2max}$ . Koncentrace laktátu v krvi při této intenzitě nepřesahuje  $2 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ .

### **Anaerobní práh (ANP)**

ANP je předěl mezi převážně aerobním a aerobně-anaerobním energetickým krytím. Je to krátký úsek v průběhu vzrůstajícího zatížení. V tomto úseku začíná rapidně vzrůstat podíl anaerobního energetického krytí a s ním i kladina laktátu v krvi (Placheta, 1999).

Se zvýšením intenzity zatížení se zvyšuje i průběžná spotřeba kyslíku, a to až do maximální úrovně. Zároveň dochází v určitém momentu (aerobní práh) k aktivaci neoxidativních (anaerobních) procesů. Výrazný vzestup hladiny laktátu byl pozorován po dosažení hodnot  $4-5 \text{ mmol/l}$ . Každé další zatížení vede ke zvýšení acidózy vnitřního prostředí. Tato hranice vyjádřena příslušnou intenzitou byla definována jako anaerobní práh (Dovalil a kol, 2012).

Intenzita příslušná anaerobnímu prahu klade vysoké nároky na spotřebu kyslíku a proto má zásadní význam při stimulaci vytrvalostních schopností. ANP se v praxi stanovuje pomocí laboratorního zátěžového vyšetření se stupňovaným zatížením. Hodnota ANP se u netréovaných jedinců pohybuje v rozmezí  $50 - 70\%$   $VO_{2max}$ . U trénovaných jedinců mezi  $80 - 90\%$   $VO_{2max}$  i více. Dále lze jeho hodnotu odhadnout podle hodnoty maximální srdeční frekvence. V takovém případě se hodnota ANP pohybuje mezi  $85 - 90\%$  SF.

## **2. 5. 2 Srdečně-cévní systém**

### **Srdeční frekvence (SF)**

SF závisí na objemu krve a rychlosti krevního proudu. Zvyšuje se již v předstartovním období. V průběhu zatížení se zvyšuje přímo úměrně intenzitě až do dosažení určité hodnoty (Conconiho prahu). Tato hodnota odpovídá i ventilačně respiračním a metabolickým změnám a nazývá se anaerobní práh. Hodnota klidové tepové frekvence běžného člověka je cca 70 tepů za minutu. U trénovaných jedinců je tato hodnota nižší (Bartůňková, 2010).

### **Tepový kyslík (O<sub>2</sub>tep)**

Je množství kyslíku přemístěné na periferii jednou systolou. Vypočítává se ze spotřeby kyslíku a srdeční frekvence. V klidu se u trénovaných i netrénovaných jedinců se hodnoty tepového kyslíku pohybují kolem 5ml. Při zátěži mají netrénovaní jedinci hodnoty kolem 15ml, trénovaní pak přibližně dvakrát vyšší (Bartůňková, 2010).



## 2. 5. Rešerše literatury

Problematikou aerobní zátěžové diagnostiky ať už u rychlostní kanoistiky nebo ve vodním slalomu se zabývala řada českých i zahraničních českých autorů.

Larsson a kol. (2007) se zabýval účinností a celkovým přínosem tréninku na kajakářském ergometru pro výkon na kajaku v rychlostní kanoistice. V průběhu dvanácti měsíců využívání kajakářského ergometru jako tréninkového prostředku byl zjištěn významný nárůst hodnot maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ) u testovaného souboru kajakářů. Kajakářský ergometr byl tedy Larssonem a kol. (2007) vyhodnocen jako vhodný prostředek pro zvyšování výkonnosti a pro testování v rychlostní kanoistice.

Carrasco a kol. (2010) se zabýval porovnáním výsledků fyziologických ukazatelů, získaných při zátěžovém testu na kajakářském ergometru s výsledky získanými při stejném testu na vodě. Provedl dva testy na ergometru a jeden na vodě s postupným zvyšováním zátěže. Během testování byly sledovány tyto ukazatele – srdeční tep, koncentrace kyseliny mléčné v krvi, hodnota anaerobního prahu, frekvence záběrů a rychlost. Vzhledem k nevýznamným rozdílům mezi výslednými hodnotami ukazatelů získanými při laboratorním a terénním testování došel Carrasco a kol (2010) k závěru, že kajakářský ergometr vhodným prostředkem ke stanovení hodnoty anaerobního prahu i dalších výše uvedených fyziologických i technických ukazatelů.

Štěrba (2012) prováděl v rámci své diplomové práce měření u šesti českých elitních rychlostních kajakářů na trati 1000 metrů. Tito kajakáři v průměru dosahovali maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ )  $66,60 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ , maximální tepové 23 frekvence (TF)  $183 \text{ tepů/min}^{-1}$ , a koncentrace laktátu (LA)  $10,27 \text{ mmol.l}^{-1}$ .

Busta (2013) provedl u osmi českých elitních kajakářů (vodních slalomářů) test aerobní zátěžové diagnostiky prováděné na kajaku v bazénu s protiproudem. Tento test následně provedl i v laboratorních podmínkách pomocí klikové ergometrie horních končetin a oba tyto testy následně porovnal. Přestože byla u 4 z 5 vybraných funkčních ukazatelů potvrzena střední až vysoká míra závislosti, činil celkový procentuální rozdíl naměřených hodnot 31,13%.

Busta (2015) porovnával výsledky aerobní zátěžové diagnostiky u šesti českých elitních kajakářů (vodních slalomářů) prováděné v terénu na klidné vodě s výsledky totožného vyšetření prováděného laboratorně pomocí klikové ergometrie horních končetin. Průměrné hodnoty vybraných funkčních ukazatelů získané při obou testech se od sebe lišily 4,43%. Korelační analýza prokázala statisticky významný vztah u pěti ze šesti vybraných funkčních ukazatelů.

Říha (2015) porovnával výsledky aerobní zátěžové diagnostiky u pěti českých elitních kanoistů (vodních slalomářů) prováděné v terénu na klidné vodě s výsledky totožného vyšetření prováděného laboratorně pomocí klikové ergometrie horních končetin. Průměrné hodnoty vybraných funkčních ukazatelů získané při obou testech se od sebe lišily 9,39%. Korelační analýza prokázala statisticky významný vztah u tří ze šesti vybraných funkčních ukazatelů.

