

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ AEROBNÍ ZÁTĚŽOVÉ DIAGNOSTIKY PŘI JÍZDĚ NA
KAJAKU V BAZÉNU S PROTIPROUDEM A PŘI KLIKOVÉ ERGOMETRII HORNÍCH
KONČETIN

Bakalářská práce

Vedoucí práce: PhDr. Milan Bílý PhD.

Vypracoval: Jan Busta

Praha 2013

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

.....

Jan Busta, Praha 2013

Osobní poděkování

Děkuji svému školiteli, panu PhDr. Milanu Bílému PhD., za nápad a odborné vedení při realizaci této práce. Dále děkuji panu Ing. Pavlovi Vodičkovi, bez jehož trpělivosti a znalostí bychom se při realizaci výzkumu neobešli a nakonec i všem probandům, kteří nám věnovali svůj čas. Poděkování patří také Adéle Felixové za pomoc se závěrečnou úpravou práce.

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

Jméno a příjmení	Adresa	Číslo OP	Datum výpůjčky

Abstrakt

Název: Porovnání výsledků aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a při klikové ergometrii horních končetin.

Cíle práce: Cílem práce bylo zrealizovat aerobní zátěžovou diagnostiku při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a zjistit tak úroveň kardiorespirační zdatnosti elitních českých kajakářů přímo při specifické činnosti pádlování. Dále jsme chtěli zjistit úroveň kardiorespirační zdatnosti těchto kajakářů při klikové ergometrii horních končetin a výsledné hodnoty porovnat s hodnotami získanými při pádlování v bazénu s protiproudem.

Metody: K získání potřebných dat jsme využili laboratorní testování (aerobní zátěžovou diagnostiku při pádlování v bazénu s protiproudem a při klikové ergometrii horních končetin) a dotazníkového šetření.

Výsledky: Podařilo se zrealizovat aerobní zátěžovou diagnostiku při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a zjistit, jaká je kardiorespirační zdatnost elitních českých vodních slalomářů (kajakářů) přímo při specifické činnosti pádlování ($VO_2\text{max}$: $38,49 \pm 7,92$; SF: $181,88 \pm 4,99$) i při pohybové činnosti podobné – klikové ergometrii horních končetin ($VO_2\text{max}$: $66,29 \pm 3,16$; SF: $183,0 \pm 6,02$). Získali jsme odpověď na naši výzkumnou otázku o vztahu mezi výslednými hodnotami funkčních ukazatelů naměřených při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a při klikové ergometrii horních končetin. Přestože u 4 z 5 námi vybraných ukazatelů byla prokázána střední až vysoká míra závislosti, s ohledem na velké rozdíly výsledných hodnot (celkový průměrný procentuální rozdíl naměřených hodnot je $31,13\% \pm 16,35$) a zpětnou vazbu probandů na testování v bazénu s protiproudem uvádíme, že náš původní předpoklad o značné podobnosti naměřených funkčních hodnot byl naplněn pouze u srdeční frekvence.

Klíčová slova: aerobní zátěžová diagnostika, vodní slalom, bazén s protiproudem, kliková ergometrie horních končetin, kajak

Abstract

Title: Comparison of the results of aerobic exercise testing, when kayaking in the pool with countercurrent and crank ergometry upper limbs.

Aims: The aim was to implement aerobic exercise testing when kayaking in the pool with countercurrent and find out the level of cardiorespiratory fitness of elite Czech kayakers directly at a specific activity of paddling. We also wanted to determine the level of cardiorespiratory fitness kayakers in the crank ergometry upper limbs and the resulting values compared with the values obtained with the values of testing in the pool with counter.

Methods: We used a laboratory testing (aerobic exercise testing in the pool with countercurrent and aerobic exercise testing during crank ergometry upper limbs) and survey.

Results: We managed to implement aerobic exercise testing when kayaking in the pool with countercurrent and find out what is the cardiorespiratory fitness of elite Czech white water kayakers directly at a specific activity of paddling ($VO_2\text{max}$: 38.49 ± 7.92 ; HR: $181.88 \pm 4,99$) and during physical activities similar – crank ergometry upper limbs ($VO_2\text{max}$: 66.29 ± 3.16 ; HR: $183,0 \pm 6,02$). We received the answer to our research question about the relationship between the resulting values of functional parameters measured during kayaking in the pool with counter current and the crank ergometry upper limbs. Although in 4 of the 5 we selected indicators was demonstrated moderate to high level of dependence, given the large differences in the resulting values (overall average percentage difference of measured values is $31.13\% \pm 16.35$) and feedback probands testing in the pool with counter we note that our original assumption of substantial similarity measurement function values were filled only with the heart rate (HR).

Keywords: aerobic exercise testing, white water slalom, pool with countercurrent, crank ergometry upper limbs, kayak

Obsah

1. Úvod	9
2. Teoretická východiska práce	11
2.1 Kanoistika na divoké vodě – vodní slalom	11
2.2 Fyziologická charakteristika výkonu ve vodním slalomu	12
2.3 Aerobní zátěžová diagnostika ve vodním slalomu a její význam	15
2.3.1 Metody aerobní zátěžové diagnostiky obecně.....	15
2.3.2 Kliková ergometrie horních končetin.....	16
2.3.3 Jízda na kajaku v bazénu s protiproudem	17
2.3.3.1 Bazén s protiproudem.....	17
2.4 Charakteristika vybraných pojmů fyziologie zátěže	19
2.4.1 Srdečně – cévní systém	19
2.4.1.1 Srdeční frekvence (SF).....	20
2.4.1.2 Tepový kyslík (O ₂ tep)	20
2.4.2 Dýchací systém.....	20
2.4.2.1 Dechový objem	21
2.4.2.2 Dechová frekvence	21
2.4.2.3 Vitální kapacita	21
2.4.2.4 Minutová ventilace plicní (V)	21
2.4.2.5 Maximální spotřeba kyslíku (VO ₂ max)	22
2.4.2.6 Anaerobní práh (ANP) a aerobní práh (AP).....	22
2.4.3 Adaptační změny kardiorepiračního systému	23
3. Cíle a úkoly práce, výzkumné otázky	25
4. Metodika práce	27
4.1 Popis výzkumného souboru.....	27
4.2 Organizace výzkumu	27
4.3 Použité výzkumné metody	27
4.3.1 Vstupní vyšetření: měření, vážení, spirometrie.....	28
4.3.2 Kliková ergometrie horních končetin.....	28
4.3.3 Jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.....	29
4.3.4 Sada otázek pro probandy	35
4.4 Sběr dat.....	35
4.5 Analýza dat.....	36

4.5.1	Pearsonův korelační koeficient	36
4.5.2	Regresní analýza	37
5.	Výsledky.....	38
5.1	Výsledky měření, vážení a spirometrie	38
5.2	Výsledky zátěžové diagnostiky – kliková ergometrie.....	38
5.3	Výsledky zátěžové diagnostiky – jízda na kajaku.....	39
5.4	Porovnání průměrných výsledků zátěžových testů	41
5.5	Statistické porovnání výsledků zátěžových testů	42
5.6	Výsledky dotazníků – zpětná vazba probandů	44
6.	Diskuse	46
6.1	Realizace zátěžového testu v bazénu s protiproudem	46
6.2	Úroveň aerobní zdatnosti při klikové ergometrii.....	46
6.3	Úroveň aerobní zdatnosti při pádlování v bazénu s protiproudem.....	47
6.4	Statistické porovnání výsledných funkčních hodnot obou měření.....	47
6.5	Zpětná vazba probandů	48
7.	Závěry.....	50
	Seznam literatury.....	52
	Přílohy	54
	Příloha 1: Schválení etické komise UK FTVS.....	54
	Příloha 2: Informovaný souhlas	55
	Příloha 3: Sady otázek pro probandy	56

1. Úvod

Vodní slalom je značně specifický sport, který klade vysoké nároky na fyzickou i psychickou připravenost závodníka. Je provozován na vodních terénech různého charakteru i obtížnosti. V Čechách má tento sport, který se zrodil v první polovině 30. let minulého století, významnou tradici a těší si 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. V současné době se vodní slalom řadí mezi nejúspěšnější české olympijské sporty.

Vodní slalom je aktivitou, ve které závodníci musí vynikat silou, rychlostí a vytrvalostí. Elitní závodníky lze charakterizovat vysokým rozvojem kardiorepiračního systému, vysokou schopností přenosu a využití kyslíku i tvorbou zdrojů energie prostřednictvím anaerobního metabolismu (Bílý, 2002). Bílý (2012) hovoří o významu vytrvalostních schopností v celkové struktuře výkonu ve vodním slalomu. V posledních 20 letech se vodní slalom dramaticky vyvíjel. Nejen že přibyla celá řada velice kvalitních umělých slalomových tratí, ale došlo i ke značným změnám v pravidlech. Délka tratí se zkrátila, změnily se předepsané rozměry lodí, které jsou tak výrazně agilnější. Dále lze stavět branky o jedné tyči a nezavodí se již v součtu dvou jízd, nýbrž pouze v jízdě jedné. Vodní slalom se v posledních letech také zprofesionalizoval. Pro čím dál vyšší počet sportovců se stal i zdrojem obživy. Poměrně výrazné změny prodělala technika i taktika jízdy ve všech disciplínách. Stačí porovnat televizní záběry z OH v Barceloně z roku 1992 a z posledních OH konaných v Londýně roku 2012. Nic snad nemůže být výmluvnější. Můžeme se všimnout i rostoucích kondičních schopností dnešních závodníků. Závodníci světové úrovně dnes věnují intenzivní pozornost především rychlosti, síle a vytrvalosti a celému komplexu těchto relativně oddělitelných pohybových schopností v jejich specifické i nspecifické rovině. Všechny tyto kondiční schopnosti přitom musejí být na vysoké úrovni. Výraznější zanedbání jedné z nich by se okamžitě projevilo sníženým výkonem.

Diagnostika patří mezi klíčové zásady a podmínky účinného řízení tréninkového procesu. Slouží k zjištění aktuálního stavu trénovanosti, plánování cílového stavu trénovanosti sportovce i k systematické kontrole a posouzení účinků zvoleného tréninku (Dovalil, 2012). Aerobní zátěžová diagnostika může probíhat v laboratoři i terénu. Až doposud je nejdostupnější pro všechny standardní stupňovaný zátěžový test na běhacím koberci. Trenéři kanoistiky ovšem vytýkají jeho nízkou specifitu a někdy tak volí stupňovaný zátěžový test při klikové ergometrii horních končetin. Možnost skutečně specifické laboratorní diagnostiky ovšem chyběla. Jaká jsou hodnoty maximální spotřeby kyslíku, ventilace, tepové a dechové frekvence a dalších ukazatelů výkonnosti přímo při pádlování? Takové otázky si kladli mnozí závodníci i trenéři. Například na univerzitě v německém Lipsku proběhly podle námi dostupných informací pokusná laboratorní měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem. Pokud je nám známo, nebyla ovšem publikována žádná vědecká studie, která by nám zprostředkovala zkušenosti německých vědců, blíže odhalila metody měření a samozřejmě i jimi zjištěné výsledky.

Pokusili jsme se tedy realizovat možnost specifičtější laboratorní diagnostiky kardiopulmonální zdatnosti, tedy i úrovně vytrvalostních schopností, ve vodním slalomu. Prvním cílem a úkolem této studie bylo zrealizovat laboratorní měření při jízdě na kajaku ve fakulním bazénu s protiproudem. Jednalo se o technicky poměrně náročný úkol. Po úspěšných zkušebních měřeních jsme otestovali 8 vrcholových a výkonnostních kajakářů a pro porovnání jsme stupňovaný zátěžový test provedli i při klikové ergometrii horních končetin. V této práci se snažíme interpretovat nejen výsledky měření a jejich kritickou analýzu, ale také všechny zkušenosti získané při realizaci výzkumu.

2. Teoretická východiska

2.1 Kanoistika na divoké vodě - 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 vytyčených branek. Branky jsou dvojího typu: zelené povodné branky je nutné projet po směru proudu, červené protivodné branky je nutné projet zespoda proti proudu. 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).

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. Na závodníky jsou kladeny vyšší nároky, mění se technika jízdy apod. (Bílý, 2012). Vývojem prochází i specifické sportovní náčiní (loď, pádlo i další vybavení), které se zdokonaluje ruku v ruce s technikou a taktikou jízdy závodníků.

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. Podíl hypotetických složek na výkonu ve vodním slalomu byl Malým (1972) odhadnut na 30% podíl tělesné, 30% podíl psychické a 40% podíl technické přípravy.

2.2 Fyziologická charakteristika výkonu ve vodním slalomu

Sportovní výkon ve vodním slalomu je ovlivněn mnoha vnitřními i vnějšími faktory. Možná 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 kardiorespiračního systému, vysokou schopností přenosu a využití kyslíku i tvorbou zdrojů energie prostřednictvím anaerobního metabolismu – tedy vytrvalostními schopnostmi. 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. V současné době je jízda ve vodním slalomu 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 motorických (kondičních) 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 systémů 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), neboť racionální a vysoce účelná technika vytváří podmínky pro nejlepší projev tělesných schopností a připravenosti sportovce. 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 – de – 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 SF_{max} . 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 (0,71) $l.min^{-1}$, srdeční frekvence dosáhla 185,3 (10,2) min^{-1} a koncentrace laktátu v krvi 12,2 (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 své maximum v poslední jízdě. Doba trvání testu byla 7,5 až 9 minut, maximální spotřeba kyslíku 3,87 (0,73), srdeční frekvence 187,6 (10,6) a koncentrace laktátu v krvi dosáhla hodnot 11,2 (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).

Ve vědecké studii provedené Hellerem (2004), dosáhli vrcholoví vodní slalomáři průměrné hodnoty VO_2 max. 47,1 (3,4) ml.kg⁻¹. Studie porovnává výsledky vrcholových vodních slalomářů s vrcholovými kanoisty a prokazuje poněkud nižší úroveň aerobní zdatnosti u vodních slalomářů.

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, odpovídá spotřebě kyslíku minimálně na úrovni 90% maximální spotřeby kyslíku (VO_{2max}). Dále lze vyvodit, že pozátěžové koncentrace laktátu po maximálním výkonu přesahují zpravidla hranici 10 mmol.l⁻¹, ale výrazněji nepřesahují hranici 16 mmol.l⁻¹.

2.3 Aerobní zátěžová diagnostika ve vodním slalomu

Jak je patrné z kapitoly 2.1, mnozí autoři hovoří o významu vytrvalostních schopností ve vodním slalomu. Ovlivnění vytrvalostních schopností nepatří k obtížnějším 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 tedy vytrvalostní schopnosti závodníka, měli by nás stejně tak zajímat i diagnostické metody, jakožto nástroje kontroly trénovanosti, odhalující jejich úroveň a fyziologickou podstatu. V tréninku jde totiž především o zkoumání vztahu zatížení a adaptační změny (Dovalil, 2012). 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 jednak při laboratorní diagnostice a jednak při diagnostice terénní. Možnosti terénní diagnostiky jsou při současné technologické dostupnosti velmi omezené a chceme – li získat určité detailnější a validní informaci o stavu organismu, je třeba přistoupit a diagnostice laboratorní. Laboratorní diagnostické metody nám skutečně poskytují detailní informace o funkčním stavu organismu, resp. o aktuální trénovanosti. 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.

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 mnohé vypovídá i o úrovni vytrvalosti anaerobní (Heller, 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.

Až doposud byly k diagnostice kardiorepirační 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. Nejpopulárnější metodou mezi kajakáři a kanoisty je kliková ergometrie horních končetin, následována běhacím kobercem. Bicyklový ergometr se netěší příliš velké popularitě, neboť vyžaduje určitou svalovou adaptaci dolních končetin na specifický pohyb šlapání, 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_2 max 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 fakt o vysoké trénovatelnosti. Odůvodňuje to vysokou adaptací svalů horních končetin a trupu. 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 vyšetřované osoby 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. Mimo možnost 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° , 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 Jízda na kajaku v bazénu s protiproudem

Podle nám dostupných informací nebyla doposud publikována žádná vědecká studie, která by testovala aerobní zdatnost kajakářů při specifické činnosti pádlování v bazénu s protiproudem. Přestože víme o určitých pokusech, které se odehrály na německé univerzitě v Lipsku, nejsou nám známe žádné bližší okolnosti těchto pokusů. Při realizaci tohoto měření jsme se tak nemohli poučit zkušenostmi z jiných univerzitních pracovišť.

2.3.3.1 Bazén s protiproudem

Bazén s protiproudem je plavecký trenažér, bazén vytvářející protiproud. Veškeré testování probíhalo v bazénu s protiproudem, který je pod správou Pedagogicko – výzkumné laboratoře katedry plavání plaveckých sportů FTVS UK od roku 2010. Jedná se o bazén s protiproudem komerčního charakteru. Mezi profesionálním a komerčním zařízením existují zásadní rozdíly. U profesionálních zařízení tvoří zpětné odsávací kanály, které nabírají proudící vodu a zabraňují její zpětné cirkulaci, celou zadní stěnu bazénu. Odsávací kanál fakultního (komerčního) bazénu s protiproudem začíná asi až 30 cm pod hladinou a končí asi 65 cm pod hladinou, což způsobuje nedokonalé odsátí přitékající vody, která naráží do stěny, vrací se zpět a podílí se tak na snižování rychlosti proudění v hlubších vrstvách (Kozel, Horčic, 2012). Další zásadní rozdíl mezi profesionálním a komerčním zařízením spočívá v udávání rychlosti protiproudu. Zatímco profesionální laboratorní zařízení umožňuje udávat rychlost ve standardizovaných jednotkách (m/s), komerční provedení bazénu s protiproudem umožňuje nastavení rychlosti pouze prostřednictvím stupňů (1 až 16). Fakultní zařízení je vyrobeno firmou LD - Pool a nese označení Super Pro A7. Nádrž bazénu má tyto rozměrové parametry: 2,3 metru šířka; 5 metrů délka; 1,15 metru hloubka. Hřídele jsou poháněny 7 motory napájenými 400 V / 32 A. Motory mají celkový výkon 21 kW a jsou schopny v nádrži vytvořit proud vody o rychlosti 0,5 – 2,5 m/s (Balvín, Motl, 2010). Technická specifikata dále uvádí, že motory jsou schopné přečerpat až 98 000 l/min (LD Pool, 2011). Proud v nádrži je regulovatelný pomocí ovládacího panelu. Panel rozděluje výkon motoru do 16 stupňů, přičemž zvýšení rychlosti o jeden stupeň představuje zrychlení proudu o 0,04 až 0,22 m/s (Balvín, Motl, 2012).

Měření rychlosti v bazénu s protiproudem provedli Balvín a Motl v roce 2010 pomocí metody přímého měření hydrometrickou vrtulí, kdy měřili počet otáček vrtule za 30 s a poté vlastní rychlost proudění dopočítávali. Provedli vždy dvě měření pro každý stupeň rychlosti od 1 do

16. V následující tabulce jsou uvedeny výsledky jejich měření rychlosti pro jednotlivé, námi využitě, stupně.

Stupeň rychlosti	Rychlost proudění v m/s dle Balvína a Motla (2010)
10	1,61
11	1,68
12	1,83
13	1,89
14	1,96
15	2,08
16	2,12

Tabulka č. 1: Stupeň rychlosti a rychlost proudění v bazénu s protiproudem.