Paquette a Billaut (2017) se ve své studii zaměřovali na zjištění vztahu mezi svalovou saturací vybraných svalů, maximálním srdečním výdejem a hodnotami  $VO_{2max}$  získanými během testu  $VO_{2max}$  provedeném na kajakářském a kanoistickém ergometru a výkony při terénním testování na vodě, které proběhly na 200, 500 a 1000 metrové trati. Výzkumný soubor činilo 21 vysoce trénovaných rychlostních kanoistů a kajakářů (8 kajakářů, 4 kanoisté, 4 kajakářky a 5 kanoistek). Výsledky práce naznačují, že výkon při terénním testu na 200m koreluje s mírou saturace svalů latisimus dorsi a vastus lateralis. Výkony při terénních testech na 500 a 1000m korelují s mírou saturace svalu biceps brachii a hodnotami  $VO_{2max}$ . Hodnoty maximálního srdečního výdeje nekorelovaly s výkony v žádném z terénních testů.

# 3 Cíl práce a hypotézy

## 3. 1 Cíl práce

Zjistit vztah mezi vybranými funkčními ukazateli aerobní zátěžové diagnostiky při pádlování na kanoi na klidné vodě a při klikové ergometrii horních končetin u rychlostních kanoistů.

## 3. 2 Hypotézy

H1 - předpokládáme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H2 - předpokládáme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami srdeční frekvence (SF) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H3 - předpokládáme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami dechové frekvence (DF) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H4 - předpokládáme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami plicní ventilace ( $V_{max}$ ) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H5 - předpokládáme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami dechového objemu ( $V_T$ ) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H6 - předpokládáme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami tepového kyslíku ( $O_{2tep}$ ) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H7 - předpokládáme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami krevního laktátu (LA) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

## 4 Metodika práce

Studie je koncipována jako empiricko-teoretická práce.

### 4. 1 Popis výzkumného souboru

Pro výzkum bylo osloveno šest rychlostních kanoistů, kteří v daném nebo v některém z předešlých let reprezentovali Českou Republiku na kanoi. Věk probandů se pohyboval v rozmezí od 20 do 25 let. Jejich tělesná hmotnost od 66 do 100 kg a tělesná výška od 177 do 190 cm.

Respondent	1	2	3	4	5	6	Průměr	SD
Věk/R	22,00	20,00	22,00	25,00	20,00	21,00	21,7	±1,70
Hmotnost/Kg	100,00	81,00	66,00	99,00	76,00	82,00	84,00	±12,12
Výška/Cm	186,00	187,00	177,00	190,00	183,00	179,00	183,7	±4,53

*Tabulka č. 2 Popis výzkumného souboru*

### 4. 2 Organizace výzkumu

Testy byly z důvodu regenerace provedeny ve dvou různých dnech. Terénní testování bylo provedeno 14. 12. 2015 u loděnice ČVUT v Malé Chuchli. Laboratorní testy byly potom provedeny 16. 12. 2015 v biomedicínské laboratoři UK FTVS.

## 4. 3 Metody využití při testování

### 4. 3. 1 Vážení

Každý z respondentů byl před začátkem testování zvážen a udal datum svého narození.

### 4. 3. 2 Terénní testování

Terénní testování proběhlo u loděnice ČVUT v Malé Chuchli. Všechna měření při testování byla uskutečněna ve spolupráci s odbornou pracovnící UK FTVS laboratoře sportovní motoriky. Pro testování byl jako předloha využit zátěžový protokol Magistra Busty (Busta 2015). Intenzita zatížení byla dána rychlostí kanoisty. Rychlost odpovídající jednotlivým stupňům intenzity byla procentuálně stanovena z individuální maximální rychlosti každého kanoisty. Pro zjištění maximální rychlosti absolvoval každý respondent po rozcvičení a dostatečném rozpádlování 100m dlouhý úsek. Při tomto krátkém úseku se snažil dosáhnout co nejvyšší možné rychlosti, z níž mu poté byly vypočítány hodnoty jednotlivých stupňů intenzity pro samotný test. Pro měření rychlosti byl použit americký přístroj Speed Coach GPS (Nielsen - Kellerman, 2015). Ten byl vždy připevněn k lodi tak, aby na něj kanoista dobře viděl a mohl z něj jak při prvním úseku odečíst svou maximální rychlost, tak i v samotném průběhu testu sledovat svou aktuální rychlost.



Obrázek č. 2 - SpeedCoach GPS

Poté byl na břehu kanoista pracovnící laboratoře sportovní motoriky připojen na přenosný metabolický analyzátor Metamax 3B Německé firmy Cortex. Metamax 3B je přístroj pro měření funkčních hodnot fyziologických ukazatelů s možností bezdrátového přenosu dat až na vzdálenost jednoho kilometru. (Cortex-medical 2017). Protože jsme předpokládali, že kanoisté budou během šestiminutového testu muset překonat vzdálenost delší než jeden kilometr, umístili jsme stanoviště pro sběr dat přibližně do poloviny úseku, ve kterém byl následně zátěžový test vykonáván.



*Obrázek č. 3 - Cortex Metamax 3B*

Pro snímání tepové frekvence byl použit sporttester RS800 firmy Polar. Ten umožňuje měření tepu s přesností EKG pomocí bezdrátového přenosu dat mezi "vysílačem" a "hodinkami" a vyhodnocení křivky TF v příslušném počítačovém programu Polar SW Protrainer. Také, díky vysoké kapacitě paměti, umožňuje tento přístroj nastavit ukládací intervaly již po jedné vteřině (Polar, 2017).



*Obrázek č. 4 - Polar RS800*

Samotný průběh celého testování:

- Každý proband se před testem individuálně rozcvičil a rozpádlouval tak, aby byl schopen podat co nejlepší výkon.
- Na kánoji testovaného respondenta bylo umístěno zařízení Speed Coach GPS tak, aby na něj kanoista dobře viděl a mohl z něj bezpečně odečíst svou maximální rychlost. Maximální rychlost jízdy byla změřena na stometrovém úseku.
- Z maximální naměřené rychlosti byly vždy procentuálně vypočítány jednotlivé rychlosti k daným zátěžovým stupňům.

Respondent	Maximální rychlost/km	50% rychlosti/km	60% rychlosti/km	70% rychlosti/km	80% rychlosti/km	90% rychlosti/km
1	15,8	7,9	9,48	11,06	12,64	14,22
2	15,7	7,85	9,42	10,99	12,56	14,13
3	15,26	7,63	9,16	10,68	12,21	13,73
4	16,2	8,1	9,72	11,34	12,96	14,58
5	16,6	8,3	9,96	11,62	13,28	14,94
6	16,1	8,05	9,66	11,27	12,88	14,49

*Tabulka č. 3 Rychlostní stupně*

- Kanoistovi byl na tělo umístěn přístroj pro snímání tepové frekvence Polar RS800 a spiroergometrické zařízení Cortex Metamax 3B.
- Obě zařízení byla zapnuta současně a čas startu byl přesně stanoven, abychom byli schopni přiřadit jednotlivé hodnoty k daným zátěžovým stupňům.



Obrázek č. 5 - Umístění zařízení pro sběr dat

- Měřená minuta klidu.
- 2 minuty zatížení v rychlosti na úrovni prvního zátěžového stupně.
- Měřená minuta klidu.
- Stupňovaný test do „vita maxima“. Při samotném testu, který začínal 50% rychlostí jízdy, byla s každou minutou rychlost zvýšena o 10%. Znamená to, že kanoista jel po startu jednu minutu 50% rychlostí, druhou minutu 60% rychlostí, třetí minutu 70% rychlostí, čtvrtou minutu 80% rychlostí, pátou minutu 90% rychlostí a šestou minutu maximální možnou rychlostí.

Zátěžový stupeň	Časové rozmezí v průběhu testování	Procento maximálního zatížení (rychlosti)
1.	0' - 1'	50%
2.	1' - 2'	60%
3.	2' - 3'	70%
4.	3' - 4'	80%
5.	4' - 5'	90%
6.	5' - 6'	Maximální volní úsilí

Tabulka č. 4 - Časové rozmezí jednotlivých rychlostních stupňů



Kanoista měl na zařízení Polar RS800 nastaven minutový interval, který mu dával zvukový signál pro změnu zátěžového stupně. Na změnu rychlostního stupně byl dále upozorňován hlasem osoby doprovázející ho na kole po břehu řeky. Ta vždy před změnou zátěžového stupně ohlásila hodnotu rychlosti dalšího stupně.



*Obrázek č. 6 - Kanoista v průběhu testu*

- Po částečném zklidnění byl proband přivolán ke stanovišti pro sběr dat, kde mu byl přesně tři minuty po dokončení testu odebrán krevní laktát.
- Sejmutí přístrojů a jejich následná hygienická úprava.
- Závěrečné vypádlování.

### **4. 3. 3 Laboratorní testování**

Laboratorní testování se uskutečnilo ve výzkumné laboratoři University Karlovy, na fakultě tělesné výchovy a sportu. Respondenti byli testováni na klikovém ergometru KEF-12 II firmy Medicor. Přesnost nastavení výkonu tohoto ergometru je cca 3% tolerance. Ke sběru dat byly použity totožné přístroje jako při terénním testování (Cortex Metamax 3B a Polar RS800).

Samotný průběh celého testování:

- Individuální rozcvičení respondenta.
- Přizpůsobení ergometru rozměrům respondenta.
- Přibližně třímínutové rozjetí na klikovém ergometru na zapracování.
- Kanoistovi byl na tělo umístěn přístroj pro snímání tepové frekvence Polar RS800 a spiroergometrické zařízení Cortex Metamax 3B.
- Měřená minuta klidu.
- Dvě minuty jízdy v nízké intenzitě (120 - 140W).
- Měřená minuta klidu.
- Stupňovaný test do „vita maxima“. Test začínal na intenzitě 160W. S každou minutou se intenzita zvýšila o 20W. Kanoista udržoval daný výkon podle ukazatele umístěného přímo před jeho očima.



*Obrázek č. 7 - Test klikové ergometrie*

- 3 minuty po ukončení testu byl kanoistovi odebrán krevní laktát.
- Sejmутí přístrojů a jejich následná hygienická úprava.
- Volné vyjetí na rotopedu.

## 4. 4 Sběr dat

Ke sběru dat byly využity kalibrované přístroje (viz kapitola 4.). Získaná data byla následně zpracována do přehledných protokolů.

## 4. 5 Analýza dat

Pro analýzu získaných dat byly využity vybrané statistické metody. K určení vztahu mezi hodnotami naměřenými v terénním a laboratorním testu byla využita korelační analýza a popisné statistiky.

### 4. 5. 1 Aritmetický průměr a směrodatná odchylka

Podle Hendla (2009) je aritmetický průměr optimální charakteristikou typické hodnoty množiny dat a dále ho definuje jako součet všech naměřených hodnot vydělený jejich počtem. Průměr patří k nejpoužívanějším statistickým pojmům. Jeho hodnota však může být silně ovlivněna odlehlými hodnotami. Proto se s ním často udává směrodatná odchylka. Ta měří rozptýlenost kolem průměru.

### 4. 5. 2 Korelace

V obecném smyslu označuje slovo „korelace“ jako stupeň asociace dvou proměnných. O těchto proměnných můžeme tvrdit, že jsou korelované (resp. asociované), pokud mají určité hodnoty jedné proměnné tendenci vyskytovat se 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, že pokud je hodnota koeficientu nižší než  $|0,3|$ , tak je závislost proměnných malá. Je-li hodnota koeficientu vyšší než  $|0,7|$ , je závislost proměnných velká. Pokud se tato hodnota nalézá v rozmezí od  $-0,3$  do  $-0,7$  nebo od  $0,3$  do  $0,7$ , pak se jedná o středně silnou závislost daných proměnných (Hendl, 2009).

### 4. 5. 3 Pearsonův korelační koeficient

Podle Hendla (2009) zůstává Pearsonův korelační koeficient nejdůležitější mírou síly vztahu mezi dvěma náhodnými spojitými proměnnými X a Y. Počítáme ho z  $n$  párových hodnot naměřených na  $n$  jednotkách (Hendl 2009). Z důvodu nízkého počtu probandů ( $n = 5$ ), jsme stanovili hodnotu korelačního koeficientu ( $r > 0,7$ ).

## 5 Výsledky

### 5.1 Výsledky terénního zátěžového testu

Respondent		1	2	3	4	5	6	Průměr (SD)
Vstupní údaje	Věk	22,0	20,0	22,0	25,0	20,0	21,0	21,7 (±1,70)
	Hmotnost (kg)	100,0	81,0	66,0	99,0	76,0	82,0	84 (±12,12)
	Výška (cm)	186,0	187,0	177,0	190,0	183,0	179,0	184 (±4,53)
Hodnoty vybraných funkčních ukazatelů	VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )	4,62	4,00	3,83	4,81	3,47	4,21	4,16 (±0,46)
	VO <sub>2max</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> )	46,17	49,00	58,0	49,00	46,00	51,00	49,9 (±4,03)
	O <sub>2</sub> tep (ml)	23,72	22,86	20,16	26,43	18,26	22,28	22,3 (±2,59)
	DF (min <sup>-1</sup> )	62,47	61,00	57,00	59,00	54,00	56,00	58,2 (±2,91)
	SF (min <sup>-1</sup> )	194,6	175,0	190,0	182,0	190,0	189,0	187 (±6,43)
	RER	1,42	1,26	1,41	1,38	1,24	1,27	1,33 (±0,07)
	V <sub>T</sub> (l. dech <sup>-1</sup> )	3,05	2,77	2,41	3,34	2,10	2,52	2,7 (±0,41)
	V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )	190,7	168,4	138,0	197,3	112,8	140,0	158 (±30,25)
	LA (mmol/l)	8,00	8,10	8,60	11,30	11,60	9,10	9,45 (±1,46)