Je třeba zmínit, že fakultní bazén s protiproudem je určen pro využití plavci. Jeho konstrukční rozměrové parametry ani rychlost proudění není prioritně určena pro využití kanoisty. Kvůli tomu jsme byli nuceni potýkat se s celou řadou problémů, o kterých ale podrobněji hovořím v dalších kapitolách. Vodní slalomáři dosahují v maximu na hladké vodě rychlosti přes 4 m/s (Bílý, 2012). Právě rychlost proudění představovalo hlavní úskalí celého výzkumu. O tom ale detailněji pojednávám v dalších kapitolách.



Obrázek č. 1: Bazén s protiproudem plavecké laboratoře FTVS UK.

2.4 Charakteristika vybraných pojmů fyziologie zátěže

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

2.4.1 Srdečně – cévní systém

Srdečně – cévní systém je úzce funkčně propojen s dýchacím systémem. Tento komplex se terminologicky označuje jako systém kardiorepirační. 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 kardiorepiračního systému vlivem pohybového zatížení v průběhu cíleného tréninku řadu 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).

2.4.1.1 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.

2.4.1.2 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).

2.4.2 Dýchací systém

Dýchací systém se funkčním propojením se srdečně – cévním systémem účinně podílí na dýchacích (okysličovacích) procesech tkání, odvádí metabolity (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).

2.4.2.1 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).

2.4.2.2 Dechový objem (V_T)

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).

2.4.2.3 Vitální kapacita plic

Vitální kapacita je ukazatelem statickým, jednorázovým V_T max 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).

2.4.2.4 Minutová ventilace plicní (V)

Minutová ventilace plicní závisí na velikosti dechového objemu a dechové frekvenci, jejichž 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).

2.4.2.5 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 O₂ 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).

2.4.2.6 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% VO₂max, 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% VO₂max. V tréninkové praxi se této intenzity zatížení využívá k regeneračním tréninkům (Vránová, Dovalil, Bunc in Dovalil a kol., 2012).

2.4.3 Adaptační změny kardiorespiračního 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), netréovaný (100W).
10. Vyšší maximální aerobní výkon (VO_2max) u mužů $60 - 80 \text{ ml.kg}^{-1}$, u žen $40 - 50 \text{ ml.kg}^{-1}$, netréovaný 25 letý muž 43 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, netréovaný pouze 5 – 7 l.

3. Cíle a úkoly práce, hypotézy

Cíle práce

1. Zrealizovat aerobní zátěžový test při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem.
2. Zjistit úroveň aerobní zdatnosti elitních českých kajakářů při klikové ergometrii horních končetin.
3. Zjistit úroveň aerobní zdatnosti elitních českých kajakářů při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem.
4. Vzájemně porovnat výsledky zátěžové diagnostiky při jízdě na kajaku a při klikové ergometrii horních končetin a potvrdit či vyvrátit hypotézu o vzájemné podobnosti získaných výsledků.
5. Interpretovat zpětnou vazbu probandů na oba provedené zátěžové testy.

Úkoly práce

1. Podrobně prostudovat dostupnou literaturu.
2. Technicky realizovat možnost stupňovaného zátěžového testu při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem Katedry plaveckých sportů FTVS UK.
3. Provést testování závodníků při klikové ergometrii horních končetin v biomedicínské laboratoři FTVS UK.
4. Provést testování závodníků při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem katedry plaveckých sportů FTVS UK.
5. Vyhodnotit naměřená a zpracovaná data získaná při klikové ergometrii horních končetin.
6. Vyhodnotit naměřená a zpracovaná data získané při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem.
7. Vzájemně (statisticky) porovnat naměřená a zpracovaná data klikové ergometrie a pádlování v bazénu s protiproudem a výsledky vyhodnotit.
8. Potvrdit či vyvrátit hypotézu o vzájemné podobnosti výsledků dosažených při klikové ergometrii a pádlování v bazénu s protiproudem.
9. Pomocí dotazníku získat od probandů informace o průběhu, kvalitě a vypovídající hodnotě obou testování a jejich názoru.
10. Interpretovat výsledky a vyvodit závěry.

Výzkumná otázka

Jaký je vztah mezi výslednými vybranými hodnotami funkčních ukazatelů naměřených při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a při klikové ergometrii horních končetin? Předpokládáme, že hodnoty funkčních ukazatelů získané ve stupňovaném zátěžovém testu při klikové ergometrii horních končetin a při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem budou velice podobné.

4. Metodika práce

V následující kapitole je komplexně zachycena metodika celé výzkumné práce. Tato práce byla koncipována jako pilotní studie (Kutnohorská, 2009), jejímž hlavním cílem bylo zrealizovat možnost aerobní zátěžové diagnostiky při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a výsledné hodnoty funkčních ukazatelů porovnat s výsledky získanými při klikové ergometrii horních končetin.

4.1 Popis výzkumného souboru

Účastníky výzkumu se stalo 8 elitních českých závodníků, kajakářů, ve vodním slalomu. Nejmladšímu účastníkovi výzkumného souboru bylo 20 let, nejstaršímu 26,4 let. Průměrný věk účastníků byl asi 23 let. Všichni vybraní kajakáři jsou nositeli první nebo mistrovské výkonnostní třídy. Čtyři účastníci vybraného vzorku byli v posledních třech letech součástí seniorského reprezentačního družstva a na mezinárodním soutěžním poli se jim podařilo dosáhnout značných úspěchů. Všichni účastníci byli v minulosti součástí reprezentačního výběru juniorů nebo reprezentačního výběru do 23 let.

Proband	1	2	3	4	5	6	7	8	Průměr (SD)
Věk	20,7	26,4	22,8	20,0	24,1	22,6	25,1	23,1	23,1 (1,99)

Tabulka č. 2: Věk probandů.

4.2 Organizace výzkumu

Výzkumná měření se uskutečnila dne 24. května 2013. Po vstupním vyšetření (měření, vážení a spirometrii) probandi absolvovali nejprve aerobní zátěžový test klikové ergometrie horních končetin a po dvouhodinové odpočinkové pauze potom aerobní zátěžový test pádlování v bazénu s protiproudem. Po dokončení druhého zátěžového testu byla probandům předložena sada otázek vztahujících se k výzkumu.

4.3 Použité výzkumné metody

Pro získání dat jsme zvolili tyto výzkumné metody:

4.3.1 Vstupní vyšetření: měření, vážení, spirometrie

Všichni probandi byli nejprve povinně změřeni a zváženi kalibrovanými přístroji v biomedicínské laboratoři FTVS UK profesionálními zaměstnanci této laboratoře.

Součástí vstupního vyšetření k následné laboratorní diagnostice je také spirometrie. Byla provedena povinně všem účastníkům v biomedicínské laboratoři FTVS UK. 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 téměř ihned zpracovány a rovnou vytisknuty.

4.3.2 Ergometrie horních končetin – aerobní test

O klikové ergometrii poměrně detailně teoreticky pojednávám 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. Respirační parametry byly měřeny analyzátozem Ergo – oxyscreen firmy Jaeger. Paramagnetické měření umožňuje zjistit % vdechovaného a vydechovaného kyslíku (O_2) a pomocí infračerveného záření lze zjistit % vydechovaného oxidu uhličitého (CO_2). Celkovou ventilaci přístroj zjišťuje pomocí analýzy rozdílu tlaku vzduchu před a za vyhřívaným sítkem.

Test každého účastníka probíhal následovně:

- Individuální důkladné rozcvičení probanda.
- Nastavení zařízení (úprava délky klik, nastavení jejich výšky a polohy sedačky).
- Rozježdění na klikovém ergometru. Cca. 3 minuty na zapracování.
- Měřená minuta klidu. Kajakář již dýchá skrze analyzátor Ergo - oxyscreen a je monitorován.
- Dvě minuty na rozjetí. Kajakář absolvuje dvě minuty na rozjetí v mírném až středním tempu. Zátěž činí 140 – 200W.
- Měřená minuta klidu (rychlost návratu ke klidovým hodnotám).

- Stupňované zatížení do maxima. Kajakář začíná na stejném odporu jako při rozježdění a má za úkol udržet se v daném rozmezí otáček, které je zelenou barvou vymezeno na otáčkoměru přímo před ním. Zátěž se zvyšuje každou minutu o 20 W, přičemž závodník má za úkol udržovat tempo v neměnném rozmezí otáček.
- Po ukončení měření si kajakář sundává masku a má několik minut na „vyjetí“ pro rychlejší odbourání laktátu.
- Na konci třetí minuty po dokončení testu je kajakáři odebrán vzorek krve pro stanovení hladiny laktátu.



Obrázek č. 2: Kliková ergometrie horních končetin. Ilustrační foto biomedicínské laboratoře FTVS UK.

4.3.3 Jízda na kajaku v bazénu s protiproudem

Jak už jsme zmínili v kapitole 2.3.3, jsme jedni z prvních, kdo se o realizaci zátěžového testu při pádlování v bazénu s protiproudem pokusili. Nejednalo se tedy o standardní test, jako tomu bylo u klikové ergometrie, nýbrž testování bylo nejprve nutné technicky zrealizovat. O určitých technických specifikách hovořím dále.

Samotný průběh testování byl velice podobný klikové ergometrii pro horní končetiny. Po důkladném rozcvičení a zapracování (rozpádlování v bazénu) jsme přistoupili k samotnému testování:

- Měřená minuta klidu. Kajakář má na hlavě helmu, na níž je připevněna dýchací trubice se zařízením Ergo – oxyscreen (kapitola 4.3.2). Srdeční frekvence je již monitorována sport-testerem Polar (obrázek č. 4, 5). Držet samotný přístroj i s hadicí přímo v ústech bylo velice náročné, protože celá aparatura je poměrně těžká – kajakáře po chvíli bolelo krční a šíjové svalstvo (obrázek č. 3).