Tabulka č. 5 Výsledky terénního testu

Komentář: Průměrná hodnota spotřeby kyslíku (VO<sub>2max</sub>) byla při terénním testu 49,86 ml.kg.min<sup>-1</sup>, (SD ±4,03). Nejvyšší spotřeby kyslíku (VO<sub>2max</sub>) - 58,00 ml.kg.min<sup>-1</sup> dosáhl respondent č. 3. Průměrná hodnota koncentrace laktátu v krvi (LA) činila 9,45 mmol/l, (SD ±1,46). Nejvyšší koncentrace laktátu v krvi - 11,6 mmol/l dosáhl respondent č.5. A nejvyšší srdeční frekvence (SF) - 194,60 min<sup>-1</sup> dosáhl respondent č. 1. Průměrná hodnota tohoto ukazatele byla 186,77 min<sup>-1</sup>, (SD ±6,43).

## 5. 2 Výsledky laboratorního zátěžového testu

Respondent		1	2	3	4	5	6	Průměr (SD)
Vstupní údaje	Věk	22,0	20,0	22,0	25,0	20,0	21,0	21,7 (±1,70)
	Hmotnost (kg)	100,0	81,0	66,0	99,0	76,0	82,0	84 (±12,12)
	Výška (cm)	186,0	187,0	177,0	190,0	183,0	179,0	184 (±4,53)
Hodnoty vybraných funkčních ukazatelů	VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )	4,38	3,85	4,09	5,13	3,48	4,29	4,20 (±0,51)
	VO <sub>2max</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> )	44,00	48,00	62,00	52,00	46,00	52,00	50,8 (±5,85)
	O <sub>2</sub> tep (ml)	23,17	20,48	21,87	27,00	18,91	22,94	22,4 (±2,52)
	DF (min <sup>-1</sup> )	45,00	87,00	56,00	51,00	55,00	71,00	60,8 (±14,10)
	SF (min <sup>-1</sup> )	189,0	188,0	187,0	190,0	184,0	187,0	188 (±1,89)
	RER	1,25	1,28	1,19	1,16	1,14	1,24	1,21 (±0,05)
	V <sub>T</sub> (l. dech <sup>-1</sup> )	3,76	2,13	2,58	3,52	2,28	2,42	2,8 (±0,63)
	V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )	170,0	185,8	144,7	178,8	126,3	171,7	163 (±20,72)
LA (mmol/l)	10,80	11,20	10,40	12,20	9,80	15,00	11,57 (±1,70)	

Tabulka č. 6 Výsledky laboratorního testu

Komentář: Průměrná hodnota spotřeby kyslíku (VO<sub>2max</sub>) byla při laboratorním testu 50,67 ml.kg.min<sup>-1</sup>, (SD ±4,03). Nejvyšší spotřeby kyslíku (VO<sub>2max</sub>) - 62,00 ml.kg.min<sup>-1</sup> dosáhl respondent č. 3. Průměrná hodnota koncentrace laktátu v krvi (LA) činila 11,57 mmol/l (SD ±4,03). Nejvyšší koncentrace laktátu v krvi - 15,00 mmol/l dosáhl respondent č.6. A nejvyšší srdeční frekvence (SF) - 190,00 min<sup>-1</sup> dosáhl respondent č. 4. Průměrná hodnota tohoto ukazatele byla 187,5 min<sup>-1</sup>, (SD ±4,03).

### 5. 3 Porovnání výsledků zátěžových testů

Respondent	1	2	3	4	5	6	Průměr (SD)
Věk	22,0	20,0	22,0	25,0	20,0	21,0	21,7 (±1,70)
Hmotnost (kg)	100,0	81,0	66,0	99,0	76,0	82,0	84 (±12,12)
Výška (cm)	186,0	187,0	177,0	190,0	183,0	179,0	184 (±4,53)
Porovnávané funkční ukazatele	Průměrné výsledné hodnoty terénního testu (SD)		Průměrné výsledné hodnoty laboratorního testu (SD)		Rozdíl průměrných výsledných hodnot obou testů v procentech		
VO <sub>2</sub> (l.min <sup>-1</sup> )	4,16 (±0,46)		4,20 (±0,51)		1,12%		
VO <sub>2max</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> )	49,9 (±4,03)		50,8 (±5,85)		1,59%		
O <sub>2</sub> tep (ml)	22,3 (±2,59)		22,4 (±2,52)		0,50%		
DF (min <sup>-1</sup> )	58,2 (±2,91)		60,8 (±14,10)		4,25%		
SF (min <sup>-1</sup> )	187 (±6,43)		188 (±1,89)		0,39%		
RER	1,33 (±0,07)		1,21 (±0,05)		8,99%		
V <sub>T</sub> (l. dech <sup>-1</sup> )	2,7 (±0,41)		2,8 (±0,63)		2,98%		
V <sub>MAX</sub> (l.min <sup>-1</sup> )	158 (±30,25)		163 (±20,72)		3,08%		
LA (mmol/l)	9,45 (±1,46)		11,57 (±1,70)		18,25%		

Tabulka č. 7 Porovnání průměrných výsledných hodnot

Komentář: Průměrné výsledné hodnoty obou zátěžových testů se lišily v rozmezí od 0,39% do 18,25%. Nejmenší rozdíl (0,39%) byl mezi průměrnými výslednými hodnotami SF (min<sup>-1</sup>) a největší rozdíl (18,25%), byl mezi průměrnými výslednými hodnotami LA (mmol/l).