Obrázek č. 3: Helma s připevněnou dechovou hadicí a přístrojem Ergo – oxyscreen.

- 4 minuty na rozjetí (stupeň rychlosti 10 pro první dvě minuty a 12 pro zbylé dvě minuty). Kajakář se musí držet v určité dané rovině v bazénu s protiproudem tak, aby nemohl využívat vlny, prostřednictvím které by si mohl v pádlování ulevit tzv. „surfingem“. Tato rovina je na obrázku číslo 3 vyznačena malou barevnou plaveckou destičkou (obrázek č. 4).



Obrázek č. 4: Rozježdění. Rychlost proudění je ještě relativně nízká a protiproud celkem homogenní.

- Měřená minuta klidu (obrázek č. 5). Aparatura zůstává na obličeji, sběr i analýza dat pokračuje.



Obrázek č. 5: Měřená minuta klidu. Kajakář se snaží po dobu jedné minuty sedět co nejklidněji.

- 5 minut stupňovaného zatížení. Začíná se na stupni 12 a potom se každou minutu zvyšuje o 1 rychlostní stupeň.



Obrázek č. 6: Poslední (16.) rychlostní stupeň. Kajakář je již vyčerpán a začíná být silným protiproudem stahován do spodní části bazénu. Test bude každou chvílí ukončen.

- Na posledním, tedy 16. Rychlostním stupni, se kajakáři snažili proti proudu pádlovat co nejdéle (obrázek č. 7).



Obrázek č. 7: Kajakář se snaží co nejdéle pádlovat proti proudu na poslední rychlostní stupeň.

- Po ukončení testu má kajakář chvíli na vypádlování. Na konci třetí minuty po ukončení testu je závodníkům odebrán vzorek krve pro zjištění laktátové hodnoty. Odběry byly zajištěny povolaným pracovníkem biomedicinské laboratoře FTVS UK.

Rychlostní stupně jsou měněny prostřednictvím panelu, který je umístěn v přední části bazénu (obrázek č. 8). O rychlostních stupních a odpovídající rychlosti proudění uvádíme detailněji v kapitole 2.3.3.1.



Obrázek č. 8: Panel, jehož prostřednictvím lze měnit rychlostní stupeň proudění.

Test probíhal na plastovém kajaku, na jehož dně byla umístěna brzda. To proto, že rychlost proudění byla i na nejvyšší stupeň příliš nízká a bylo tedy zapotřebí zvýšit odpor lodi. Plastový kajak značky Prijon, vážící přibližně 17kg na sobě měl prostřednictvím tenkého popruhu připevněný kvádr z pevné lehké pěny o šířce 30cm, délce 35cm a výšce 9cm. Plastový kajak a upevnění brzdy je dobře vidět na obrázku č. 9.



Obrázek č. 9: Zařízení je upevněno na pohyblivém rameni, které je na obrázku vidět nad kajakářem. Rameno bylo umístěno tak, aby kajakáři nepřekáželo v pohybu.

Jak už bylo řečeno, informace o ventilaci jsou analyzovány prostřednictvím přístroje Ergo – oxyscreen, z něhož vede speciální (a pro naše účely prodloužená) trubice do směsného vaku. Ten je pevně uchycen na pohyblivém rameni (obrázek č. 9). Z tohoto směsného vaku se odebírá vzorek pro měření, který se v přístroji zpracovává. Veškeré informace vedou prostřednictvím kabelů do počítače a speciální výpočetní techniky. Tuto techniku obsluhoval a celé testování vedl povolání pracovník biomedicínské laboratoře FTVS UK (obrázek č. 10).



Obrázek č. 10: Výpočetní analyzující technika a obsluhující pracovník FTVS UK.

4.3.4 Sada otázek pro probandy

Krátce po dokončení obou testování byla probandům předložena sada následujících otázek:

- a) Byl jsi odpočatý a motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
 - Ano.
 - Spíše ano.
 - Ne.
 - Spíše ne.
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
 - Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
 - Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízda.
 - Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.
 - Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.
 - Stísněný prostor bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.
 - Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorespiračních funkcí.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
 - Ano.
 - Ne.
 - Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.

4.4 Sběr dat

Data všech provedených měření byla přehledně zpracována do protokolů v MS Excel povoláním pracovníkem biomedicínské laboratoře FTVS UK.

Další data byla získána z dotazníku, který byl probandům předložen krátce po dokončení posledního měření. Vyplněné dotazníky jsou uvedeny v Příloze.

4.5 Analýza dat

Ke zkoumání vztahu mezi výsledky obou zátěžových testů bylo využito korelační a regresní analýzy. Dotazník předložený probandům byl vyhodnocen na základě četnosti stejných odpovědí, což bylo pro naše účely zcela dostatečné.

4.5.1 Pearsonův korelační koeficient

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 $|0,6|$, závislost proměnných je velká. Pokud se hodnota koeficientu nalézá v rozmezí hodnot od $0,3$ do $0,6$ nebo od $-0,3$ do $-0,6$, jedná se o středně silnou závislost proměnných (Hendl, 2004).

Pro měření korelace byla navržena řada koeficientů. Vzhledem k charakteru našeho výzkumu jsme využili Pearsonova korelačního výzkumu (koeficientu).

Pearsonův korelační koeficient r zůstává i přes některé své nedostatky nejdůležitější mírou síly vztahu dvou náhodných spojitých proměnných X a Y . Počítáme jej z n párových hodnot změřených na n jednotkách náhodně vybraných z populace. Korelační koeficient nabývá hodnot z intervalu $(-1; 1)$. Ačkoli korelační koeficient se používá velmi často, je nutné mít na paměti i jeho omezení. (Hendl, 2012).

Hendl (2012) uvádí důležité vlastnosti Pearsonova korelačního koeficientu r , které shrnuje pomocí několika tvrzení:

- 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 změníme 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 .

Pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu bylo využito programu Microsoft Excel.

4.5.2 Regresní analýza

V kapitole 4.5.1 jsme mluvili o tom, jak vyšetřovat existenci vztahu a popsat sílu asociace pomocí měř závislosti – korelačních koeficientů. Regresní analýza je taktéž statistická metoda, jejímž cílem je analyzovat závislosti. V regresní analýze jde však o to přesněji popsat tvar vztahu mezi proměnnými X a Y . Jestliže graf ukáže lineární vztah mezi proměnnými, usilujeme o zachycení vztahu tím, že body proložíme přímkou.

Pro výpočet regresní analýzy bylo využito programu Microsoft Excel.

5. Výsledky

V této kapitole jsou představeny a vyhodnoceny výsledky získané použitými výzkumnými soubory.

5.1 Výsledky měření, vážení a spirometrie

Základní údaje, výsledky měření – vážení – spirometrie									
Osoba		1	2	3	4	5	6	7	8
Základní Údaje	Věk (r)	20,70	26,40	22,8	20	24,10	22,60	25,10	23,10
	Váha (kg)	67,7	67,3	83,6	70,6	75,5	69,8	74,0	77,9
	Výška (cm)	177,9	179,7	186,2	172,2	181,5	177,3	182,9	183,0
Spirometrie	FVC (l)	4,66	3,93	4,84	4,45	4,81	5,13	5,18	4,72

Tabulka č. 3: Základní údaje s výsledky měření, vážení a spirometrie.

Vyhodnocení: Tabulka č. 3 poskytuje základní údaje o vyšetřovaných osobách – probandech. Průměrné hodnoty těchto údajů (včetně směrodatných odchylek) nabízí tabulka č. 3.

5.2 Výsledky zátěžového testu – kliková ergometrie

Výsledky zátěžového testu – kliková ergometrie										
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 (1,99)
	Váha (kg)	67,7	67,3	83,6	70,6	75,5	69,8	74,0	77,9	73,3 (5,24)
	Výška (cm)	177,9	179,7	186,2	172,2	181,5	177,3	182,9	183,0	180,09 (4,04)
	VO ₂ (l.min ⁻¹)	4,62	4,69	5,66	4,64	4,60	4,63	4,57	5,45	4,86 (0,41)
	VO ₂ /kg (ml.kg ⁻¹)	68,19	69,62	67,76	65,71	60,98	66,37	61,72	69,97	66,29 (3,16)
	V _{MAX} (l.min ⁻¹)	140,5	121,9	165,9	133,7	138,5	160,7	134,8	141,2	142,14 (13,50)
	DF(min ⁻¹)	67	73	66	64	59	65	60	69	65,38 (4,27)
	SF	190	179	186	174	174	186	189	186	183,0

Maximální zátěžový test – kliková ergometrie	(min ⁻¹)									(6,02)
	O ₂ tep (ml)	24,30	26,17	30,46	26,66	26,46	24,90	24,17	29,30	26,55 (2,13)
	O ₂ / tep/kg (ml)	0,36	0,39	0,36	0,38	0,35	0,36	0,33	0,38	0,36 (0,02)
	R	1,11	1,08	1,12	1,13	1,15	1,13	1,11	1,11	1,12 (0,02)
	Práh VO ₂ (l.min ⁻¹)	2,88	3,37	2,79	3,31	3,14	2,76	2,75	4,00	3,13 (0,40)
	Práh SF (min ⁻¹)	159	168	165	153	156	158	160	169	161 (5,38)
	SF aer (min ⁻¹)	135	142	140	130	133	134	136	144	137 (4,57)
	SF anaer (min ⁻¹)	168	178	174	162	166	167	169	179	170 (5,70)
	LA (mmol/l ⁻¹)	14,70	8,70	11,10	10,50	11,30	11,40	10,90	12,10	11,34 (1,57)

Tabulka č. 4: Výsledky maximálního stupňovaného testu do vyčerpání při klikové ergometrii horních končetin.

Vyhodnocení: Výsledky získané při klikové ergometrii horních končetin poukazují na poměrně značnou kardiorespirační zdatnost vyšetřovaných osob a dále také na značnou adaptaci pro práci horních končetin. Jedním ze základních ukazatelů aerobní výkonnosti je hodnota VO₂max – tedy maximální spotřeba kyslíku vyjádřená relativně v ml.kg⁻¹. Hodnota tohoto ceněného ukazatele přesáhla u všech probandů hranici 60 ml.kg⁻¹, nejvyšší hodnoty se pohybovaly těsně pod hranicí 70 ml.kg⁻¹.

5.3 Výsledky zátěžového testu – jízda na kajaku

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 (1,99)
	Váha (kg)	67,7	67,3	83,6	70,6	75,5	69,8	74,0	77,9	73,3 (5,24)

	Výška (cm)	177,9	179,7	186,2	172,2	181,5	177,3	182,9	183,0	180,09 (4,04)
Maximální zátěžový test – jízda na kajaku v bazénu s protiproudem	VO ₂ (l.min ⁻¹)	2,93	3,41	2,28	2,29	2,41	3,13	2,38	3,52	2,80 (0,48)
	VO ₂ /kg (ml.kg ⁻¹)	43,35	50,61	27,29	32,47	31,96	44,89	32,13	45,24	38,49 (7,92)
	V _{MAX} (l.min ⁻¹)	88,8	104,7	88,7	97,3	105,2	112,8	119,0	107,8	103,03 (10,14)
	DF(min ⁻¹)	42	42	27	32	31	44	31	44	36,63 (6,56)
	SF(min ⁻¹)	180	182	185	172	177	186	188	185	181,88 (4,99)
	O ₂ tep (ml)	16,30	18,72	12,33	13,33	13,63	16,85	12,65	19,05	15,36 (2,54)
	O ₂ / 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 ₂ (l.min ⁻¹)	1,95	2,20	1,46	1,76	1,41	2,15	1,52	2,62	1,88 (0,40)
	Práh SF (min ⁻¹)	156	167	164	157	158	170	158	154	161 (5,35)
	SF aer (min ⁻¹)	133	142	140	134	134	145	134	131	136 (4,55)
	SF anaer (min ⁻¹)	165	177	174	167	167	180	167	163	170 (5,67)
	LA (mmol/l ⁻¹)	7,40	8,50	6,50	6,20	6,50	6,60	8,30	8,10	7,09 (0,78)

Tabulka č. 5: Výsledky stupňovaného zátěžového testu do vyčerpání při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem.

Vyhodnocení: Výsledné hodnoty kardiopulsačních ukazatelů získaných při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem jsou o poznání nižší než hodnoty, kterých bylo dosaženo při klikové ergometrii horních končetin. Z tabulky je patrný i podstatně větší rozptyl dosažených hodnot. Například u ukazatele VO₂max činí nejvyšší hodnota 50,61 ml.kg⁻¹, zatímco hodnota nejnižší pouze 27,29 ml.kg⁻¹. Průměrná dosažená hodnota VO₂max 38,49 (7,92) ml.kg⁻¹ je v porovnání s průměrnou hodnotou klikové ergometrie (66,29 ml.kg⁻¹) nižší téměř o 42%.

Nižší jsou i ostatní výsledné hodnoty až na srdeční frekvenci a hodnoty, které se k ní přímo vztahují. Samotné testování přitom skutečně proběhlo do tzv. „vita maxima“ – tedy do selhání. Vysvětlení, proč bylo v tomto měření dosaženo nižších hodnot než při klikové ergometrii, je uvedeno v kapitole 5.6 a 6.5.

5.4 Srovnání průměrných výsledků zátěžových testování

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)		
Spirometrie	FVC (l)	4,72 (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 ₂ (l.min ⁻¹)	4,86 (0,41)	2,80 (0,48)	2,06 (42,38 %)
	VO ₂ /kg (ml.kg ⁻¹)	66,29 (3,16)	38,49 (7,92)	27,8 (41,93 %)
	V _{MAX} (l.min ⁻¹)	142,14 (13,50)	103,03 (10,14)	39,11 (27,51 %)
	DF (min ⁻¹)	65,38 (4,27)	36,63 (6,56)	28,75 (43,97 %)
	SF (min ⁻¹)	183,0 (6,02)	181,88 (4,99)	1,12 (0,61 %)
	O ₂ tep (ml)	26,55 (2,13)	15,36 (2,54)	11,19 (42,14 %)
	O ₂ /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 ₂ (l.min ⁻¹)	3,13 (0,40)	1,88 (0,40)	1,25 (39,93 %)
	Práh SF (min ⁻¹)	161 (5,38)	161 (5,35)	0 (0 %)
	SF aer (min ⁻¹)	137 (4,57)	136 (4,55)	1 (0,72 %)
	SF anaer (min ⁻¹)	170 (5,70)	170 (5,67)	0 (0 %)
LA (mmol/l ⁻¹)	11,34 (1,57)	7,09 (0,78)	4,25 (37,47 %)	

Tabulka č. 6: Srovnání průměrných výsledných dosažených hodnot ukazatelů kardiorepirační zdatnosti obou zátěžových diagnostik.

Vyhodnocení: Ze srovnávací tabulky lze vyčíst, že největší rozdíly byly zaznamenány u hodnot VO₂max, dechové frekvence, tepového kyslíku, ventilace a laktátu. Naopak skoro totožné hodnoty byly zjištěny u srdeční frekvence a hodnot, které s ní přímo souvisejí – aerobní a anaerobní práh dle SF. Pravděpodobné vysvětlení, proč bylo v tomto měření dosaženo nižších hodnot než při klikové ergometrii, je uvedeno v kapitole 5.6 a 6.5.

Celkový rozdíl mezi vybranými hodnotami funkčních ukazatelů dvou zátěžových testů				
	Kliková ergometrie – průměr (SD)	Jízda na kajaku v bazénu s protiproudem – průměr (SD)	Rozdíl (%)	Celkový rozdíl v % (SD)
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹)	66,27 (3,16)	38,49 (7,82)	41,93 %	31,13 % (16,35)
SF (min ⁻¹)	183,0 (6,02)	181,88 (4,99)	0,61 %	
DF(min ⁻¹)	65,38 (4,27)	36,63 (6,56)	43,97 %	
O ₂ tep/kg (ml)	0,36 (0,02)	0,21 (0,04)	41,66 %	
V _{MAX} (l.min ⁻¹)	142,14 (13,50)	103,03 (10,14)	27,51 %	

Tabulka č. 7: Celkový rozdíl vybraných funkčních hodnot vyjádřený v %.

Vyhodnocení: U vybraných naměřených funkčních hodnot činil průměrný procentuální rozdíl obou měření 31,13% (\pm 16,35). Tento rozdíl shledáváme za poměrně dosti značný.

5.5 Statistické porovnání výsledných funkčních hodnot obou měření

Pomocí Pearsonova korelačního koeficientu byla posouzena závislost vybraných výsledných hodnot klikové ergometrie horních končetin a hodnot dosažených při pádlování ve flumu. Korelační analýza byla provedena u výsledků maximální spotřeby kyslíku (VO₂max.), srdeční frekvence (SF), dechové frekvence (DF), hodnoty maximální ventilace (Vmax.) a tepového kyslíku (O₂tep).

Statistické porovnání výsledných funkčních hodnot klikové ergometrie a jízdy na kajaku v bazénu s protiproudem – Pearsonův korelační koeficient									
Proband	1	2	3	4	5	6	7	8	Pearsonův korelační koeficient
VO ₂ max. Kliková Ergometrie	68,19	69,62	67,76	65,71	60,98	66,37	61,72	69,97	0,628
VO ₂ max. Pádlování v bazénu s protiproudem	43,35	50,61	27,29	32,47	31,96	44,89	32,13	45,24	
SF Kliková ergometrie	190	179	186	174	174	186	189	186	0,777
SF Pádlování v bazénu s protiproudem	180	182	185	172	177	186	188	185	

DF Kliková ergometrie	67	73	66	64	59	65	60	69	0,625
DF Pádlování v bazénu s protiproudem	42	42	27	32	31	44	31	44	
Vmax. Kliková ergometrie	140,5	121,9	165,9	133,7	138,5	160,7	134,8	141,2	-0,229
Vmax. Pádlování v bazénu s protiproudem	88,8	104,7	88,7	97,3	105,2	112,8	119,0	107,8	
O ₂ tep/kg Kliková ergometrie	0,36	0,39	0,36	0,38	0,35	0,36	0,33	0,38	0,623
O ₂ tep/kg Pádlování v bazénu s protiproudem	0,24	0,28	0,15	0,19	0,18	0,24	0,17	0,24	

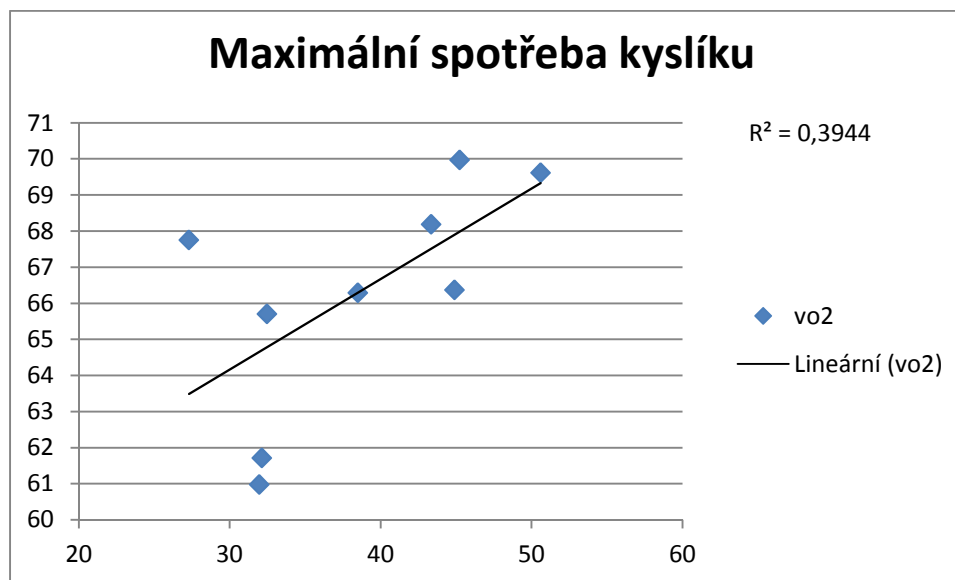
Tabulka č. 8: Porovnání výsledků klikové ergometrie a pádlování v bazénu s protiproudem pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

Vyhodnocení: Pomocí Pearsonova korelačního koeficientu byla prokázána relativně vysoká míra závislosti u hodnot VO₂max. ($r = 0,628$), SF ($r = 0,777$), DF ($r = 0,625$) a O₂/tep/kg (0,623). Naopak u Vmax. byla prokázána jen malá míra závislosti ($r = -0,229$).