## 5. 4 Korelační analýza výsledků zátěžových testů

Porovnávaný parametr	Jednotky	1	2	3	4	5	6	Pearsonův koeficient (r)
VO <sub>2</sub> max (V)	ml.kg.min <sup>-1</sup>	46,17	49,00	58,00	49,00	46,00	51,00	0,97
VO <sub>2</sub> max (K)	ml.kg.min <sup>-1</sup>	44,00	48,00	62,00	52,00	46,00	52,00	
O <sub>2</sub> tep (V)	ml	23,72	22,86	20,16	26,43	18,26	22,28	0,87
O <sub>2</sub> tep (K)	ml	23,17	20,48	21,87	27,00	18,91	22,94	
DF (V)	dech.min <sup>-1</sup>	62,47	61,00	57,00	59,00	54,00	56,00	0,02
DF (K)	dech.min <sup>-1</sup>	45,00	87,00	56,00	51,00	55,00	71,00	
SF (V)	tep.min <sup>-1</sup>	194,6	175,0	190,0	182,0	190,0	189,0	-0,28
SF (K)	tep.min <sup>-1</sup>	189,0	188,0	187,0	190,0	184,0	187,0	
RER (V)		1,42	1,26	1,41	1,38	1,24	1,27	-0,05
RER (K)		1,25	1,28	1,19	1,16	1,14	1,24	
V <sub>T</sub> (V)	l. dech <sup>-1</sup>	3,05	2,77	2,41	3,34	2,10	2,52	0,78
V <sub>T</sub> (K)	l. dech <sup>-1</sup>	3,76	2,13	2,58	3,52	2,28	2,42	
V <sub>MAX</sub> (V)	l.min <sup>-1</sup>	190,7	168,4	138,0	197,3	112,8	140,0	0,79
V <sub>MAX</sub> (K)	l.min <sup>-1</sup>	170,0	185,8	144,7	178,8	126,3	171,7	
LA (V)	mmol/l	8,00	8,10	8,60	11,30	11,60	9,10	-0,08
LA (K)	mmol/l	10,80	11,20	10,40	12,20	9,80	15,00	

Tabulka č. 8 Korelační analýza naměřených hodnot

Poznámka: (V) = terénní test; (K) = kliková ergometrie

Komentář: Závislost jednotlivých funkčních ukazatelů byla určena podle Pearsonova korelačního koeficientu. Byla zjištěna vysoká míra závislosti u čtyř z osmi vybraných funkčních ukazatelů. V<sub>MAX</sub> (r = 0,79), V<sub>T</sub> (r = 0,78), O<sub>2</sub>tep (r = 0,87), VO<sub>2</sub>max (r = 0,97). U zbylých čtyř ukazatelů se prokázala pouze nízká úroveň závislosti.

## 5. 6 Výsledky a hypotézy

Hodnoty získané při vyšetřeních potvrdily 4 ze 7 námi stanovených hypotéz.

H1 - předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H1 byla potvrzena, z důvodu prokázání statisticky významného vztahu ( $r = 0,97$ ) mezi hodnotami maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ).

H2 - předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami srdeční frekvence (SF) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H2 nebyla potvrzena, z důvodu neprokázání statisticky významného vztahu ( $r = -0,28$ ) mezi hodnotami srdeční frekvence (SF).

H3 - předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami dechové frekvence (DF) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H3 nebyla potvrzena, z důvodu neprokázání statisticky významného vztahu ( $r = -0,02$ ) mezi hodnotami dechové frekvence (DF).

H4 - předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r = \geq 0,7$ ) mezi hodnotami plicní ventilace ( $V_{max}$ ) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H4 byla potvrzena, z důvodu prokázání statisticky významného vztahu ( $r = 0,79$ ) mezi hodnotami plicní ventilace ( $V_{max}$ ).

H5 - předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami dechového objemu (VT) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H5 byla potvrzena, z důvodu prokázání statisticky významného vztahu ( $r = 0,78$ ) mezi hodnotami dechového objemu (VT).



H6 - předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami tepového kyslíku ( $O_2\text{tep}$ ) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H6 byla potvrzena, z důvodu prokázání statisticky významného vztahu ( $r = 0,87$ ) mezi hodnotami tepového kyslíku ( $O_2\text{tep}$ ).

H7 - předpokládali jsme statisticky významný vztah ( $r > 0,7$ ) mezi hodnotami krevního laktátu (LA) naměřenými při terénním testu a hodnotami naměřenými při testu laboratorním.

H7 nebyla potvrzena, z důvodu neprokázání statisticky významného vztahu ( $r = -0,08$ ) mezi hodnotami krevního laktátu (LA).

## 6 Diskuse

### 6. 1 Porovnání výsledků zátěžových testů

Rozdíly průměrných výsledných hodnot vybraných funkčních ukazatelů obou zátěžových testů se pohybovaly v rozmezí 0,39 - 18,25%. Nejmenší rozdíl (0,39%) byl zjištěn u hodnot srdeční frekvence. Důvodem tohoto minimálního rozdílu je pravděpodobně jako i u hodnot maximální spotřeby kyslíku (1,59%) a tepového kyslíku (0,50%) maximální úsilí kanoistů při obou měřeních. S aspektem maximálního úsilí pravděpodobně souvisí i nízká hodnota rozdílu u dechového objemu (2,98%) a minutové plicní ventilace (3,08%). Všechny z těchto hodnot byly v průměru vyšší při laboratorním testu, než při testu terénním. Největší rozdíl (18,25%) byl zjištěn u hodnot krevního laktátu. Domníváme se, že jedním z důvodů tohoto rozdílu by mohl být rozdíl v technické náročnosti pohybu při obou vyšetřeních. Jízda na rychlostní kanoi oproti klikové ergometrii, klade velké nároky na stabilitu a specifické dovednosti jako je například řízení lodi. Zvýšení koncentrace laktátu v krvi sebou totiž přináší zhoršení kontraktility svalstva a s ním i zhoršení svalové motoriky a koordinace pohybů. Vyšší zakyselení organismu při jízdě na lodi by výrazně ovlivnilo techniku pádlování. Další možnou příčinu vidíme v rozdílu teplot okolního prostředí při provádění obou testů. Vzhledem k nízké teplotě vzduchu a vody při terénním testování pravděpodobně došlo u testovaných kanoistů k vazokonstrikci cév, která zapříčinila zkreslení hodnot krevního laktátu. Vzhledem k těmto okolnostem nebyla hodnota procentuálního rozdílu průměrných hodnot krevního laktátu započtena do hodnoty celkového průměrného rozdílu naměřených hodnot. Tento rozdíl tedy ve výsledku činil 2,86%.

Korelační analýza prokázala statisticky významný vztah ( $r \geq 0,7$ ) u hodnot tepového kyslíku ( $r = 0,87$ ), maximální spotřeby kyslíku ( $r = 0,97$ ), dechového objemu ( $r = 0,78$ ) a plicní ventilace ( $r = 0,79$ ). U dechové frekvence ( $r = -0,02$ ), srdeční frekvence ( $r = -0,28$ ) a krevního laktátu ( $r = -0,08$ ) nebyl statisticky významný vztah prokázán. Domníváme se, že příčinou nízké závislosti u dechové frekvence by mohla být rozdílná frekvence pohybů vykonávaných u obou zátěžových testů. Při pádlování na kanoi dochází k nádechu v přenosové fázi záběru a k výdechu v závěru fáze tažné. Dechová frekvence je tedy závislá na frekvenci pádlování. Naproti tomu kliková ergometrie vzhledem k mnohem frekvenčnějšímu charakteru pohybu nedovoluje tak snadnou rytmizaci dýchání.