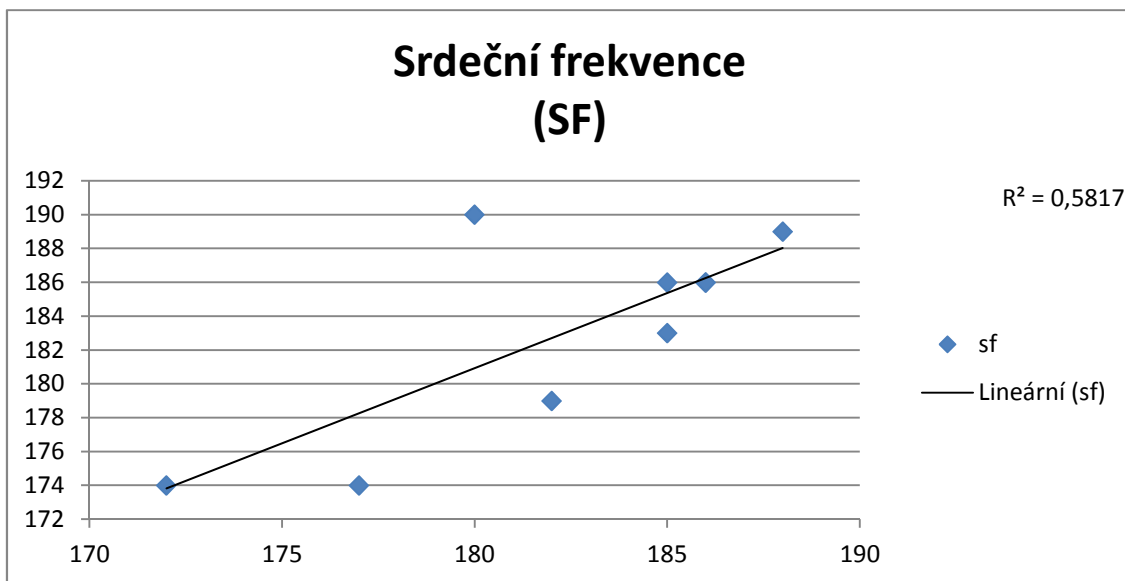
Pro regresní analýzu porovnání obou měření byly vybrány pouze dva ukazatele: maximální spotřeba kyslíku (VO₂max/kg) a srdeční frekvence (SF.min⁻¹). Tyto dva ukazatele analyzujeme navíc regresní metodou proto, že je považujeme za klíčové pro porovnání obou provedených měření. V odborné literatuře se navíc dozvídáme, sledování spotřeby kyslíku je nejpřesnější metodou monitorování sportovního výkonu (Maglischo, 2003; Bunc et al., 2004 in Hendl, Dobrý a kol., 2011). SF je zase funkčním ukazatelem nejběžnějším a navíc byla nalezena přímá závislost mezi spotřebou kyslíku (VO₂) a srdeční frekvencí SF (Melin, Ecleche, 1982).

Statistické porovnání výsledných funkčních hodnot klikové ergometrie a jízdy na kajaku v bazénu s protiproudem – regresní analýza									
Proband	1	2	3	4	5	6	7	8	Regresní analýza
VO ₂ max. Kliková Ergometrie	68,19	69,62	67,76	65,71	60,98	66,37	61,72	69,97	0,3944
VO ₂ max. Pádlování v bazénu s protiproudem	43,35	50,61	27,29	32,47	31,96	44,89	32,13	45,24	
SF Kliková ergometrie	190	179	186	174	174	186	189	186	0,5817
SF Pádlování v bazénu s protiproudem	180	182	185	172	177	186	188	185	

Tabulka č. 9: Porovnání výsledků klikové ergometrie a jízdy na kajaku v bazénu s protiproudem pomocí regresní analýzy.



Graf č. 1: Regresní analýza maximální spotřeby kyslíku.



Graf č. 2: Regresní analýza srdeční frekvence.

Vyhodnocení: Regresní analýza odhalila na rozdíl od Pearsonova korelačního koeficientu pouze střední míru závislosti u VO₂max ($R^2 = 0,3944$) i SF ($R^2 = 0,5817$).

Porovnání výsledků rozdílných statistických metod analýzy závislosti		
Funkční ukazatel	Pearsonův korelační koeficient	Regresní analýza
VO ₂ max.	0,628	0,3944
SF	0,777	0,5817

Tabulka č. 10: Porovnání výsledků rozdílných statistických metod analýzy závislosti.

Vyhodnocení: Zatímco Pearsonův korelační koeficient odhalil relativně vysokou míru závislosti mezi výslednými funkčními hodnotami klikové ergometrie a jízdy na kajaku v bazénu s protiproudem, regresní analýza odhalila pouze střední míru závislosti.

5.6 Výsledky dotazníku – zpětná vazba probandů

Šest z celkem osmi účastníků tohoto výzkumu posoudilo při stávajících podmínkách klikovou ergometrii horních končetin prokazatelnějším způsobem testování než pádlování v bazénu s protiproudem. Zároveň ale pět z nich uvedlo, že při odstranění všech nedostatků měření by pádlování ve flumu bylo prokazatelnější než kliková ergometrie horních končetin. Celkově by 5 z osmi probandů považovala pádlování v bazénu s protiproudem za prokazatelnější při

odstranění všech nedostatků. Dva z probandů shledali zátěžový test v bazénu s protiproudem za prokazatelnější již za stávajících podmínek. Pouze jeden z probandů uvedl, že by v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem shledal tento test stejně prokazatelným jako klikovou ergometrii horních končetin.

Probandi shledali následující nedostatky měření při pádlování v bazénu s protiproudem:

- Všech osm probandů shledalo nedostatek v nízké rychlosti proudění, která vedla k nutnosti použití poměrně velké brzdy, čímž se zvýšily nároky na silové schopnosti kajakáře.
- Dva z osmi dotázaných uvedli za nedostatek stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.
- Dva z osmi dotázaných uvedli za nedostatek nutnost použití plastového kajaku, který má jiné rozměrové i váhové parametry než kajak slalomový.
- Čtyři z osmi dotázaných uvedli za nedostatek nutnost ukončení testu spíše z důvodu lokální únavy a silového vyčerpání než z důvodu dosažení limita kardiorespiračních funkcí.
- Pouze jeden z probandů shledal nedostatek v nehomogenosti proudění, jež zvyšuje technickou náročnost jízdy.

Tři probandi uvedli, že na zátěžový test byli motivováni a čtyři další, že byli spíše motivováni. Pouze jeden z probandů v dotazníku uvedl, že na zátěžový test spíše motivován nebyl.

Vyhodnocení: Ze zodpovězených dotazníků lze vyvodit, že všichni probandi shledali hlavním nedostatkem pádlování v bazénu s protiproudem nízkou rychlost protiproudu, která si vyžádala nutnost použití poměrně velké brzdy, čímž se ovšem zvýšily nároky na silové schopnosti závodníků. S tím souvisí i další nedostatek, který uvedla celá polovina probandů. A to sice nutnost ukončení testu spíše z důvodu lokální únavy a silového vyčerpání, než z důvodu dosažení limitu kardiorespiračních funkcí. Drtivá většina kajakářů (7 z 8 probandů) byla na test motivována, pouze jeden z kajakářů uvedl, že motivován spíše nebyl. Probandi dále shledali nedostatky i nutnosti použití jiné lodi (2 probandi) a ve stísněném prostoru bazénu s protiproudem (2 probandi). Pouze jeden z probandů uvedl jako nedostatek nehomogenní proudění, které vytvářelo vlny, čímž zvyšovalo technickou náročnost pádlování. To vše vypovídá o tom, proč mohly být dosažené výsledné hodnoty z pádlování v bazénu s protiproudem nižší než u klikové ergometrie.

6. Diskuse

6.1 Realizace zátěžového testu v bazénu s protiproudem

Jedním z hlavních cílů bakalářské práce byla realizace aerobního zátěžového testu v bazénu s protiproudem. Přestože jsme se museli potýkat s mnoha technickými problémy, nakonec se to skutečně podařilo. Jak ale vyplývá z dotazníkového šetření a naměřených dat, některé technické nedostatky bazénu s protiproudem s největší pravděpodobností ovlivnily výsledky této zátěžové diagnostiky.

6.2 Úroveň aerobní zdatnosti při klikové ergometrii

Velmi cenným ukazatelem je maximální spotřeba kyslíku ($VO_{2max.}$), která věrně vypovídá o úrovni vytrvalostních schopností (Dovalil, 2012). V námi provedeném maximálním stupňovaném zátěžovém testu klikové ergometrie horních končetin dosáhlo 8 elitních kajakářů průměrné hodnoty $VO_{2max.}$ $66,9 (\pm 3,16) \text{ ml.kg}^{-1}$. Je to o poznání vyšší hodnota, než kterou publikoval Heller (2004). V jeho výzkumu dosáhlo 14 vrcholových vodních slalomářů průměrné hodnoty VO_{2max} $47,1 (\pm 3,4) \text{ ml.kg}^{-1}$. Heller (2004) dále publikoval i výsledky 24 vrcholových rychlostních kanoistů, kteří při klikové ergometrii dosáhli $VO_{2max.}$ $52,1 (\pm 5,9) \text{ ml.kg}^{-1}$.

Carreho a kol. (1994) testoval poměrně rozsáhlou skupinu vysoce trénovaných slalomářů (15 mužů o průměrné hmotnosti 66,7 kg a 3 ženy s průměrnou hmotností 54,5 kg) a pomocí metody zpětné interpolace prokázal velmi dobrou korelaci mezi laboratorními a terénními hodnotami $VO_{2max.}$ V laboratorním testu dosáhl výzkumný soubor $VO_{2max.}$ $3,78 (\pm 0,71) \text{ l.min}^{-1}$, SF 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 potom dosáhli $VO_{2max.}$ $3,87 (\pm 0,73) \text{ l.min}^{-1}$, SF $187,6 (\pm 10,6)$ a koncentrace laktátu v krvi dosáhla hodnot $11,2 (\pm 2,3) \text{ mmol.l}^{-1}$. Výsledky laboratorního testu (klikové ergometrie) jsou našim výsledkům podobnější než výsledky dosažené Hellerem (2004). Carre (1994) ve svém výzkumu prokázal značnou podobnost mezi výsledky dosaženými při klikové ergometrii horních končetin a při pádlování na hladké vodě. Korelační a regresní analýza sice potvrdila střední až vyšší míru závislosti vybraných funkčních hodnot naměřených v obou testech, ovšem s přihlédnutím k velkému rozdílu mezi většinou získaných ukazatelů musíme sdělit, že jsme vysokou podobnost spíše neprokázali.

6.3 Úroveň aerobní zdatnosti při pádlování v bazénu s protiproudem

Jak už bylo v této práci několikrát řečeno, podle nám dostupných informací doposud neexistuje publikovaná vědecká studie, která by se zabývala zátěžovým testováním při pádlování v bazénu s protiproudem a námi získaná data tudíž není možné s ničím porovnat.

V porovnání s klikovou ergometrií dosáhli všichni testovaní kajakáři výrazně nižších hodnot ve všech ukazatelích. Například průměrná hodnota maximální spotřeby kyslíku ($VO_{2max.}$) činila pouze $38,49 (\pm 7,92) \text{ ml.kg}^{-1}$. Jedinou výjimkou byla SF, kde jsme naměřili takřka stejné hodnoty. Nejpravděpodobnější příčinou těchto rozdílů mezi měřeními je bazén s protiproudem nedostatečných rychlostních parametrů. Pomocí Pearsonova korelačního koeficientu byla nalezena relativně vysoká míra závislosti u hodnot $VO_{2max.}$ ($r = 0,628$) a SF ($r = 0,777$). Metodou regresní analýzy, která přesněji popisuje tvar vztahu mezi proměnnými, byla ovšem u hodnot $VO_{2max.}$ ($R^2 = 0,3944$) a SF ($R^2 = 0,581$) nalezena pouze střední míra závislosti.

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. Námi provedený výzkum nicméně poukazuje na to, že ve vodním slalomu nemusí existovat přímá závislost mezi srdeční frekvencí (SF) a maximální spotřebou kyslíku (VO_{2max}). Při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem jsme všem kajakářům naměřili prakticky stejnou SF jako při klikové ergometrii, hodnoty VO_{2max} naměřené v bazénu s protiproudem byly však v některých případech i na méně než polovičních hodnotách získaných při klikové ergometrii. Jelikož měření provedené v bazénu s protiproudem se muselo z technických důvodů od samotné jízdy ve vodním slalomu v mnohém odlišovat, netroufáme si v tuto chvíli vyvodit z našich výsledků jednoznačné závěry a doporučujeme další výzkum.

6.4 Statistické porovnání výsledných funkčních hodnot obou měření

Vybraná naměřená data získaná v obou zátěžových testech byla porovnána pomocí Pearsonova korelačního koeficientu a metodou regresní analýzy. Pearsonův korelační koeficient prokázal relativně vyšší závislost u maximální spotřeby kyslíku – $VO_{2max.}$ ($r = 0,628$), dechové frekvence – DF ($r = 0,625$) a srdeční frekvence – SF ($r = 0,777$), u maximální

ventilace – V_{max} . ($r = - 0,229$) byla prokázána pouze malá závislost. Metoda regresní analýzy byla použita pouze u hodnot VO_2max . a SF, neboť tyto ukazatele považujeme za hlavní. Regresní analýza prokázala, na rozdíl od Pearsonova korelačního koeficientu, pouze střední míru závislosti (Hendl, 2004) – u VO_2max . činilo $R^2 = 0,394$ a u SF činilo $R^2 = 0,581$.

6.5 Zpětná vazba probandů

Probandi v dotazníku uvedli hned několik nedostatků testování v bazénu s protiproudem. Jednalo se o:

- Nehomogenní proudění.
- Poměrně značná technická náročnost jízdy a pádlování.
- Příliš velká brzda, která výrazně zvyšuje odpor při pádlování. Loď tak nedosahuje patřičného skluzu a pádlování je silově náročnější.
- Malý, ovšem nikoliv omezující prostor pro pádlování.
- Loď, na kterou nebyli zvyklí.

Polovina probandů uvedla, že u nich dříve došlo k silovému vyčerpání, zatímco dechově a oběhově by stačili i na vyšší výkon. Kvůli nedostatkům síly tak museli testování ukončit. Příčinou byla nedostatečná rychlost protiproudu a tím i nutnost použití relativně těžké plastové lodě a velké brzdy umístěné na dně lodi. Charakter pádlování a jízdy tak byl změněn. 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 kardiorespiračního potenciálu.

Z námi provedeného pilotního výzkumu lze stanovit určitá doporučení pro budoucí výzkumy. Především se jedná o doporučení použití většího a výkonnějšího bazénu s protiproudem. Námi využitý bazén katedry plaveckých sportů FTVS je určen pro využití plavci, čemuž odpovídá i rychlost protiproudu, který na nejvyšší rychlostní stupeň proudí rychlostí $2,12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Balvín, Motl, 2012). Ze studií Bílého (2012) zabývajících se rychlostí lokomoce kajakářů ovšem vyplývá, že kajakáři jsou schopni na hladké vodě dosáhnout rychlosti až $4,13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. To znamená, že rychlost proudění v bazénu s protiproudem by musela být téměř dvojnásobná, aby bylo možné provádět testování na slalomové lodi a bez brzdy. Mimo vyšší rychlosti protiproudu by byly vhodné i větší rozměrové parametry bazénu s protiproudem, aby bylo možné absolvovat test na minimálně 350 cm dlouhém slalomovém kajaku. Podle námi dostupných informací ovšem není nikde na území České republiky k dispozici bazén

takových rychlostních a rozměrových parametrů. A například v nabídce výrobní společnosti námi využitého bazénu s protiproudem, německé firmy LD Pool, není bazén takových parametrů, který by vskutku dostatečně uspokojil naše potřeby. Zásadním požadavkem také je, aby proudění bylo co nejvíce homogenní. To znamená, aby bylo bez vln, ve kterých jsou kajakáři schopni „surfovat“ a tím si značně ulevovat.

Zajímavý tématem budoucích výzkumů by mohla být také korelace mezi aerobní zdatností a výkony, resp. pořadím, v závodech. Při analýze výsledků měření lze totiž neformálně přihlédnout i k nejlepším výsledkům dosaženým v průběhu závodní kariéry. Dojdeme tím tak k, pro mnohé možná překvapivému poznání, že v závodech méně úspěšní závodníci, jsou na tom svou aerobní zdatností stejně dobře, a v některých případech i lépe, než jejich kolegové. Jelikož toto téma není předmětem této studie, nebudeme se jím dále zabývat. Domníváme se nicméně, že by mohlo být předmětem dalšího výzkumu a vědeckého vysvětlení.

7. Závěr

Diagnostické metody se ve sportovní praxi těší poměrně značné oblibě. Dovalil (2012) popsal obecné poznatky, zásady a podmínky účinného řízení tréninkového procesu následovně:

- Provádět diagnostiku aktuálního stavu trénovanosti.
- Pomocí obdobných diagnostických charakteristik vytvářet plánovaný cílový model stavu trénovanosti sportovce, jehož má být dosaženo.
- Stanovit systém tréninkových vlivů a pokoušet se je evidovat, sumovat.
- Změny, k nimž průběžně dochází (a nebo také nedochází) systematicky kontrolovat a následně posoudit účinky zvoleného tréninku.

Je patrné, diagnostika je nedílnou součástí moderního pojetí sportovního tréninku, které se neustále snaží sledovat vztah mezi podnětem (zatížením) a adaptačními změnami organismu a na základě tohoto vztahu vhodně upravovat trénink.

Práce dosáhla všech cílů, které jí byly vytyčeny. Podařilo se zrealizovat aerobní zátěžovou diagnostiku při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem, zjistit jaká je kardiorespirační zdatnost závodníků při pádlování i při podobné pohybové činnosti – totiž klikové ergometrii horních končetin. Byly porovnány výsledky obou měření a je interpretována i zpětná vazba probandů. Zjistili jsme, jaký je vztah mezi vybranými funkčními hodnotami naměřenými při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem a při klikové ergometrii. Jsme přesvědčení, že výsledek do určité míry ovlivnily nedostatečné rychlostní a rozměrové parametry bazénu s protiproudem a s tím spojené další nutné technologické ústupky (například nutnost použití plastové lodě). Z dotazníků vyplněných vyšetřenými osobami jsme se dozvěděli, že 7 z 8 probandů by, v případě odstranění všech technických nedostatků, považovalo výsledky pádlování v bazénu s protiproudem za prokazatelnější než ty z klikové ergometrie. To naznačuje poměrně slibnou diagnostickou budoucnost tomuto způsobu testování.