## 6. 2 Porovnání práce se současným stavem bádání

V současné době si nejsme vědomi, že by někdo provedl podobný výzkum, který by se zabýval porovnáním laboratorních a terénních aerobních zátěžových testů v rychlostní kanoistice u kategorie C1. Porovnali jsme tedy výsledky práce se studii zabývajícími se podobnou problematikou.

Říha (2016) porovnával výsledky zátěžových testů u 5 českých elitních závodníků kategorie C1 ve vodním slalomu podle stejného zátěžového protokolu a zaznamenal statisticky významný vztah ( $r = \geq 0,7$ ) u hodnot dechové frekvence ( $r = 0,761$ ), minutové plicní ventilace ( $r = 0,903$ ) a tepového kyslíku ( $r = 0,921$ ). U zbylých funkčních ukazatelů (SF,  $VO_{2max}$  a  $V_T$ ) nebyla silná závislost potvrzena. Výsledky obou testů se lišily v průměru o 9,39%. Při jízdě na kanoi dosahovali kanoisté průměrných hodnot srdeční frekvence (SF) 171,20 tepů za minutu, maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ) 45,20 ml.kg.min<sup>-1</sup>, tepového kyslíku ( $O_{2tep}$ ) 21,28 ml, dechové frekvence (DF) 68,17 dechů za minutu, maximální plicní ventilace ( $V_{MAX}$ ) 143,38 l.min<sup>-1</sup> a dechového objemu ( $V_T$ ) 2,44 litru. U testu na klikovém ergometru kanoisté dosahovali průměrných hodnot srdeční frekvence (SF) 184 tepů za minutu, maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ) 53 ml.kg.min<sup>-1</sup>, tepového kyslíku ( $O_{2tep}$ ) 23,09 ml, dechové frekvence (DF) 58,60 dechů za minutu, maximální plicní ventilace ( $V_{MAX}$ ) 151,96 l.min<sup>-1</sup> a dechového objemu ( $V_T$ ) 2,63 litru.

V porovnání s výsledky této studie dosahovali námi testovaní kanoisté při terénním testu vyšších hodnot než testovaní vodní slalomáři. Důvodem je podle nás fakt, že jsou rychlostní kanoisté více zvyklí na přímou jízdu na klidné vodě, neabsolvovali při testu žádné změny směru a vzhledem k technickým odlišnostem pohybu je při jízdě použité vybavení méně omezovalo. Výjimkou byly hodnoty dechové frekvence. Důvod tohoto rozdílu spojujeme s rozdílem ve frekvenci pádlování, která je z důvodu délky záběru u rychlostních kanoistů nižší. Při laboratorním testu na klikovém ergometru dosahovali námi testovaní kanoisté podobných průměrných výsledků jako vodní slalomáři testovaní Říhou (2016).

Další podobný výzkum provedl Busta (2015). Ten porovnával výsledky zátěžových testů u 6 českých elitních závodníků kategorie K1 ve vodním slalomu podle stejného zátěžového protokolu a zaznamenal statisticky významný vztah ( $r = \geq 0,8$ ) u hodnot srdeční frekvence ( $r = 0,973$ ), dechového objemu ( $r = 0,880$ ), maximální spotřeby kyslíku ( $r = 0,887$ ), minutové plicní ventilace ( $r = 0,807$ ) a tepového kyslíku ( $r = 0,880$ ). U hodnot srdeční frekvence nebyl statisticky významný vztah prokázán. Výsledky zátěžových testů se lišily pouze o 4,43%. Při jízdě na kajaku dosahovali kajakáři průměrných hodnot maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ )  $56 \text{ ml.kg}^{-1}$ , srdeční frekvence (SF) 188,5 tepů za minutu, dechové frekvence (DF) 52,38 dechů za minutu, maximální plicní ventilace ( $V_{MAX}$ )  $127,31 \text{ l.min}^{-1}$ , tepového kyslíku ( $O_{2tep}$ ) 21,83 ml a dechového objemu ( $V_T$ ) 2,44 l. U testu na klikovém ergometru kanoisté dosahovali průměrných hodnot maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ )  $56 \text{ ml.kg}^{-1}$ , srdeční frekvence (SF) 190 tepů za minutu, dechové frekvence (DF) 62,7 dechů za minutu, maximální plicní ventilace ( $V_{MAX}$ )  $152,12 \text{ l.min}^{-1}$ , tepového kyslíku ( $O_{2tep}$ ) 22 ml a dechového objemu ( $V_T$ ) 2,44 l.

V porovnání s touto studií dosahovali námi testovaní při terénním testu vyšších hodnot u všech vybraných funkčních ukazatelů kromě maximální spotřeby kyslíku a srdeční frekvence. Při laboratorním testu dosahovali rychlostní kanoisté a vodní slalomáři podobných hodnot. Výjimkou byla pouze maximální spotřeba kyslíku, u které vodní slalomáři dosahovali v průměru o  $5,33 \text{ ml.kg}^{-1}$  vyšších hodnot než námi testovaní rychlostní kanoisté.

Štěrba (2012) provedl měření vybraných funkčních ukazatelů 6 českých elitních rychlostních kajakářů. Testovaní kajakáři dosahovali při zátěžových testech prováděných na kajakářském ergometru průměrných hodnot maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ )  $66,60 \text{ ml.kg.min}^{-1}$  a srdeční frekvence (SF) 183 tepů za minutu.

Testovaní rychlostní kajakáři dosahovali v průměru o  $7,97 \text{ ml.kg}^{-1}$  vyšších hodnot než námi testovaní rychlostní kanoisté.

## 6. 3 Vymezení významu práce a její omezení

Výzkum proběhl v prosinci roku 2015. Termín testování byl zvolen záměrně. V říjnu totiž začíná přípravné období nového ročního tréninkového cyklu. Tím pádem, byli oslovení kanoisté ochotni podstoupit obě vyšetření v předem dohodnuté dny bez obav z narušení jejich přípravy.

Výzkumný soubor byl tvořen šesti českými rychlostními kanoisty, kteří v roce konání výzkumu nebo v předešlých letech reprezentovali Českou Republiku na mezinárodních soutěžích a mají tedy zkušenost s vrcholovým tréninkem. Oslovených kanoistů bylo původně sedm. Jeden z nich se však ze zdravotních důvodů omluvil. Hlavní omezení výzkumu vidíme především v nízkém počtu testovaných kanoistů a v rozdílnosti teploty okolního prostředí při každém z testů. Pro další výzkum doporučujeme zrealizovat na klikovém ergometru test se synchronním charakterem pohybu. A to z důvodu, že by se frekvence otáčení klikami ergometru více blížila frekvenci pádlování na rychlostní kanoi. Vzhledem k faktu, že jsme nenalezli žádnou jinou práci zabývající se vztahem laboratorní a terénní zátěžové diagnostiky u rychlostních kanoistů doufáme, že bude tato práce i přes nízký počet probandů přínosem. A to hlavně z důvodu, že znalost hodnot funkčních ukazatelů významně přispívá k určení intenzity tréninku zaměřeného na rozvoj daného metabolického krytí.

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo určit vztah mezi výsledky aerobního zátěžového vyšetření šesti rychlostních kanoistů testovaných přímo na kanoi a na klikovém ergometru. Celkový průměrný rozdíl mezi hodnotami naměřenými při terénním a laboratorním testu činil 2,86%. Statisticky významný vztah ( $r = \geq 0,7$ ) byl potvrzen u čtyř ze sedmi vybraných funkčních ukazatelů: tepového kyslíku ( $r = 0,87$ ), maximální spotřeby kyslíku ( $r = 0,97$ ), dechového objemu ( $r = 0,76$ ) a plicní ventilace ( $r = 0,79$ ), U dechové frekvence ( $r = -0,02$ ), krevního laktátu ( $r = -0,08$ ) a srdeční frekvence ( $r = -0,28$ ) nebyl statisticky významný vztah prokázán. Práce poukazuje na některé z odlišností nacházející se mezi oběma provedenými testy. Znalost hodnot funkčních ukazatelů významně přispívá k určení intenzity tréninku zaměřeného na rozvoj daného metabolického krytí. Vztah mezi hodnotami získanými testováním daného souboru mohou nepochybně pomoci při tréninku speciálních vytrvalostních schopností a vyhodnocení jeho efektu.

# Seznam použité literatury

1. ACKLAND, TR, KB ONG, DA KERR a B RIDGE. Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *JOURNAL OF SCIENCE AND MEDICINE IN SPORT* [online]. 2003, **6**(3), 285-294 [cit. 2017-07-31]. ISSN 14402440.
2. BARTON, G. *Rychlostní kanoistika a systém tréninku Grega Bartona*. Praha: OLYMPIA, 2002. 40 s
3. BARTŮŇKOVÁ, Staša. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1817-3.
4. BERNACIKOVÁ, M., KAPOUNKOVÁ, K., NOVOTNÝ, J. *Fyziologie sportovních disciplín – Rychlostní kanoistika* [online]. Vystaveno 01.09.2010 [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/vodakanoe-rychlo.html>.
5. BÍLÝ, M. *Systém sportovního tréninku ve vodním slalomu*. Praha, 2004. Kreditní práce na FTVS UK.
6. BÍLÝ, Milan, Bronislav KRAČMAR a Petr NOVOTNÝ. *Kanoistika: technika jízdy, rafting, extrémní terény*. 1. vyd. Praha: Grada, 2001, 129 s., [8] s. obr. příl. ISBN 80-247-9050-5.
7. BÍLÝ, M., HELLER, J., VODIČKA, P., SÜSS, V. *Individuální změny anaerobní zdatnosti u vrcholových vodních slalomářů*. Česká kinantropologie 2006, č. 2 19 -27 s.
8. BÍLÝ, M. SÜSS, V. KOLÁŘOVÁ, E. PŘIBYLOVÁ, D. PFOFF, M. PRICE, R. G. CARBOCH J. A comparison of character temperaments within sprint and water slalom athletes. *Journal of indol activities*. 2016, **10**(2), 6-13. ISSN 1802-3908.
9. BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Praha: Univerzita Karlova, 1990.
10. BUSTA, J. *Porovnání výsledků aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a při ergometrii horních končetin*. Bakalářská práce. Praha, 2013. FTVS UK. Vedoucí práce Milan Bílý
11. BUSTA, J. *Porovnání výsledků aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na slalomovém kajaku s výsledky klikové ergometrie horních končetin*. Diplomová práce. Praha, 2015. FTVS UK. Vedoucí práce Milan Bílý.

12. CARRASCO, P. L. a kol. *Reliability and validity of a discontinuous graded exercise test on Dansprint® ergometer*. Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/Science, Movement and Health, 2010, Vol. 10, Issue 2. University of Seville, Spain. University of Bacau, Romania.
13. CATELL, R., B. *The scientific analysis of personality*. Harmondsworth: Penguin Books Ltd., 1970.
14. ČESKÝ SVAZ KANOISTŮ, *100 let kanoistiky v českých zemích*. 2013. 1 vyd. Praha: Olympia. ISBN 978-80-7376-349-7.
15. CORTEX MEDICAL [online]. Leipzig: CORTEX Biophysik GmbH, 2016 [cit. 2017- 07- 09]. Dostupné z: <http://cortex-medical.de/METAMAX-3B-en.htm>
16. DICK, F., W. *Sports training principles*. London: Lepus Books, 1980.
17. DOKTOR, M. *Technika a taktika pádlování v rychlostní kanoistice*. Praha, 2001. Diplomová práce na UK FTVS.
18. DOVALIL, Josef a Miroslav CHOUTKA. *Výkon a trénink ve sportu*. 4. vyd. Praha [i.e. Velké Přílepy]: Olympia, 2012, 331 s. ISBN 978-80-7376-326-8.
19. FORMÁNEK, Jaroslav. *Triatlon: historie, trénink, výsledky*. Praha: Olympia, 2003. ISBN 807033567x.
20. HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 4. dotisk 2. vyd. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-7184-875-1.
21. HELLER, Jan a Pavel VODIČKA. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-1976-7.
22. HELLER, J. *Funkční zátěžová diagnostika a její využití v přípravě triatlonistů*. In Metodický dopis 1/96. Praha: Český svaz triatlonu, 1996.
23. KOLÁŘOVÁ, E. *Vliv vybraných psychických faktorů na sportovní výkon závodníka v rychlostní kanoistice*. Praha, 2010, 50 s. Bakalářská práce na UK FTVS. Vedoucí práce Milan Bílý.
24. ICF Canoe Sprint Rules 2015. *ICF-International Canoe Federation*. [online]. 21.11.2016 [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: [http://www.canoeicf.com/sites/default/files/icf\\_canoe\\_sprint\\_2015\\_0.pdf](http://www.canoeicf.com/sites/default/files/icf_canoe_sprint_2015_0.pdf)
25. KOVÁŘOVÁ, L. *K identifikaci předpokladů k triatlonu*. Disertační práce. Bunc. Praha: UK FTVS, 2010.
26. LARSSON, B. a kol. *A new kayak ergometer based on wind resistance* [online]. Vystaveno 31.5.2007[cit.2017-07-15]. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140138808966820>