Myšlenka laboratorní aerobní diagnostiky při pádlování v bazénu s protiproudem vznikla ve své podstatě z poptávky po exaktním, plnohodnotném a především specifickém způsobu zjištění zásadních ukazatelů trénovanosti vodních slalomářů. Nejednalo se o lehký úkol. Realizace takového testování sice možná je, ovšem k tomu, aby byla skutečně prokazatelná, by bylo zapotřebí lepšího technologického vybavení. Především bazénu s protiproudem, který by svými rozměrovými parametry i rychlostí protiproudu dokázal uspokojit nároky elitních kajakářů, kteří jsou na hladké vodě schopni vyvinout téměř dvojnásobnou rychlost než bazén

s protiproudem, jenž je ve správě Katedry plaveckých sportů FTVS UK. Naše práce odhaluje technická úskalí celého výzkumu v bazénu s protiproudem, čímž chceme poskytnout naše zkušenosti dalším výzkumným pokusům.

Na základě našich výsledků a diskuse doporučujeme další výzkumná měření a to jak laboratorní tak i terénní, která by více objasnila nejen problematiku zátěžového testu v bazénu s protiproudem, ale i fyziologické podstaty vodního slalomu vůbec.

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. 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.
11. DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. 4. vyd. Praha: Olympia, 2012. ISBN 978-80-7376-326-8.
12. ENDICOTT, W. *To Win The World*. 1. vyd. Baltimore: Mariland, 1980.
13. GONZÁLES – DE – SUSO, JM., D´ANGELO, R. A PRONO, JM. *Physiology of slalom training*. In Internation coaching conference. Sydney, 1999.

14. HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže – obecná část*. Praha: Karolinum, 1999.
15. 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.
16. 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.
17. HELLER, J., VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-1976-7.
18. HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál, 2004.
19. HENDL, J. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2012. ISBN 978-80-262-0200-4.
20. HENDL, J., DOBRÝ, L. *Zdravotní benefity pohybových aktivit. Monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-2000-8.
21. KÖSSL, J. a kol. *90 let kanoistiky v českých zemích*. Praha: Olympia, 2003.
22. 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.
23. 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.
24. 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.


25. KUTNOHORSKÁ, J. Výzkum v ošetrovatelství. Havlíčkův Brod: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2713-4.
26. MAGLISCHO, E. *Swimming fastest*. USA: Human Kinetics, 2003. 791s. ISBN 0-7360-3180-4.
27. MALÝ, O. *Zjišťování a hodnocení výkonnosti v kanoistice*. Praha: ČSTV, 1972.
28. 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. Fontainebleau*, 1983, pp. 34 – 44.

Elektronické zdroje

1. www.ld-pool.com. Technisches Datenblatt, Superpro A7.

Dostupné z: <http://www.ld-pool.com/de/produkte/pools/items/ld-pool-super-pro-a7.html>

Příloha 1: Schválení etické komise UK FTVS



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Jiřího Mártiho 31, 162 52 Praha 6-Vokovice
tel.: 220 371 111
http://www.ftvs.uim.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 jízdě na kajaku v bazénu s průtupodem a při klikové ergometrii horních končetin

Forma projektu: bakalářská práce

Autor: Jan Bůsta

Školitel: PhDr. Milan Bílý PhD.

Popis projektu: Cílem projektu je porovnat výsledky, kterých dosáhne skupina probandů v aerobní nupbovaném záložovém při jízdě na kajaku ve flutu a při klikové ergometrii horních končetin. S žádostí o účast na výzkumu budou osloveni vchulost a výkonosti závodníci ve vodním slalomu v kategorii K1, kteří jsou starší 18 let a jsou nositeli mistrovské nebo první výkonnostní třídy.
Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky: Veškeré zátěžové testování a laboratorní vyšetření budou provedena pověřenými a kvalifikovanými osobami biomedicínské laboratoře FTVS UK.
Etické aspekty výzkumu: Výsledky testů ani osobní data nebudou zveřejněny.
Informovaný souhlas: (přiložen)

V Praze dne 22.5.2013 Podpis autora:

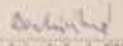
Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Stáňa Bartáňková, CSc.
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
Prof. PhDr. Pavl Šlepička, DrSc.
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 0128 / 2013
dne: 23.5.2013

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

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy 
podpis předsedy EK

UNIVERZITA KARLOVA v Praze
škola tělesné výchovy a sportu
Jiřího Mártiho 31, 162 52, Praha 6

1

Příloha 2: Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Vážený sportovče,

byl jsi osloven k účasti ve výzkumu, který provádím jako součást své bakalářské 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 v bazénu s protiproudem a při 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 to sice zajištěním i realizací všech zátěžových testů a laboratorních vyšetření. Testování a vyšetření proběhne v jednom dni a to v dopoledních hodinách v Biomedicinské laboratoři a Pedagogicko – výzkumné laboratoři katedry plaveckých sportů FTVS UK. Účastníci budou absolvovat stupňovaný zátěžový test při klikové ergometrii horních končetin a při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem. Součástí obou testování je odběr vzorku krve pro zjištění koncentrace laktátu.

Získané výsledky nabudou 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 2013

Jméno a příjmení	Rodné číslo	Podpis

Příloha 3: Sady otázek pro probandy

Sada otázek pro probandy

Proband číslo: 1

- a) Byl jsi motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
- **Ano.**
 - Spíše ano.
 - Ne.
 - Spíše ne.
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
- Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - **Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.**
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
- Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízdy.
 - **Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.**
 - Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.
 - **Stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.**
 - Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorespiračních funkcí.
 - Jiný důvod.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
- **Ano**
 - Ne
 - Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.

Sada otázek pro probandy

Proband číslo: 2

- a) Byl jsi motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
- Ano.
 - **Spíše ano.**
 - Ne.
 - Spíše ne.
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
- **Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.**
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
- Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízdy.
 - **Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.**
 - Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.
 - **Stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.**
 - Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorespiračních funkcí.
 - Jiný důvod.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
- **Ano**
 - Ne
 - Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.

Sada otázek pro probandy

Proband číslo: 3

- a) Byl jsi motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
- Ano.
 - **Spíše ano.**
 - Ne.
 - Spíše ne.
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
- Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - **Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.**
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
- **Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízdy.**
 - **Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.**
 - **Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.**
 - **Stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.**
 - **Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorepiračních funkcí.**
 - Jiný důvod.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
- Ano
 - Ne
 - **Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.**

Sada otázek pro probandy

Proband číslo: 4

- a) Byl jsi motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
- Ano.
 - **Spíše ano.**
 - Ne.
 - Spíše ne.
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
- Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - **Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.**
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
- Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízdy.
 - **Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.**
 - **Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.**
 - Stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.
 - **Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorespiračních funkcí.**
 - Jiný důvod.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
- **Ano**
 - Ne
 - Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.

Sada otázek pro probandy

Proband číslo: 5

- a) Byl jsi motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
- Ano.
 - Spíše ano.
 - Ne.
 - **Spíše ne.**
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
- Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - **Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.**
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
- Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízdy.
 - **Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.**
 - **Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.**
 - Stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.
 - Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorespiračních funkcí.
 - Jiný důvod.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
- **Ano**
 - Ne
 - Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.

Sada otázek pro probandy

Proband číslo: 6

- a) Byl jsi motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
- Ano.
 - **Spíše ano.**
 - Ne.
 - Spíše ne.
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
- Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - **Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.**
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
- Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízdy.
 - **Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.**
 - Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.
 - Stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.
 - Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorespiračních funkcí.
 - Jiný důvod.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
- **Ano**
 - Ne
 - Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.

Sada otázek pro probandy

Proband číslo: 7

- a) Byl jsi motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
- **Ano.**
 - Spíše ano.
 - Ne.
 - Spíše ne.
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
- **Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.**
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
- Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízdy.
 - Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.
 - Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.
 - Stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.
 - **Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorespiračních funkcí.**
 - Jiný důvod.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
- **Ano**
 - Ne
 - Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.

Sada otázek pro probandy

Proband číslo: 8

- a) Byl jsi motivovaný dosáhnout v testu dobrého výsledku?
- Ano.
 - **Spíše ano.**
 - Ne.
 - Spíše ne.
- b) Je podle tvého názoru pro kajakáře diagnosticky prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin nebo pádlování v bazénu s protiproudem?
- Pro kajakáře je prokazatelnější jízda na kajaku v bazénu s protiproudem.
 - Pro kajakáře je prokazatelnější kliková ergometrie horních končetin.
 - **Za podmínek tohoto testování byla prokazatelnější spíše ergometrie horních končetin.**
- c) V čem shledáváš hlavní nedostatky měření při jízdě na kajaku v bazénu s protiproudem?
- Nehomogenost proudění – značná technická náročnost jízdy.
 - **Nízká rychlost proudění – nutnost použití brzdy a vyšší nároky na silové schopnosti závodníka.**
 - Plastový kajak, jenž má jiné rozměrové a váhové parametry než kajak slalomový.
 - Stísněný prostor v bazénu s protiproudem, ve kterém bylo pádlování technicky obtížnější.
 - **Nutnost ukončení testu spíše kvůli lokální únavě a silovému vyčerpání než z důvodu limitu kardiorespiračních funkcí.**
 - Jiný důvod.
- d) Shledal bys v případě odstranění všech nedostatků zátěžového testu v bazénu s protiproudem tento test jako prokazatelnější?
- **Ano**
 - Ne
 - Pádlování v bazénu s protiproudem i klikovou ergometrii horních končetin bych shledal stejně prokazatelnou.