27. MAREŠ, J. Školení trenérů III. Třídy / rychlostní kanoistika. Praha: ČSK, Olympia, 2003.
28. McARDLE a kol. *Exercise Physiology*. Philadelphia: Lea and Fibiger, 1986.
29. MELICHNA, J. *Pohyb a morfologická adaptabilita kosterního svalu*. Praha: Karolinum, 1990.
30. MYRIAM, Paquette a Billaut FRANÇOIS. Muscle Oxygen Extraction is a Key Performance Adaptation in Sprint Canoe-Kayak: 3246 Board #151 June 2 3. *Medicine* [online]. 2017, **49**(5S Suppl 1), 924-925 [cit. 2017-08-01]. DOI: 10.1249/01.mss.0000519510.20434.d9. ISSN 01959131.
31. NOVOTNÝ, V. *kanoistika*. Praha: ČO ČSTV Sportprag, 1986, s.4-28
32. PLACHETA, Z.; SIEGLOVÁ, J.; ŠTEJFA, M. a kol. *Zátěžová diagnostika v ambulanti a klinické praxi*. Praha: Grada, 1999.
33. POLAR. Měřič tepové frekvence RS 800 Standart. Dostupné z: <http://www.polar.cz/view.php?Page=Prehled&Zbozi=0&Menu=3117>
34. ŘÍHA, M. *Porovnání výsledků spiroergometrického vyšetření závodníků ve vodním slalomu na klikovém ergometru a při jízdě na kanoi*. Bakalářská práce. Praha, 2016. FTVS UK. Vedoucí práce Milan Bílý.
35. SZANTO, C. *Racing canoeing. Beijing, China*: ICF, 1993
36. ŠTEPNIČKA, J. *Typologie sportovců*. *Acta Univ. Carol. Gymnica*, 1974,1.
37. ŠTĚRBA, J. *Porovnání výsledků zátěžových testů na kajakářském ergometru s dosahovaným výkonem v rychlostní kanoistice*. Praha, 2012. Diplomová práce. FTVS UK. Vedoucí práce Milan Bílý
38. WILMORE, J., COSTILL, D., L. *Physiology of sport and exercise*. Champaign: Human Kinetice, 1994.

# Přílohy

## Příloha č.1 Vyjádření etické komise

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

### Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce, zahrnující lidské účastníky

**Název projektu:** Porovnání výsledků spiroergometrického vyšetření při jízdě na kanoi a na pádlovacím trenažéru závodníků v rychlostní kanoistice.

**Forma projektu:** bakalářská práce

**Období realizace:** prosinec 2015

**Předkladatel:** Petr Mára

**Hlavní řešitel:** Petr Mára

**Spoluřešitel(é):**

**Vedoucí práce (v případě studentské práce):** PhDr. Milan Bílý, Ph.D.

**Název grantu:**

**Popis projektu:** Cílem projektu je zjistit vztah mezi výsledky aerobní zátěžové diagnostiky 7 elitních rychlostních kanoistů při pádlování na klidné vodě a při pádlování na klikovém ergometru, dále pak změřit úroveň hladiny laktátu bezprostředně po zátěži.

K získání funkčních hodnot fyziologických ukazatelů bude v obou případech využito spiroergometrické zařízení Cortex Metamax 3B a sporttester Polar RS 800.

**Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:** Testy budou provedeny za standardních podmínek. Jedna z využitých metod je invazivní – jedná se o odběry kapilární krve pro zjištění hodnot laktátu, bude provádět proškolený zdravotník z laboratoře BML UK FTVS. Všechny odběry budou prováděny standardním postupem pro odběr biologického materiálu.

**Etické aspekty výzkumu:** Jedná se o výzkum zletilých osob, jejichž osobní údaje a data budou v práci uvedena anonymně.

**Informovaný souhlas: příložen**

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne 27. 11. 2015

Podpis předkladatele: 

### Vyjádření Etické komise UK FTVS

**Složení komise:** Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

doc. Ing. Monika Šorfová, Ph.D.

Mgr. Pavel Hráský, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 163/2015

dne: 11. 12. 2015

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

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

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
razítko UK FTVS Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

  
podpis předsedkyně EK UK FTVS

## Příloha č.2 Informovaný souhlas

### INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); [Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování](#) (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a [Úmluva o lidských právech a biomedicině](#) č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas k výzkumu funkčních hodnot fyziologických ukazatelů u sedmi elitních českých rychlostních kanoistů v rámci Bakalářské práce s názvem Porovnání výsledků aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na rychlostní kanoi s klikovou ergometrií horních končetin.

Cílem výzkumu je porovnání výsledků aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na rychlostní kanoi a při testování na klikovém ergometru.

Od Vás se bude žádat absolvování šestiminutového testu na kanoi s postupným zvyšováním rychlosti až do úplného maxima. Předpokládaná doba testu i se zahřátím a instalací přístrojů je cca 20 minut. Čtyři dny poté se tento test uskuteční znovu v laboratoři UK FTVS na klikovém ergometru. K získání funkčních hodnot fyziologických ukazatelů bude v obou případech využito spiroergometrické Cortex Matamax 3B a sporttester Polar RS 800.

Testy budou provedeny za standardních podmínek. Jedna z využitých metod je invazivní – jedná se o odběry kapilární krve pro zjištění hodnot laktátu, bude provádět proškolený zdravotník z laboratoře BML UK FTVS. Všechny odběry budou prováděny standardním postupem pro odběr biologického materiálu.

Podepsáním tohoto souhlasu potvrzujete, že jste aktuálně v dobrém zdravotním stavu a v dobré fyzické kondici.

Rizika spojená s testováním nejsou vyšší, než je běžné u tohoto typu testů. Průběh testu se shoduje s průběhem běžného tréninku v přípravném období (období, ve kterém bude testování probíhat).

Očekáváme, že nám tato práce odhalí míru podobnosti výsledků standardizovaného laboratorního vyšetření, s výsledky tohoto vyšetření aplikovaného v terénu (přímo na kanoi). Práce bude zpracována studentem UK – FTVS za použití odborné literatury, poznatků získaných studiem a vlastní praxí. Získaná data budou využita a uchována výhradně pro zpracování práce.

S celkovými výsledky a závěry výzkumu se může proband seznámit přímo v hotové bakalářské práci.

Odměna nebude nabídnuta.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele projektu ..... Podpis .....

Jméno a příjmení hlavního řešitele a spoluřešitelů .....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím se svojí účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se mé účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu.

Místo, datum .....

Jméno a příjmení účastníka.....Podpis: .....